

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 558**

51 Int. Cl.:

**B42D 25/369** (2006.01)

**B42D 25/378** (2006.01)

**B42D 25/41** (2006.01)

**H01F 7/02** (2006.01)

**B05D 3/00** (2006.01)

**B05D 5/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2015** E 15801723 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** EP 3224055

54 Título: **Dispositivos y métodos para orientar partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta**

30 Prioridad:

**27.11.2014 EP 14195159**

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

**21.12.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MÜLLER, EDGAR**

74 Agente/Representante:

**TORO GORDILLO, Ignacio**

ES 2 694 558 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).

Dispositivos y métodos para orientar partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta

**Descripción**

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere al campo de procesos para producir capas de efecto óptico (OEL) que comprenden partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas biaxialmente por un campo magnético. En particular, la presente invención proporciona dispositivos y procesos para producir dichas OEL como medios medios antifalsificación en documentos de seguridad o artículos de seguridad o para fines decorativos.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 En la técnica se conoce el uso de tintas, composiciones de revestimiento, revestimientos, o capas, que contienen partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables, en particular partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta, para la producción de elementos de seguridad y documentos de seguridad.

20 Las características de seguridad, por ejemplo, para documentos de seguridad, se pueden clasificar en características de seguridad "encubierta" y "abierta". La protección proporcionada por las características de seguridad encubierta depende del concepto de que tales características no son visibles, lo que generalmente requiere un equipo especializado y conocimientos para su detección, mientras que las características de seguridad "abierta" se pueden detectar fácilmente sin la ayuda de los sentidos humanos, por ejemplo, tales características pueden ser visibles y/o detectables mediante los sentidos táctiles a la vez que aún son difíciles de producir y/o copiar. Sin embargo, la eficacia de las características de seguridad abierta depende en gran medida de su fácil reconocimiento como una característica seguridad, porque los usuarios realmente solo realizarán entonces un control de seguridad basado en dicha característica de seguridad si son conscientes de su existencia y naturaleza

30 Los revestimientos o capas que comprenden partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables orientadas se desvelan por ejemplo en los documentos de patente US 2.570.856; US 3.676.273; US 3.791.864; US 5.630.877 y US 5.364.689. Las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en revestimientos permiten la producción de imágenes, diseños y/o patrones inducidos en un campo magnético mediante la aplicación de un campo magnético correspondiente, produciendo una orientación local de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en el revestimiento no endurecido, seguido por el endurecimiento del último. Esto da como resultado efectos ópticos específicos, es decir, imágenes, diseños y/o patrones inducidos por un campo magnético fijo que son altamente resistentes a la falsificación. Los elementos de seguridad basados en partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables orientadas solo se pueden producir teniendo acceso tanto a las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables como a una tinta o composición correspondientes que comprenden dichas partículas, y la tecnología usada para aplicar dicha tinta o composición y para orientar dichos pigmentos en la tinta o composición aplicados.

40 Por ejemplo, el documento de patente US 7.047.883 desvela un aparato y un método para producir capas de efecto óptico (las OEL), obtenidas mediante orientación de escamas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en una composición de revestimiento; el aparato que se desvela consiste en disposiciones específicas de imanes permanentes colocados bajo el sustrato que lleva dicha composición de revestimiento. De acuerdo con el documento de patente US 7.047.883, una primera parte de las escamas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en la OEL sí orientar de modo que refleja la luz en una primera dirección y una segunda parte adyacente a la primera se a línea de modo que refleja la luz en una segunda dirección, produciendo un efecto visual de "rotación de 180 grados" después de inclinar la OEL.

50 El documento WO 2006/069218 A2 desvela un sustrato que comprende una OEL que comprende escamas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables, orientadas en un modo tal que parece que una barra se mueve cuando se inclina dicha OEL ("barra rodante"). De acuerdo con el documento WO 2006/069218 A2, las disposiciones específicas de imanes permanentes bajo el sustrato que lleva las escamas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables sirven para orientar dichas escamas de modo que imitan una superficie curvada.

60 El documento de patente US 7.955.695 se refiere a una OEL en la que las denominadas partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables rayadas se orientan principalmente de forma vertical con respecto a la superficie del sustrato, con el fin de producir efectos visuales que imitan el ala de una mariposa con fuertes colores de interferencia. Aquí de nuevo, las disposiciones específicas de imanes permanentes bajo el sustrato que lleva la composición de revestimiento sirven para orientar las partículas pigmentarias.

65 El documento EP 1 819 525 B1 desvela un sistema de seguridad que tiene OEL que parece transparente desde ciertos ángulos de visión, dando de ese modo acceso visual a la información subyacente, mientras que permanece opaca desde otros ángulos de visión. Para obtener este efecto, conocido como "efecto de persiana veneciana", las disposiciones específicas de imanes permanentes bajo el sustrato orientan las escamas pigmentarias magnetizables

o magnéticas ópticamente variables a un ángulo determinado previamente con respecto a la superficie del sustrato.

Para ciertas aplicaciones, se necesita una orientación homogénea de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta paralela a la superficie del sustrato. Una "orientación plana" o "planarización" de ese tipo se ha desvelado para diversos campos técnicos, tales como la producción de medios de grabación para almacenar datos acústicos u ópticos (documentos de patente US 2.711.911, US 2.796.359, US 3.001.891, US 3.222.205, y US 4.672.913), la producción de pinturas absorbentes para protección de ondas entromagnéticas (documentos de patente US 2.951.246, US 2.996.709, y US 6.063.511), la producción de revestimientos y capas, decorativos (US 2.418.479, US 2.570.856, US 3.095.349, y US 5.630.877), así como para documentos de seguridad (documentos de patente US 8.137.762 y US 7.258.900).

El documento US 4.672.913 desvela un método y un aparato para preparar un medio de grabación magnética que contiene partículas ferromagnéticas. El aparato que se desvela comprende imanes permanentes con forma de varilla colocados en ángulos oblicuos los unos respecto a los otros, colocados bajo el sustrato en movimiento que lleva la composición de revestimiento que contiene dichas partículas ferromagnéticas. Los imanes permanentes se magnetizan de forma perpendicular a la superficie del sustrato. Bajo la influencia del campo magnético de los imanes permanentes y el movimiento del sustrato que lleva la composición de revestimiento a lo largo de dichos imanes, las partículas ferromagnéticas se alinean esencialmente de forma paralela a la superficie del sustrato. El medio de grabación obtenido de ese modo muestra una mejora del rendimiento.

El documento US 6.063.511 desvela un dispositivo, y un método para preparar dicho dispositivo, para absorbente radiación electromagnética en un intervalo de frecuencias determinado previamente. El dispositivo comprende una composición de revestimiento que comprende escamas de ferrita sobre un sustrato, dichas escamas estando alineadas, mediante una evaporación sencilla o mediante la influencia de un campo magnético, de modo que el plano de las escamas es esencialmente paralelo a la superficie del sustrato.

El documento US 5.630.877 desvela un método y un aparato para producir un producto pintado, en un patrón formado usando campo magnético sobre el mismo, el método sirviendo para formar cualquier patrón deseable en formas diversamente diferentes. El producto pintado se obtiene por aplicación de una capa de revestimiento sobre un sustrato, usando una composición de revestimiento que comprende partículas magnéticas no esféricas que se alinean usando un campo magnético producido por imanes permanentes y/o electroimanes. El documento US 5.630.877 enseña adicionalmente que el campo magnético tiene una primera región de líneas de campo que son esencialmente paralelas a la superficie del producto revestido, y una segunda región de líneas de campo que son esencialmente no paralelas a la superficie del producto revestido.

El documento US 7.258.900 desvela un método para la planarización de escamas pigmentarias magnéticas, dicho método comprendiendo las etapas de aplicación de escamas pigmentarias magnéticas a una superficie de un sustrato, y aplicación de un campo magnético para alinear al menos parte de las escamas pigmentarias magnéticas en un plano paralelo a la superficie del sustrato. Los imanes permanentes se colocan en cada lado de la superficie del sustrato o por debajo de la misma, de modo que las líneas de campo magnético son esencialmente paralelas a la superficie del sustrato.

El documento US 8.137.762 desvela un método para la planarización de (alineamiento biaxial de) una pluralidad de escamas magnéticas o magnetizables no esféricas orientables en una composición de revestimiento sobre una red longitudinal. La red que soporta la composición de revestimiento que comprende las escamas se desarrolla entre imanes permanentes, de modo que el campo magnético de los imanes permanentes atraviesa la red. El primer y tercer imanes se proporcionan sobre un lado de la red y un segundo imán se proporciona entre el primer y segundo imanes en el lado opuesto de la red, es decir, los imanes se colocan en una configuración espaciada. Cuando la red se mueve, las escamas se experimentan una primera rotación a medida que pasan a través del campo magnético entre el primer y el segundo imanes permanentes, y la segunda rotación cuando pasan a través del campo magnético entre el segundo y tercer imanes permanentes, y se alinean de este modo esencialmente paralelas a la superficie del sustrato.

Ambos métodos que se desvelan en los documentos US 7.258.900 y US 8.137.762 tienen el inconveniente de que los campos magnéticos producidos por las disposiciones descritas de imanes permanentes son esencialmente paralelas a la superficie del sustrato solamente sobre un área limitada, haciendo que estos métodos no sean adecuados para su uso en una red amplia en un proceso de impresión industrial. Además, presentan una falta de libertad de elección del ángulo de inclinación entre la superficie del sustrato y el plano de alineamiento de las escamas pigmentarias magnéticas; en otras palabras, solo se puede realizar un ángulo de 0° entre el plano de las escamas pigmentarias magnéticas y el sustrato.

Por lo tanto la producción de una OEL que comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que tienen una orientación homogénea biaxial esencialmente paralela a la superficie del sustrato, o a un ángulo de inclinación determinado previamente con respecto a la superficie del sustrato sobre una amplia red en un proceso de impresión industrial, a gran escala no es trivial.

Después de exposición a un campo magnético externo H, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta tienden a alinearse en su dimensión más larga, es decir, una primera de sus dos dimensiones en el plano, con las líneas de campo magnético de H, como se muestra en la Fig. 1A. Esto da como resultado una orientación denominada monoaxial de dichas partículas pigmentarias. Este es el estado de orientación de mínima energía de dichas partículas pigmentarias en el campo magnético H. Sin embargo, la segunda de las dimensiones en el plano de una partícula de pigmento magnética o magnetizable en forma de plaqueta aún puede tener una dirección arbitraria ortogonal a la línea de campo de H. Una partícula de pigmento magnética o magnetizable en forma de plaqueta de hecho puede rotar alrededor de una línea de campo de H sin perder su estado de mínima energía.

En el caso de las OEL que comprenden partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta orientadas en campo magnético, el aspecto visual de dichas OEL depende en gran medida del ángulo de visión con respecto a su superficie, tal como se proporciona mediante dichas primera y segunda dimensiones en el plano. El aspecto visual se expresa por ejemplo como luminosidad ( $L^*$ ), croma ( $c^*$ ) y tonalidad ( $h^*$ ) en el sistema de color CIE  $L^*a^*b^*$ . Por lo tanto, una orientación biaxial, es decir, un control de la orientación de la partícula en ambas dimensiones en el plano se requiere con el fin de producir un efecto de color deseado y una reflexión máxima. Una orientación biaxial de ese tipo no se puede conseguir con la aplicación exclusiva de campos magnéticos, sino que requiere la cooperación de fuerzas magnéticas con medios mecánicos adicionales, como el movimiento del sustrato o red que lleva la composición de revestimiento tal como se desvela en el documento US 8.137.762.

El documento EP 2 157 141 A1 desvela un alineamiento biaxial de plaquetas magnéticas.

El documento WO 2013/167425 A1 desvela una capa de efecto óptico.

El documento US 2012/0013338 A1 desvela una estructura magnetizada que induce un campo homogéneo, en el centro de la misma, con una orientación determinada previamente.

Por lo tanto, existe una necesidad de un dispositivo y un proceso para producir capas de efecto óptico (OEL) que comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas biaxialmente, en partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta particulares, que tienen una orientación homogénea esencialmente paralela a la superficie del sustrato, o a un ángulo de inclinación determinado previamente con respecto a la superficie del sustrato, sobre una amplia red o escamas en un proceso de impresión industrial, a gran escala.

### **SUMARIO DE LA INVENCIÓN**

Por consiguiente, un objeto de la invención es superar las deficiencias de la técnica anterior como se ha discutido anteriormente. Esto se consigue mediante la disposición de aprovechamiento de un cilindro de Halbach para generar un campo magnético dipolar homogéneo transversal (para "matrices de Halbach", "cilindros de Halbach": véase K. Halbach (1980). "Design of permanent multipole magnets with oriented rare earth cobalt material". Nuclear Instruments and Methods 169 (1): 1-10).

En el presente documento se describe un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato como se define en la reivindicación 1.

De acuerdo con una realización preferente, la etapa b) se realiza con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta para i) que tengan sus ejes mayor y menor esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, o para ii) que tengan su eje mayor a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del sustrato y su eje menor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato.

En el presente documento también se describen las OEL como se define en la reivindicación 10 producidas por el proceso que se describe en el presente documento y documentos de seguridad así como elementos u objetos que comprenden una o más de las OEL ópticas que se describen en el presente documento.

En el presente documento también se describe un dispositivo para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato como se define en la reivindicación 12.

El dispositivo se puede definir para que incluya adicionalmente medios para aplicar una corriente AC de amplitud y frecuencia apropiadas para la bobina(s) de alambre imantado de modo que el campo magnético dinámico resulta de un campo magnético dipolar ( $H_{xy}$ ) dentro del montaje de cilindro de Halbach y un componente dinámico ( $H_z$ ) obtenido por la aplicación de la corriente AC.

El montaje de cilindro de Halbach se configura para exponer una composición de revestimiento curable por radiación que comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta revestidas sobre el

5 sustrato a un campo magnético dinámico de un montaje magnético que comprende el montaje de cilindro de Halbach con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta. De acuerdo con la invención la unidad de curado se configura para curar al menos parcialmente la composición de revestimiento curable por radiación con el fin de fijar las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en sus posiciones y orientaciones adoptadas de forma simultánea o parcialmente simultánea con exposición de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables al campo magnético dinámico del montaje de cilindro de Halbach.

10 El montaje de cilindro de Halbach comprende una o más bobinas de alambre imantado de modo que cuando una corriente AC de amplitud y frecuencia adecuadas se aplica a las mismas un campo magnético dinámico resulta de un campo magnético dipolar ( $H_{xy}$ ) dentro del montaje de cilindro de Halbach y un componente dinámico ( $H_z$ ) obtenido por la aplicación de la corriente AC.

15 El montaje de cilindro de Halbach se configura para producir el campo magnético dinámico en su interior. El montaje de cilindro de Halbach es lo suficientemente abierto en los lados de modo que hay suficiente espacio para permitir que el sustrato pase dentro y fuera del interior del montaje de cilindro de Halbach.

20 El dispositivo puede comprender medios de guía o soporte de sustrato para soportar el sustrato dentro del cilindro de Halbach para exposición del cilindro de Halbach al campo magnético dinámico.

La unidad de curado se puede situar en una parte interior del montaje de cilindro de Halbach.

25 La unidad de curado se puede colocar en una parte fronteriza de una región del montaje de cilindro de Halbach opuesta a un lado en el que el sustrato entra en el montaje de cilindro de Halbach.

El dispositivo puede comprender una unidad de aplicación, por ejemplo una unidad de impresión, para aplicación sobre una superficie de sustrato de una composición de revestimiento curable por radiación que comprende i) partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta e ii) un aglutinante.

30 El montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento se puede integrar fácilmente en dispositivos de impresión y orientación magnética industriales, de gran tamaño usados para la producción de documentos de seguridad, en particular papel moneda o elementos u objetos decorativos que comprenden una o más características de seguridad o capas de efecto óptico basándose en partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas biaxialmente. De hecho, el campo magnético dipolar homogéneo generado por dicho montaje no tiene una anchura limitada, es decir, el aumento de la longitud de las barras imantadas del montaje de cilindro de Halbach aumenta la superficie cubierta por dicho campo magnético dipolar homogéneo. Por lo tanto, el proceso que se describe en el presente documento permite producir capas de efecto óptico basándose en partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas biaxialmente de una manera eficaz y con un coste bajo.

40 Además y a diferencia de los procesos que se describen en la técnica anterior, el proceso que se describe en el presente documento permite que el sustrato que lleva la composición de revestimiento se transporte al montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento ya sea de una forma continua o discontinua, ya que no se requiere movimiento relativo entre las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta dispersas dentro de la composición de revestimiento y el montaje. Esto aumenta en gran medida la versatilidad y libertad del proceso para producir las OEL, dicho proceso se puede implementar tan fácilmente en procesos continuos de alta productividad, a escala industrial como en procesos discontinuos, de menor productividad.

50 Además, el ángulo entre el plano X-Y de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta y la superficie del sustrato se puede ajustar fácilmente a un valor deseado, dependiendo del efecto visual a obtener, mediante una rotación en el lugar, concertada de las barras imantadas individuales que forman el montaje de cilindro de Halbach. Esto se produce a diferencia de la técnica anterior en la que el diseño de los medios de orientación magnética es fijo, también dando como resultado un ángulo fijo (por ejemplo, 0° o 90°) entre el plano X-Y de las partículas pigmentarias en forma de plaqueta de la composición de revestimiento y la superficie del sustrato. En consecuencia, se tiene que realizar un nuevo diseño completo de los medios de orientación fija para modificar dicho ángulo.

#### 60 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Fig. 1A representa de forma esquemática el alineamiento de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en un campo magnético  $H$ ; solamente se alinea un solo eje.

Fig. 1B ilustra de forma esquemática una partícula de pigmento en forma de plaqueta.

65 Fig. 2A-D ilustra cilindros de Halbach convencionales para generar un campo magnético dipolar  $H_{xy}$ , que consiste en tres, cuatro, seis y ocho barras imantadas iguales, transversalmente imantadas. Las barras

- imantadas individuales (1-6) se indican para la Fig. 2C
- Fig. 3 ilustra la rotación de un campo magnético dipolar  $H_{xy}$  de un cilindro de Halbach a través de una rotación en el sitio, concertada de las barras imantadas individuales que constituyen el cilindro de Halbach.
- Fig. 4A muestra gráficamente el campo magnético dipolar  $H_{xy}$  generado por el montaje de Halbach y formando un ángulo de inclinación  $\alpha$  con la superficie del sustrato (eje x). El componente del campo magnético dinámico  $H_z$ , perpendicular a  $H_{xy}$  también permanece en el plano P(u,v). El sistema de coordenadas se indica como referencia (solo son visibles x e y).
- Fig. 4B se obtiene girando la Fig. 4A alrededor y a 90°. Ahora, el componente del campo magnético dinámico  $H_z$  es visible,  $H_z$  y  $H_z'$  corresponden a la proyección sobre el eje  $v = z$  del campo magnético dipolar total  $H$ ,  $H'$  a un ángulo  $\beta$ ,  $\beta'$  ( $\beta = \beta'$ ) con la superficie del sustrato (eje z). El sistema de coordenadas se indica como referencia (solo son visibles y y z).
- Fig. 5A representa de forma esquemática la adición de un componente de campo  $H_z$  ortogonal al campo magnético dipolar  $H_{xy}$ , en virtud de una bobina de alambre imantado (7a) que rodea un montaje de cilindro de Halbach (9) que comprende ocho barras imantadas iguales, transversalmente imantadas (8).
- Fig. 5B representa de forma esquemática la adición de un componente de campo  $H_z$  ortogonal al campo magnético  $H_{xy}$ , en virtud de una pieza polar (10a) que incluye el montaje de cilindro de Halbach (9), dicha pieza polar (10a) teniendo dos polos, cada polo estando rodeado por una bobina de alambre imantado axial (7b-1, 7b-2).
- Fig. 6 representa de forma esquemática una sección transversal a través del montaje de cilindro de Halbach (9), en la que el componente de campo  $H_z$  se genera en virtud de bobinas de alambre imantado individuales (7c) que rodean cada una de las barras imantadas (8) produciendo conjuntamente el campo magnético dipolar  $H_{xy}$ . También se indica el sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12).
- Fig. 7 representa de forma esquemática la construcción de una barra imantada compuesta extendida que comprende una pluralidad de imanes divididos (13-1, 13-2), cada uno comprendiendo una barra imantada y dos piezas polares (10b-1, 10b-2), como se detalla para el imán dividido 13-1, y se mantienen juntos mediante una carcasa de dos partes (15-1, 15-2). Entre los imanes divididos (13-1, 13-2) están presentes huecos (14) para alojar elementos de fijación de magnéticos (no se muestran).
- Fig. 8 representa de forma más precisa el montaje de cilindro de Halbach (9), cada barra imantada (8) comprendiendo dos piezas polares (10b-1, 10b-2) y estando rodeada por una bobina de alambre imantado (7c). Una unidad de curado (16) se coloca por encima del sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12). También se indican rodillos (17) para soportar dicho sustrato (11).
- Fig. 9A representa de forma esquemática una estructura que comprende una barra imantada transversalmente magnetizada (8), que tiene dos piezas de polo fabricadas con material magnético de alta saturación, coercitividad (10b-1, 10b-2), la estructura estando rodeada por una bobina de alambre imantado (7c) de dimensión eléctrica apropiada.
- Fig. 9B representa de forma esquemática una bobina de alambre imantado compuesta con bobinados (7c', 7c'', 7c''') en paralelo.
- Fig. 10 representa de forma esquemática otra realización del montaje de cilindro de Halbach (9), en el que la unidad de curado (16) se coloca en el otro lado del sustrato (11), el curado de la composición de revestimiento curable por radiación (12) produciéndose a través de dicho sustrato (11).
- Fig. 11A representa de forma esquemática una realización del montaje de cilindro de Halbach (9), en el que una fotomáscara de pantalla fija (18a) se coloca entre la unidad de curado (16) y el sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12).
- Fig. 11B representa de forma esquemática una realización del montaje de cilindro de Halbach (9), en el que una fotomáscara de pantalla móvil (18b) se coloca entre la unidad de curado (16) y el sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12).
- Fig. 11C representa de forma esquemática una realización del montaje de cilindro de Halbach (9), en el que una fotomáscara de pantalla móvil (18b) se coloca en el otro lado del sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12) y en el que la unidad de curado (16) se colocan en otro lado de dicho sustrato (11), dicha unidad de curado (16) curando la composición de revestimiento curable por radiación (12) a través de dicho sustrato (11).
- Figs. 12A-B muestran las distribuciones del campo magnético: a) en una sección a través de un montaje de cilindro de Halbach de acuerdo con la Fig. 6, que comprende cuatro estructuras, cada una comprendiendo una barra imantada rodeada por una bobina de alambre imantado, y b) en una sección a través del montaje de cilindro de Halbach que comprende ocho estructuras, cada una comprendiendo una barra imantada rodeada por una bobina de alambre imantado.
- Fig. 13 muestra una figura en CAD del montaje de cilindro de Halbach ejemplificado en la Fig. 6.
- Fig. 14 muestra imágenes microscópicas telecéntricas de una composición de revestimiento curable por radiación ópticamente variable en un: a) estado aleatorio, b) estado orientado monoaxialmente y c) estado orientado biaxialmente.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

### **Definiciones**

Las siguientes definiciones aclaran el significado de los términos que se usan en la descripción y en las reivindicaciones.

5 Como se usa en el presente documento, el artículo indefinido "un" indica uno así como más de uno y no limita necesariamente su nombre referente al singular.

10 Como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" se refiere a que la cantidad, valor o límite en cuestión puede ser el valor específico designado o algún otro valor en sus proximidades. Generalmente, el término "aproximadamente" indica un cierto valor pretende indicar un intervalo dentro de  $\pm 5\%$  del valor. Por ejemplo, la expresión "aproximadamente 100" indica un intervalo de  $100 \pm 5$ , es decir, el intervalo de 95 a 105. Generalmente, cuando se usa el término "aproximadamente", se puede esperar que se pueden obtener resultados o efectos similares de acuerdo con la invención dentro de un intervalo de  $\pm 5\%$  del valor indicado. Sin embargo, una cantidad, valor o límite específicos suplementados con el término "aproximadamente" en el presente documento también pretenden desvelar la propia cantidad, valor o límite tal como, es decir, sin el suplemento "aproximadamente".

20 Como se usa en el presente documento, el término "y/o" se refiere a que puede estar presente cualquiera de todos o solamente uno de los elementos de dicho grupo. Por ejemplo, "A y/o B" significarán "solo A, o solo B, o tanto A como B". En el caso de "solo A", el término también cubre la posibilidad de que B esté ausente, es decir, "solo A, pero no B".

25 La expresión "que comprende" como se usa en el presente documento pretende no ser exclusiva y con final abierto. Por lo tanto, por ejemplo una composición de revestimiento curable por radiación que comprende un compuesto A puede incluir otros compuestos además de A. Sin embargo, de expresión "que comprende" también cubre, como una realización particular de los mismos, los significados más limitantes de "que consiste esencialmente en" y "que consiste en", de modo que por ejemplo "una composición de revestimiento curable por radiación que comprende un compuesto A" también puede consistir (esencialmente) en el compuesto A.

30 Como se usa en el presente documento, el término "húmedo" se refiere a un revestimiento aplicado, que todavía no está curado, por ejemplo un revestimiento en el que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta todavía son capaces de cambiar sus posiciones y orientaciones bajo la influencia de fuerzas externas que actúan sobre las mismas.

35 La expresión "composición de revestimiento curable por radiación" se refiere a cualquier composición que es capaz de formar un revestimiento, tal como una capa de efecto óptico sobre un sustrato sólido, que se puede aplicar y que se puede curar después de exposición a irradiación, es decir, una radiación electromagnética (curado por radiación).

40 La expresión "capa de efecto óptico (OEL)" como se usa en el presente documento se refiere a un revestimiento o capa que comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas y un aglutinante, en la que dichas partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orientan mediante un campo magnético y en la que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas se congelan en su orientación y posición (ies decir, después de curado).

45 La expresión "eje magnético" o "eje Sur-Norte" se refiere una línea teórica que conecta el polo Sur y el polo Norte de un imán y que se extiende a través de los mismos. Estas expresiones no incluyen ninguna dirección específica. Por el contrario, la expresión "dirección Sur-Norte" y  $S \rightarrow N$  en las figuras se refiere a la dirección a lo largo del eje magnético desde el polo Sur al polo Norte.

50 La expresión "esencialmente paralelo" se refiere a que se desvía no más de  $20^\circ$  desde el alineamiento paralelo y la expresión "esencialmente perpendicular" se refiere a que se desvía no más de  $20^\circ$  desde el alineamiento perpendicular.

55 La expresión "esencialmente ortogonal" se refiere a un eje, un vector o una línea que no se desvía más de  $20^\circ$  de la ortogonalidad con respecto a un plano.

La expresión "pieza polar" se refiere a una estructura formada por un material magnético que tiene una baja coercitividad y alta saturación, dicha pieza polar sirviendo para dirigir e intensificar el campo magnético producido por un imán permanente o un electroimán.

60 La expresión "elemento de seguridad" o "característica de seguridad" se usa a indicar una imagen o elemento gráfico que se puede usar con fines de autenticación. El elemento de seguridad o característica de seguridad puede ser abierto y/o encubierto.

65 A continuación se describirán realizaciones de la invención con referencia a las figuras adjuntas. Las descripciones de realizaciones específicas de la presente invención que se han mencionado anteriormente se han presentado para fines de ilustración y descripción. No pretenden ser exhaustivas o limitar la presente invención a las formas precisas

desveladas, y evidentemente son posibles muchas modificaciones y variaciones en vista de la enseñanza mencionada anteriormente. Las realizaciones a modo de ejemplo se eligieron y describieron con el fin de explicar mejor los principios de la presente invención y su aplicación práctica, para permitir de ese modo que otras personas con experiencia en la materia usen mejor la presente invención y diversas realizaciones con diversas modificaciones según sea adecuado para el uso contemplado en particular.

Los métodos para producir una OEL sobre el sustrato que se describe en el presente documento comprenden una etapa de aplicación, sobre la superficie del sustrato, de una composición de revestimiento curable por radiación que comprende i) partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta e ii) un material aglutinante, dicha composición de revestimiento curable por radiación estando en un primer estado. La etapa de aplicación a) que se describe en el presente documento se realiza preferentemente mediante un proceso de impresión seleccionado preferentemente entre el grupo que consiste en serigrafía, impresión de huecograbado, impresión flexográfica, impresión por inyección de tinta e impresión en relieve (también denominado en la técnica grabado mediante impresión en placa de cobre y grabado mediante impresión con troquel de acero), más preferentemente seleccionado entre el grupo que consiste en serigrafía, impresión de huecograbado e impresión flexográfica. Estos procesos son bien conocidos por la persona con experiencia y se describen por ejemplo en *Printing Technology*, J. M. Adams y P. A. Dolin, Delmar Thomson Learning, 5ª Edición.

Después de, de forma parcialmente simultánea con o simultáneamente con la aplicación de la composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento, sobre la superficie de sustrato que se describe en el presente documento, al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orientan biaxialmente mediante exposición de la composición de revestimiento curable por radiación al campo magnético dinámico (es decir, oscilante, dependiente del tiempo, que varía con el tiempo o variable con el tiempo) de un montaje magnético que comprende un montaje de cilindro de Halbach que comprende cualquiera de i) tres o más barras imantadas y una sola bobina de alambre imantado rodeando dicho montaje (véase por ejemplo la Fig. 5A), o ii) tres o más barras imantadas, una pieza polar que incluye dicho montaje y que comprende dos polos que se enfrentan a dicho montaje, cada polo estando rodeado por una bobina de alambre imantado (véase por ejemplo la Fig. 5B) o iii) tres o más estructuras, cada una de estas tres o más estructuras comprendiendo una barra imantada y una bobina de alambre imantado que rodea dicha barra imantada, con el fin de alinear al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta a lo largo de las líneas de campo magnético generado por el montaje de cilindro de Halbach. De forma parcialmente simultánea o simultáneamente con las etapas de orientación/alineamiento de al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta mediante aplicación del campo magnético dinámico que se describe en el presente documento, la orientación de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se fija o se congela. La composición de revestimiento curable por radiación debe tener por lo tanto de forma considerable un primer estado, es decir, un estado líquido o pastoso, en el que la composición de revestimiento curable por radiación es lo suficientemente húmeda o blanda, de modo que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta dispersadas en la composición de revestimiento curable por radiación se pueden mover, rotar y/o orientar libremente después de su exposición al campo magnético dinámico, y un segundo estado curado (por ejemplo, sólido), en el que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se fija no se congelan en sus respectivas posiciones y orientaciones.

Tal primer y segundo estados se proporcionan usando un cierto tipo de composición de revestimiento curable por radiación. Por ejemplo, los componentes de la composición de revestimiento curable por radiación distintos de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta pueden tomar la forma de una tinta o composición de revestimiento curable por radiación tales como las que se usan en aplicaciones de seguridad, por ejemplo, para impresión de papel moneda. El primer y segundo estados mencionados anteriormente se proporcionan usando un material que muestra un aumento de la viscosidad como reacción a una exposición a una radiación electromagnética. Es decir, cuando el material aglutinante fluido se cura o se congela, dicho material aglutinante se convierte en el segundo estado, es decir, un estado curado o sólido, en el que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se fijan en sus posiciones y orientaciones actuales y ya no se pueden mover ni rotar dentro del material aglutinante.

Como sabe alguien con experiencia en la materia, los ingredientes comprendidos en una composición de revestimiento curable por radiación a aplicar sobre una superficie tal como un sustrato y las propiedades físicas de dicha composición de revestimiento curable por radiación deben satisfacer los requisitos del proceso usado para transferir la composición de revestimiento curable por radiación a la superficie del sustrato. En consecuencia, el material aglutinante comprendido en la composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento generalmente se elige entre los que se conocen en la técnica y depende del revestimiento o proceso de impresión usado para aplicar la composición de revestimiento curable por radiación y el proceso de curado por radiación elegido.

En las OEL que se describen en el presente documento, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento se dispersan en la composición de revestimiento curable por radiación que comprende un material aglutinante curado que fija/congela la orientación de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta. El material aglutinante curado es al menos

parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 2500 nm. Por lo tanto el material aglutinante está, por lo menos, en su estado curado o estado sólido (en el presente documento también denominado segundo estado), al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 2500 nm, es decir, dentro del intervalo de longitudes de onda que generalmente se denomina "espectro óptico" y que comprende partes del espectro electromagnético infrarrojo, visible y UV, de modo que las partículas contenidas en el material aglutinante en su estado curado o sólido y su reflexión dependiente de la orientación se creen percibir a través del material aglutinante. Preferentemente, el material aglutinante curado es al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 800 nm, más preferentemente comprendidas entre 400 nm y 700 nm. En el presente documento, el término "transparente" se refiere a que la transmisión de radiación electromagnética a través de una capa de 20 µm del material aglutinante curado tal como se presenta en la OEL (no incluyendo las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, sino todos los otros componentes opcionales de la OEL en el caso de que tales componentes estén presentes) está en al menos un 50 %, más preferentemente al menos un 60 %, incluso más preferentemente al menos un 70 %, a la longitud o longitudes de onda a las que se refiere. Esto se puede determinar por ejemplo midiendo la transmitancia de una pieza de ensayo del material aglutinante curado (no incluyendo las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta) de acuerdo con métodos de ensayo bien establecidos, por ejemplo, DIN 5036-3 (1979-11). Si la OEL sirve como una característica de seguridad encubierta, entonces generalmente serán necesarios medios técnicos para detectar el efecto óptico (completo) generado por la OEL en las respectivas condiciones de iluminación que comprenden la longitud de onda no visible seleccionada; dicha detección requiriendo que la longitud de onda de la radiación incidente se seleccione fuera del intervalo visible, por ejemplo, en el intervalo del UV cercana. En este caso, es preferente que la OEL comprenda partículas pigmentarias luminiscentes que muestran luminiscencia como respuesta a la longitud de onda seleccionada fuera del espectro visible contenido en la radiación incidente. Las partes del espectro electromagnético del infrarrojo, visible y UV corresponden aproximadamente a longitudes de onda que varían entre 700-2500 nm, 400-700 nm, y 200-400 nm respectivamente.

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, la composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento depende del revestimiento o proceso de impresión usado para aplicar dicha composición de revestimiento curable por radiación y el proceso de curado elegido. Preferentemente, el curado de la composición de revestimiento curable por radiación implica una reacción química que no se invierte mediante simple aumento de temperatura (por ejemplo, hasta 80 °C) que se puede producir durante un uso habitual de un artículo que comprende la OEL que se describe en el presente documento. La expresión "curado" o "curable" se refiere a procesos que incluyen la reacción química, reticulación o polimerización de al menos un componente en la composición de revestimiento curable por radiación aplicada de un modo tal que se convierte en un material polimérico que tiene un peso molecular mayor que las sustancias de partida. De forma ventajosa el curado por radiación conduce un aumento instantáneo de la viscosidad de la composición de revestimiento curable por radiación después de exposición a la irradiación de curado, evitando de ese modo cualquier movimiento adicional de las partículas pigmentarias y en consecuencia cualquier pérdida de información después de la etapa de orientación magnética. Preferentemente, la etapa de curado (etapa c)) se realiza mediante curado por radiación incluyendo curado por radiación con luz UV-visible o mediante curado por radiación por haz de electrones, más preferentemente mediante curado por radiación de luz UV-Vis.

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

Preferentemente, la composición de revestimiento curable por radiación UV-Vis comprende uno o más compuestos seleccionados entre el grupo que consiste en compuestos curables por vía radicalaria y compuestos curables por vía catiónica. La composición de revestimiento curable por radiación UV-Vis que se describe en el presente documento puede ser un sistema híbrido y puede comprender una mezcla de uno o más compuestos curables por vía catiónica y uno o más compuestos curables por vía radicalaria. Los compuestos curables por vía catiónica se curan mediante mecanismos catiónicos que generalmente incluyen la activación por radiación de uno o más fotoiniciadores que liberan especies catiónicas, tales como ácidos, que a su vez inician el curado con el fin de reaccionar y/o reticular los monómeros y/u oligómeros para curar de ese modo la composición de revestimiento curable por radiación. Los compuestos curables por vía radicalaria se curan mediante mecanismos de radicales libres que generalmente incluyen la activación por radiación de uno o más fotoiniciadores, generando de ese modo radicales que a su vez inician la polimerización con el fin de curar la composición de revestimiento curable por radiación. Dependiendo de los monómeros, oligómeros o prepolímeros usados para preparar el aglutinante comprendido en las composiciones de revestimiento curables por radiación UV-Vis que se describen en el presente

documento, se podrían usar diferentes fotoiniciadores. Los expertos en la materia conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores de radicales libres e incluyen, pero no se limitan a, acetofenonas, benzofenonas, bencildimetil cetales, alfa-aminocetonas, alfa-hidroxicetonas, óxidos de fosfina y derivados de óxido de fosfina, así como mezclas de dos o más de los mismos. Los expertos en la materia conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores catiónicos e incluyen, pero no se limitan a, sales de onio tales como sales orgánicas de yodonio (por ejemplo, sales de diaril yodonio), oxonio (por ejemplo, sales de triariloxonio) y sales de sulfonio (por ejemplo, sales de triarilsulfonio), así como mezclas de dos o más de los mismos. Otros ejemplos de fotoiniciadores útiles se pueden encontrar en libros de texto convencionales tales como "Chemistry & Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints", Volumen III, "Photoinitiators for Free Radical Cationic and Anionic Polymerization", 2ª edición, de J. V. Crivello y K. Dietliker, editado por G. Bradley y publicado en 1998 por John Wiley & Sons en asociación con SITA Technology Limited. También puede ser ventajoso incluir un agente sensibilizante en conjunto con el uno o más fotoiniciadores con el fin de conseguir un curado eficaz. Los ejemplos habituales de agentes fotosensibilizantes adecuados incluyen, pero no se limitan a, isopropil-tioxantona (ITX), 1-cloro-2-propoxi-tioxantona (CPTX), 2-cloro-tioxantona (CTX) y 2,4-dietil-tioxantona (DETX) y mezclas de dos o más de los mismos. El uno o más fotoiniciadores comprendidos en las composiciones de revestimiento curables por radiación UV-Vis están preferentemente presentes en una cantidad total de aproximadamente un 0,1 % en peso a aproximadamente un 20 % en peso, más preferentemente de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 15 % en peso, los porcentajes de peso o basándose en el peso total de las composiciones de revestimiento curables por radiación UV-Vis.

La composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento puede comprender adicionalmente una o más sustancias marcadoras o de etiquetado y/o uno o más materiales se pueden leer en soporte informático seleccionados entre el grupo que consiste en materiales magnéticos (diferentes de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento), materiales luminiscentes, materiales conductores de la electricidad y materiales absorbentes de infrarrojos. Como se usa en el presente documento, la expresión "material que se puede leer en soporte informático" se refiere un material que presenta al menos una propiedad distintiva que no es perceptible a simple vista, y que puede estar comprendida en una capa con el fin de proporcionar una forma para autenticar dicha capa o artículo que comprende dicha capa mediante el uso de un equipo particular para su autenticación.

La composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento puede comprender adicionalmente uno o más componentes colorantes seleccionados entre el grupo que consiste en partículas pigmentarias orgánicas, partículas pigmentarias inorgánicas, y colorantes orgánicos, y/o uno o más aditivos. Los últimos incluyen, pero no se limitan a, compuestos y materiales que se usan para ajustar los parámetros físicos, reológicos y químicos de la composición de revestimiento curable por radiación tales como la viscosidad (por ejemplo, disolventes, agentes espesantes y tensioactivos), la consistencia (por ejemplo, agentes anti-sedimentación, cargas y agentes plastificantes), las propiedades de formación de espuma (por ejemplo, agentes antiespumantes), las propiedades lubricantes (ceras, aceites), estabilidad de UV (fotoestabilizadores), las propiedades de adhesión, las propiedades antiestáticas, la capacidad de almacenamiento (inhibidores de polimerización), etc. Los aditivos que se describen en el presente documento pueden estar presentes en la composición de revestimiento curable por radiación en cantidades y en formas conocidas en la técnica, incluyendo los denominados nanomateriales en los que al menos una de las dimensiones del aditivo está en el intervalo de 1 a 1000 nm.

La composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento. Preferentemente, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta están presentes en una cantidad de aproximadamente un 2 % en peso a aproximadamente un 40 % en peso, más preferentemente de aproximadamente un 4 % en peso a aproximadamente un 30 % en peso, los porcentajes de peso basándose en el peso total de la composición de revestimiento curable por radiación que comprende el material aglutinante, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta y otros componentes opcionales de la composición de revestimiento curable por radiación.

A diferencia de las partículas pigmentarias en forma de aguja que se pueden considerar como partículas unidimensionales, las partículas pigmentarias en forma de plaqueta son partículas bidimensionales debido a la proporción de aspecto grande de sus dimensiones como se puede observar en la Fig. 1B. Como se muestra en la Fig. 1B, una partícula de pigmento en forma de plaqueta se puede considerar como una estructura bidimensional en la que las dimensiones X e Y son esencialmente más grandes que la dimensión Z. En la técnica las partículas pigmentarias en forma de plaqueta también se denominan partículas o escamas achatadas. Cada partícula de pigmento magnética o magnetizable en forma de plaqueta tiene tres ejes, dos ejes principales (denominados en el presente documento eje mayor y eje menor) que reposa en el plano de dicha partícula, y un tercer eje a lo largo de su grosor. Como se usa en el presente documento, mayor se refiere al eje a lo largo de la dimensión más larga de dicha partícula (o su longitud) y menos se refiere al eje a lo largo de la dimensión más corta de dicha partícula (o su anchura) y perpendicular al eje mayor. Como se muestra en la Fig. 1B, el eje mayor es el eje x y el eje menor es el eje y. El tercer eje corresponde al grosor de la partícula pigmentaria magnética o magnetizable en forma de plaqueta que es esencialmente ortogonal al plano formado por los ejes mayor y menor es el eje z. El eje z no desempeñe un papel en la orientación biaxial que se describe en el presente documento. Los ejes mayor y menor son

esencialmente perpendiculares entre sí y construyen en conjunto el plano X-Y de dicha partícula.

Debido a su forma de plaqueta, la reflexividad de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta es no isotrópica ya que el área visible de la partícula depende de la dirección desde la cual se visualiza.

5 En una realización, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que tienen reflexividad no isotrópica y la reflexividad no isotrópica debida a su forma no esférica pueden tener adicionalmente una reflexividad no isotrópica intrínseca, tal como por ejemplo en partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta, debido a su estructura que comprende capas de diferentes índices de reflexividad y refracción. En esta realización, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta comprenden partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que tienen reflexividad no isotrópica intrínseca, tales como partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta.

15 Debido a sus características magnéticas, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento se pueden leer en soporte informático, y por lo tanto las composiciones de revestimiento curables por radiación que comprenden esas partículas pigmentarias se pueden detectar por ejemplo con detectores magnéticos específicos. Las composiciones de revestimiento curables por radiación que comprenden las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento por lo tanto se pueden usar como un elemento de seguridad encubierto o semi-encubierto (herramienta de autenticación) para documentos de seguridad.

Los ejemplos adecuados de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, partículas pigmentarias que comprenden un metal magnético seleccionado entre el grupo que consiste en cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) y níquel (Ni); aleaciones magnéticas de hierro, manganeso, cobalto, níquel y mezclas de dos o más de los mismos; óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel y mezclas de dos o más de los mismos; y mezclas de dos o más de los mismos. La expresión "magnético" en referencia a los metales, aleaciones y óxidos se refiere a metales, aleaciones y óxidos ferromagnéticos o ferrimagnéticos. Los óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos pueden ser óxidos puros o mixtos. Los ejemplos de óxidos magnéticos incluyen, pero no se limitan a, óxidos de hierro tales como hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), dióxido de cromo ( $\text{CrO}_2$ ), ferritas magnéticas ( $\text{MFe}_2\text{O}_4$ ), espinelas magnéticas ( $\text{MR}_2\text{O}_4$ ), hexaferritas magnéticas ( $\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), ortoferritas magnéticas ( $\text{RFeO}_3$ ), granates magnéticos  $\text{M}_3\text{R}_2(\text{A O}_4)_3$ , en los que M representa metales divalentes, R representa metal trivalente, y A representa metal tetravalente.

35 Los ejemplos de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, partículas pigmentarias que comprenden una capa magnética M formada por uno o más metales magnéticos tales como cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) o níquel (Ni); y una aleación magnética de hierro, cobalto o níquel, en la que dichas partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta pueden ser estructuras de múltiples capas que comprenden una o más capas adicionales. Preferentemente, la una o más capas adicionales son capas A preparadas independientemente a partir de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en fluoruros metálicos tales como fluoruro de magnesio ( $\text{MgF}_2$ ), óxido de silicio ( $\text{SiO}$ ), dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), sulfuro de cinc ( $\text{ZnS}$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), más preferentemente dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ); o capas B formadas independientemente a partir de una o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, seleccionados preferentemente entre el grupo que consiste en metales reflectantes y aleaciones de metal reflectante, y más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), y níquel (Ni), y todavía más preferentemente aluminio (Al); o una combinación de una o más capas A tales como las que se han descrito anteriormente en el presente documento y una o más capas B tales como las que se han descrito anteriormente en el presente documento. Los ejemplos habituales de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que son estructuras de múltiples capas que se han descrito anteriormente en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, estructuras de múltiples capas A/M, estructuras de múltiples capas A/M/A, estructuras de múltiples capas A/M/B, estructuras de múltiples capas A/B/M/A, estructuras de múltiples capas A/B/M/B, estructuras de múltiples capas A/B/M/B/A, estructuras de múltiples capas B/M, estructuras de múltiples capas B/M/B, estructuras de múltiples capas B/A/M/A, estructuras de múltiples capas B/A/M/B, estructuras de múltiples capas B/A/M/B/A, en las que las capas A, las capas magnéticas M y las capas B se eligen entre las que se han descrito anteriormente en el presente documento.

Al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento pueden estar formadas por partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta y/o partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que no tienen propiedades ópticamente variables. Preferentemente, al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento están constituidas por partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta. Además de la seguridad abierta proporcionada por la propiedad de desplazamiento de color de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta, que permite detectar, reconocer, recognizing y/o discriminar fácilmente un artículo o documento de seguridad que lleva una tinta,

composición de revestimiento curable por radiación, revestimiento o capa que comprende las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento de sus posibles falsificaciones sin la ayuda de los sentidos humanos, las propiedades ópticas de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta también se puede  
 5 usar como una herramienta de lectura en soporte informático para el reconocimiento de la OEL. Por lo tanto, las propiedades ópticas de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta se pueden usar de forma simultánea como una característica de seguridad encubierta o semientocubierta En un proceso de autenticación en el que se analizan las propiedades ópticas (por ejemplo con espectrales) de las partículas pigmentarias pigment particles. El uso de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables  
 10 ópticamente variables en forma de plaqueta en composiciones de revestimiento curables por radiación para producir una OEL aumenta la significancia de la OEL como una característica de seguridad en aplicaciones en documentos de seguridad, porque los materiales de ese tipo (es decir, partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta) se reservan a la industria de impresión de documentos de seguridad Y no están disponibles en el mercado para el público.

15 Como se ha mencionado anteriormente, preferentemente al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta están constituidas por partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta. Estas se pueden seleccionar más preferentemente entre el grupo que consiste en partículas pigmentarias interferencia de película fina magnética en forma de plaqueta, partículas pigmentarias de cristal líquido colestérico magnéticas en forma de plaqueta, partículas pigmentarias de revestimiento de interferencia en forma de plaqueta que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de las mismas.

25 Los expertos en la materia conocen partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas en forma de plaqueta y se desvelan, por ejemplo, en los documentos US 4.838.648; WO 2002/073250 A2; EP 0 686 675 B1; WO 2003/000801 A2; US 6.838.166; WO 2007/131833 A1; EP 2 402 401 A1 y en los documentos que se citan en los mismos. Preferentemente, las partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas en forma de plaqueta comprenden partículas de pigmento que tienen una estructura de múltiples capas de Fabry-Perot de cinco capas y/o partículas de pigmento que tienen una estructura de múltiples capas de Fabry-Perot de seis capas y/o  
 30 partículas de pigmento que tienen una estructura de múltiples capas de Fabry-Perot de siete capas.

35 ] Las estructuras de múltiples capas de Fabry-Perot de cinco capas preferentes consisten en estructuras de múltiples capas de absorbente/dieléctrico/reflector/dieléctrico/absorbente en las que el reflector 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).

40 Las estructuras de múltiples capas de Fabry-Perot de seis capas preferentes consisten en estructuras de múltiples capas de absorbente/dieléctrico/reflector/magnética/dieléctrico/absorbente.

Las estructuras de múltiples capas de Fabry-Perot de siete capas preferentes consisten en estructuras de múltiples capas de absorbente/dieléctrico/reflector/magnética/reflector/dieléctrico/absorbente tal como se desvela en el documento US 4.838.648.

45 Preferentemente, las capas reflectoras que se describen en el presente documento están formadas independientemente a partir de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en metales reflectantes y aleaciones de metal reflectante, más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), oro (Au), platino (Pt), estaño (Sn), titanio (Ti), paladio (Pd), rodio (Rh), niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni), y aleaciones de los mismos, incluso más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de los mismos, y aún más preferentemente aluminio (Al). Preferentemente, las capas de dieléctrico están formadas independientemente a partir de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en fluoruros metálicos tales como fluoruro de magnesio (MgF<sub>2</sub>), fluoruro de aluminio (AlF<sub>3</sub>), fluoruro de cerio (CeF<sub>3</sub>), fluoruro de lantano (LaF<sub>3</sub>), fluoruros de aluminio y sodio (por ejemplo, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), fluoruro de neodimio (NdF<sub>3</sub>), fluoruro de samario (SmF<sub>3</sub>), fluoruro de bario (BaF<sub>2</sub>), fluoruro cálcico (CaF<sub>2</sub>), fluoruro de litio (LiF), y óxidos metálicos tales como óxido de silicio (SiO), dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en fluoruro de magnesio (MgF<sub>2</sub>) y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y aún más preferentemente fluoruro de magnesio (MgF<sub>2</sub>). Preferentemente, las capas de absorbente están formadas independientemente a partir de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), paladio (Pd), platino (Pt), titanio (Ti), vanadium (V), hierro (Fe) estaño (Sn), tungsteno (W), molibdeno (Mo), rodio (Rh), Niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni), óxidos metálicos de los mismos, sulfuros metálicos de los mismos, carburos metálicos de los mismos, Y aleaciones metálicas de los mismos, más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni), óxidos metálicos de los mismos, y aleaciones metálicas de los mismos, y aún más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni), y aleaciones metálicas de los mismos. Preferentemente, la capa magnética comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o una aleación magnética

- que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o un óxido magnético que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co). Cuando las partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas que comprenden una estructura de Fabry-Perot de siete capas son preferentes, es particularmente precedente que las partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas comprendan una estructura de múltiples capas de Fabry-Perot de siete capas de absorbente/dieléctrico/reflector/magnética/reflector/dieléctrico/absorbente que  
5 consiste en una estructura de múltiples capas de  $\text{Cr/MgF}_2/\text{Al/M/Al/MgF}_2/\text{Cr}$ , en la que M una capa magnética comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o una aleación magnética comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o un óxido magnético comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co).
- 10 Las partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas que se describen en el presente documento pueden ser partículas de pigmento de múltiples capas que se consideran seguras para la salud humana y el medio ambiente y que se basan por ejemplo en estructuras de múltiples capas de Fabry-Perot de cinco capas, estructuras de múltiples capas de Fabry-Perot de seis capas y estructuras de múltiples capas de Fabry-Perot de siete capas, en  
15 las que las partículas de pigmento incluyen una o más capas magnéticas que comprenden una aleación magnética que tiene esencialmente una composición sin níquel que incluye de aproximadamente un 40 % en peso a aproximadamente un 90 % en peso de hierro, de aproximadamente un 10 % en peso a aproximadamente un 50 % en peso de cromo y de aproximadamente un 0 % en peso próximamente un 30 % en peso de aluminio. El documento EP 2 402 401 A1 se pueden encontrar ejemplos habituales de partículas de pigmentos de múltiples capas que se consideran seguras para la salud humana y el medio ambiente.
- 20 Las partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas en forma de plaqueta que se describen en el presente documento generalmente se fabrican mediante una técnica de deposición convencional para las diferentes capas requeridas sobre una red. Después de depositar el número de capas deseado, por ejemplo, mediante deposición física en fase vapor (PVD), deposición química en fase vapor (CVD) o deposición electrolítica, el apilamiento de capas se retira de la red, ya sea disolviendo una capa antiadhesiva en un disolvente adecuado, o  
25 mediante raspado del material de la red. A continuación el material obtenido de ese modo se descompone en partículas pigmentarias en forma de plaqueta que se tienen que procesar adicionalmente mediante molienda, pulverización (tal como por ejemplo mediante procesos de pulverización con chorro) o cualquier método adecuado con el fin de obtener partículas de pigmento del tamaño requerido. El producto resultante consiste en partículas de pigmento en forma de plaqueta planas con bordes rotos, formas irregulares y diferentes proporciones de aspecto. Por ejemplo en los documentos EP 1 710 756 A1 y EP 1 666 546 A1 se puede encontrar información adicional sobre la preparación de partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnéticas en forma de plaqueta adecuadas.
- 30 Las partículas pigmentarias de cristal líquido colestérico magnéticas en forma de plaqueta adecuadas que presentan características ópticamente variables incluyen, pero no se limitan a, partículas pigmentarias de cristal líquido colestérico de una capa magnéticas y partículas pigmentarias de cristal líquido colestérico de múltiples capas magnéticas. Las partículas de pigmento de ese tipo se desvelan por ejemplo en los documentos WO 2006/063926 A1, US 6.582.781 y US 6.531.221. El documento WO 2006/063926 A1 desvela monocapas y partículas de pigmento  
35 obtenidas a partir de las mismas con alta luminosidad y propiedades de desplazamiento de color con propiedades particulares adicionales tales como capacidad de imantación. Las monocapas y partículas de pigmento que se desvelan, que se obtienen a partir de las mismas por división de dichas monocapas, incluyen una mezcla de cristal líquido colestérico tridimensionalmente reticulado y nanopartículas magnéticas. Los documentos US 6.582.781 y US 6.410.130 desvelan partículas pigmentarias de múltiples capas colestéricas en forma de plaqueta que comprenden la secuencia  $A^1/B/A^2$ , en la que  $A^1$  y  $A^2$  pueden ser idénticas o diferentes y cada una comprende al menos una capa colestérica, y B es una intercapa que absorbe toda o cierta parte de la luz transmitida por las capas  $A^1$  y  $A^2$  y que imparten propiedades magnéticas a dicha intercapa. El documento US 6.531.221 desvela partículas pigmentarias de  
40 múltiples capas colestéricas en forma de plaqueta que comprenden la secuencia A/B y opcionalmente C, en las que A y C son capas de absorbente que comprenden partículas de pigmento que transmiten propiedades magnéticas, Y B es una capa colestérica.
- 50 Los pigmentos revestidos con capa de interferencia en forma de plaqueta adecuados que comprenden uno o más materiales magnéticos que incluyen, pero no se limitan a, estructuras que consisten en un sustrato seleccionado entre el grupo que consiste en un núcleo revestido con una o más capas, en el que al menos un uno del núcleo o la una o más capas tienen propiedades magnéticas. Por ejemplo, los pigmentos revestidos con capa de interferencia en forma de plaqueta adecuados comprenden un núcleo formado a partir del material magnético tal como los que se han descrito anteriormente en el presente documento, dicho núcleo siendo revestido con una o más capas formadas a partir de uno o más óxidos metálicos, o tienen una estructura que consiste en un núcleo preparado a partir de micas sintéticas o naturales, silicatos en capas (por ejemplo, talco, caolín y sericita), vidrios (por ejemplo, borosilicatos), dióxidos de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxidos de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxidos de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), grafitos y mezclas de dos o más de los mismos. Además, pueden estar presentes una o más capas adicionales tales como capas de coloreado.
- 60 Las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento pueden tener la superficie tratada con el fin de protegerlas frente a cualquier deterioro que se pueda producir en la composición de revestimiento curable por radiación y/o para facilitar su incorporación en la
- 65

composición de revestimiento curable por radiación; generalmente se pueden usar materiales inhibidores de la corrosión y/o agentes humectantes.

5 El sustrato que se describe en el presente documento se selecciona preferentemente entre el grupo que consiste en papeles u otros materiales fibrosos, tales como celulosa, materiales que contienen papel, vidrios, metales, cerámicas, plásticos y polímeros, plásticos o polímeros metalizados, materiales compuestos y mezclas o combinaciones de los mismos. El papel, material similar al papel u otros materiales fibrosos habituales se preparan a partir de una diversidad de fibras que incluyen, pero no se limitan a, abacá, algodón, lino, pulpa de madera, y mezclas de los mismos. Como conocen bien las personas con experiencia en la materia, el algodón y las mezclas de algodón/lino son preferentes para papel moneda, mientras que la pulpa de madera se usa comúnmente en documentos de seguridad que no son papel moneda. Los ejemplos habituales de plásticos y polímeros incluyen poliolefinas tales como polietileno (PE) y polipropileno (PP), poliamidas, poliésteres tales como poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(tereftalato de 1,4-butileno) (PBT), poli(2,6-naftoato de etileno) (PEN) y cloruros de polivinilo (PVC). Las fibras de olefina unidas mediante hilado tales como las que se comercializan con el nombre comercial Tyvek® también se pueden usar como sustrato. Los ejemplos habituales de plásticos o polímeros metalizados incluyen los materiales de plástico o polímero que se han descrito anteriormente en el presente documento que tienen un metal colocado de forma continua o discontinua en su superficie. Los ejemplos habituales de metales incluyen, pero no se limitan a, 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 mencionados anteriormente. El metalizado de los materiales de plástico o polímero que se han descrito anteriormente en el presente documento se puede realizar mediante un proceso de electrodeposición, un proceso de revestimiento a alto vacío o mediante un proceso de metalizado por bombardeo atómico. Los ejemplos habituales de materiales compuestos incluyen, pero no se limitan a, estructuras de múltiples capas o laminados de papel y al menos un material de plástico copolímero tal como los que se han descrito anteriormente en el presente documento así como fibras de plástico y/o polímero incorporadas en un material similar al papel o fibroso tal como los que se han descrito anteriormente en el presente documento. Por supuesto, el sustrato puede comprender aditivos adicionales que son conocidos para la persona con experiencia, tales como agentes de encolado, blanqueadores, adyuvantes de procesamiento, agentes reforzaron peso de refuerzo en estado húmedo, etc.. El sustrato que se describe en el presente documento se puede proporcionar en forma de una red (por ejemplo, una lámina continua de los materiales que se han descrito anteriormente el presente documento) o en forma de láminas. En el caso de que la OEL producida de acuerdo con la presente invención se encontrara en un documento de seguridad, y con el objeto de aumentar adicionalmente el nivel de seguridad y la resistencia frente a la falsificación y reproducción ilegal de dicho documento de seguridad, el sustrato puede comprender indicios impresos, revestidos, o marcados con láser o perforados con láser, marcas de agua digitales, hilos de seguridad, fibras, pequeñas planchas, compuestos luminiscentes, ventanas, laminas, calcomanías y combinaciones de dos o más de los mismos. Con el mismo objeto de aumentar adicionalmente el nivel de seguridad y la resistencia frente a la falsificación y la reproducción ilegal de documentos de seguridad, el sustrato puede comprender una o más sustancias marcadoras o de etiquetado y/o sustancias para lectura en soporte informático (por ejemplo, sustancias luminiscentes, sustancias absorbentes de UV/visible/IR, sustancias magnéticas y combinaciones de las mismas).

40 Los métodos para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato que se describe en el presente documento comprende una etapa de orientación biaxial de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en una composición de revestimiento curable por radiación húmeda (es decir, todavía no curada) sobre el sustrato. Con este objeto, el sustrato que lleva la la composición de revestimiento curable por radiación se desplaza a una velocidad apropiada a través del centro del montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento.

50 La realización de una orientación biaxial se refiere a que se hace que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orienten de un modo tal que sus dos ejes principales estén limitados, es decir, se hace que cada uno de los ejes mayor y menor de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orienten de acuerdo con el campo magnético dinámico. Efectivamente, esto da como resultado que las partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaqueta cercanas que están cerca entre sí en el espacio sean esencialmente paralelas entre sí.

55 Dicho de otro modo, la orientación biaxial alinea los planos de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta de modo que dichos planos se orientan para que sean esencialmente paralelos con respecto a los planos de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta cercanas (en todas las direcciones). En una realización, los ejes tanto mayor como menor que se describen en el presente documento se orientan con el campo magnético dinámico del montaje de cilindro de Halbach de modo que las partículas de pigmento cercanas (en todas las direcciones) tengan sus ejes mayor y menor alineados entre sí.

60 De acuerdo con una realización, la etapa de realización de una orientación biaxial de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta conduce a una orientación magnética en la que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta tienen una orientación a un ángulo de inclinación determinado previamente con respecto a la superficie del sustrato, es decir, las partículas de pigmento tienen su eje mayor (eje x en la Fig. 1B) a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del

sustrato, alineado a lo largo del campo magnético dipolar  $\mathbf{H}_{xy}$ , y su eje menor (eje  $y$  en la Fig. 1B) esencialmente paralelo a la superficie del sustrato, alineado a lo largo del componente  $\mathbf{H}_z$  dinámico (es decir, que varía con el tiempo), el campo magnético dipolar  $\mathbf{H}_{xy}$  formando un ángulo no nulo con la superficie del sustrato y el componente  $\mathbf{H}_z$  dinámico siendo esencialmente paralelo a la superficie del sustrato, como se muestra en la Fig. 4A y 4B.

5 De acuerdo con otra realización, la etapa de realización de una orientación biaxial de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta conducía una orientación magnética en la que dichas partículas tienen sus dos ejes principales esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, es decir, las partículas de pigmento tienen su eje mayor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato, alineado a lo largo del campo magnético dipolar  $\mathbf{H}_{xy}$ , y su eje menor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato, alineado a lo largo del componente  $\mathbf{H}_z$  dinámico, tanto  $\mathbf{H}_{xy}$  como  $\mathbf{H}_z$  siendo esencialmente paralelos a la superficie del sustrato. Para un alineamiento de ese tipo, se hace que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta estén en el plano dentro de la composición de revestimiento curable por radiación sobre el sustrato con sus ejes mayor y menor siendo paralelos a la superficie del sustrato.

15 El montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento comprende a) un cilindro de Halbach convencional como se ha descrito anteriormente en el presente documento en combinación con una o más bobinas de alambre imantado.

20 Con referencia a la Fig. 2A-D, los cilindros de Halbach convencionales comprenden tres (Fig. 2a), cuatro (Fig 2B), seis (Fig 2C), ocho (Fig 2D), o más barras imantadas transversalmente imantadas de una misma longitud y fuerza, dichas barras imantadas siendo colocadas de forma equidistante en un círculo y teniendo sus direcciones de imantación (indicadas en lo sucesivo como  $\mathbf{h}$ ) en el plano del círculo (denominado en lo sucesivo plano  $xy$ ). El cilindro de Halbach puede tener una longitud arbitraria en la dirección ortogonal al plano del círculo, en lo sucesivo denominará dirección  $z$ . Las direcciones de imantación ( $\mathbf{h}$ ) de las tres o más barras imantadas individuales del cilindro de Halbach se orientan de modo que producen de forma conjunta un campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) homogéneo dentro del cilindro de Halbach, cuya dirección en el plano  $xy$  se establece a través de una rotación apropiada de dichas barras imantadas. En virtud de la misma disposición, el campo magnético fuera del cilindro de Halbach se anula. Un cilindro de Halbach requiere que  $\omega = 2\Omega$  (en el que  $\omega$  representa el ángulo de orientación de su dirección de imantación ( $\mathbf{h}$ ) y  $\Omega$  representa la posición angular de una barra imantada en el círculo del cilindro de Halbach), es decir, el ángulo de orientación de la dirección de imantación ( $\mathbf{h}$ ) de la barra imantada siempre es dos veces suposición angular en el círculo.

35 La Fig. 2C ilustra un ejemplo de un cilindro de Halbach que comprende seis barras imantadas. La primera barra imantada (1) se coloca a un ángulo  $\Omega = 0^\circ$  con respecto al eje  $y$  y tomado como referencia. Su dirección de imantación ( $\mathbf{h}$ ) también tiene un ángulo  $\omega = 0^\circ$  con respecto al eje  $y$ . La segunda barra imantada (2) se coloca a un ángulo  $\Omega = 60^\circ$  con respecto al eje  $y$ , y su dirección de imantación ( $\mathbf{h}$ ) tiene un ángulo  $\omega = 120^\circ$  con respecto al eje  $y$ . Esto continúa para la tercera barra imantada (3) ( $\Omega = 120^\circ$ ,  $\omega = 240^\circ$ ), la cuarta barra imantada (4) ( $\Omega = 180^\circ$ ,  $\omega = 360^\circ$  o  $0^\circ$ ), la quinta barra imantada (5) ( $\Omega = 240^\circ$ ,  $\omega = 120^\circ$ ) y la sexta (6) barra imantada ( $\Omega = 300^\circ$ ,  $\omega = 240^\circ$ ). Esta disposición de barras imantadas individuales da como resultado un campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) que tiene una dirección colineal con respecto al eje  $y$ .

45 La dirección del campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) dentro del cilindro de Halbach se puede ajustar libremente a cualquier valor mediante una rotación en el sitio individual concertada de todas las barras imantadas del cilindro de Halbach en un mismo sentido. Como se muestra en la Fig. 3, una rotación en sentido contrario a las agujas del reloj de todas las barras imantadas mediante un ángulo dado como resultado una rotación en el sentido de las agujas del reloj de la dirección del campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) resultante mediante el mismo ángulo. Esto permite una libre elección de la dirección del campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) en el plano  $xy$  dentro del cilindro de Halbach, sin necesidad de rotar el cilindro de Halbach como tal.

50 Los cilindros de Halbach tienen una serie de propiedades útiles que se aprovechan en la presente invención, incluyendo que

- 55 a) el campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) de un cilindro de Halbach es transversal, homogéneo, y confinado al interior del cilindro. Esto permite la construcción de unidades de imantación que se extienden con respecto a una longitud arbitraria en la dirección  $z$ , y
- b) las barras imantadas del cilindro de Halbach no deben formar una superficie cerrada, pero de forma conveniente se pueden separar. Esto permite un paso fácil del sustrato que lleva la composición de revestimiento curable por radiación a través del área del campo magnético del cilindro de Halbach, así como la adición de y acceso a unidades funcionales dentro del cilindro de Halbach.

65 El montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento comprende tres o más barras imantadas de un tamaño apropiado. Las barras imantadas que se describen en el presente documento están formadas por materiales de alta coercitividad (también denominados materiales magnéticos fuertes). Los materiales de alta coercitividad adecuados materiales que tienen un valor máximo de producto energético  $(BH)_{\max}$  de al menos  $20 \text{ kJ/m}^3$ , preferentemente al menos  $50 \text{ kJ/m}^3$ , más preferentemente al menos  $100 \text{ kJ/m}^3$ , incluso más

preferentemente al menos  $200 \text{ kJ/m}^3$ . Están formados preferentemente por uno o más materiales magnéticos sinterizados o unidos a polímero seleccionados entre el grupo que consiste en Alnicos tales como por ejemplo Alnico 5 (R1-1-1), Alnico 5 DG (R1-1-2), Alnico 5-7 (R1-1-3), Alnico 6 (R1-1-4), Alnico 8 (R1-1-5), Alnico 8 HC (R1-1-7) y Alnico 9 (R1-1-6); hexaferritas de fórmula  $\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$ , (por ejemplo, hexaferrita de estroncio ( $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) o hexaferritas de bario ( $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ )), ferritas duras de la fórmula  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (por ejemplo, como ferrita de cobalto ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) o magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )), en las que M es un ion metálico divalente), cerámica 8 (SI-1-5); materiales magnéticos de tierras raras seleccionados entre el grupo que comprende  $\text{RECo}_5$  (con RE = Sm o Pr),  $\text{RE}_2\text{TM}_{17}$  (con RE = Sm, TM = Fe, Cu, Co, Zr, Hf),  $\text{RE}_2\text{TM}_{14}\text{B}$  (con RE = Nd, Pr, Dy, TM = Fe, Co); aleaciones anisotrópicas de Fe Cr Co; materiales seleccionados entre el grupo de PtCo, MnAlC, RE Cobalto 5/16, RE Cobalto 14. Preferentemente, los materiales de alta coercitividad de las barras imantadas se seleccionan entre los grupos que consisten en materiales magnéticos de tierras raras, y más preferentemente entre el grupo que consiste en  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  y  $\text{SmCo}_5$ . Como alternativa y con el objeto de preparar barras imantadas ampliadas, un número de imanes permanentes más pequeños (M1, M2, M3, ...Mn) se pueden montar en un soporte mecánico apropiado que los mantiene en su lugar en la polaridad correcta, con el fin de formar en conjunto una barra imantada compuesta ampliada.

El soporte mecánico puede consistir en una sola pieza o puede ser un conjunto de múltiples componentes. El soporte mecánico se prepara preferentemente a partir de uno o más materiales no magnéticos seleccionados entre el grupo que consiste en materiales de baja conducción, materiales no conductores y mezclas de los mismos, tales como por ejemplo plásticos y polímeros de ingeniería, aluminio, aleaciones de aluminio, titanio, aleaciones de titanio y aceros austeníticos (es decir, aceros no magnéticos). Los clásicos y polímeros de ingeniería incluyen, pero no se limitan, poliartertercetonas (PAEK) y sus derivados de polietertercetonas (PEEK), polietercetonaacetona (PEKK), polietertercetonaacetona (PEEKK) y polietercetonaetercetona (PEKEKK); poliacetales, poliamidas, poliésteres, poliéteres, copoliésteres, poliimidias, polieterimidias, polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de peso molecular ultra elevado (UHMWPE), tereftalato de polibutileno (PBT), polipropileno, copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), polietilenos fluorados y perfluorados, poliestirenos, policarbonatos, sulfuro de polifenileno (PPS) y polímeros de cristal líquido. Los materiales preferentes son PEEK (polietertercetona), POM (polioximetileno), PTFE (politetrafluoroetileno), Nylon® (poliamida) y PPS. Los materiales a base de titanio tienen la ventaja de excelente estabilidad mecánica y baja conductividad eléctrica, mientras que los materiales a base de aluminio o aleaciones de aluminio tienen la ventaja de poderse trabajar fácilmente.

El montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento comprende preferentemente un bajo número de barras imantadas, preferentemente de tres a ocho barras imantadas, y más preferentemente cuatro barras imantadas colocadas en un cuadrado, con el fin de seguir una construcción abierta y para el paso fácil del sustrato que lleva la composición de revestimiento curable por radiación a través del montaje de cilindro de Halbach. Las barras imantadas se pueden fijar de manera giratoria en un marco, con el fin de que se puedan rotar de forma individual de una manera concertada, con el fin de permitir el ajuste de la dirección del campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) en el plano xy dentro del montaje de cilindro de Halbach.

Con el objeto de conseguir una orientación biaxial de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, un componente z ( $\mathbf{H}_z$ ) dinámico se añade al campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) generado por las tres o más barras imantadas del montaje de cilindro de Halbach mediante la aplicación de una corriente AC de amplitud y frecuencia apropiadas a las bobinas de alambre imantado, dicha amplitud y frecuencia apropiadas estableciéndose de acuerdo con las características de la composición de revestimiento (por ejemplo, su viscosidad y/o la distribución del tamaño de partícula de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta). Dicho componente z ( $\mathbf{H}_z$ ) dinámico se añade al campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) en el plano xy. Esto produce una rotación de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta mediante un ángulo  $\beta$  (Fig. 4B) de al menos  $\pm 10^\circ$ , es decir, totalmente ( $\beta + \beta' = 2\beta$ ) al menos  $\pm 20^\circ$ , preferentemente al menos un  $\pm 20^\circ$  (es decir, totalmente al menos  $40^\circ$ ), más preferentemente al menos  $\pm 30^\circ$  (es decir, totalmente al menos  $60^\circ$ ), incluso más preferentemente al menos  $\pm 45^\circ$  (es decir, totalmente al menos  $90^\circ$ ), después de ciclar dicha corriente AC en las bobinas de alambre imantado. Las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta realizan al menos una rotación (es decir, oscilan al menos una vez de un lado al otro mediante dicho ángulo) mientras que la composición de revestimiento curable por radiación está dentro del montaje de cilindro de Halbach. Preferentemente, dichas partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta realizan dos o más, más preferentemente cinco o más, e incluso más preferentemente diez o más rotaciones mientras que la composición de revestimiento curable por radiación está dentro del montaje de cilindro de Halbach. Antes de salir del montaje de cilindro de Halbach, la composición de revestimiento curable por radiación se cura al menos parcialmente como se describe en el presente documento.

En consecuencia y además de las tres o más barras imantadas, el montaje de cilindro de Halbach comprende una o más bobinas de alambre imantado.

Variando la corriente eléctrica en la una o más bobinas de alambre imantado, por ejemplo, por medio de una corriente AC, el campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) en el plano xy recibe un componente z ( $\mathbf{H}_z$ ) dinámico adicional; es decir, el campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xyz}$ ) resultante oscila en un plano P dado por las ecuaciones  $P(u,v): x = ux_0$ ;  $y = uy_0$ ;  $z = v$ ,  $x_0$  e  $y_0$  siendo la proyección del campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) en el eje x y en el eje y, respectivamente (Fig. 4A). Como se muestra en la Figura 4A, el campo magnético dipolar ( $\mathbf{H}_{xy}$ ) forma un ángulo  $\alpha$

con el plano xz (el plano del sustrato que lleva la composición de revestimiento curable por radiación). Añadiendo un componente z ( $H_z$ ) dinámico, el campo magnético dipolar ( $H_{xyz} = H_{uv}$ ) oscila en el plano P(u,v). La Fig. 4B es una vista de P(u,v), que cruza perpendicularmente el plano xy. H y H' representan dos direcciones del campo magnético dipolar oscilante ( $H_{uv}$ ), cuando el componente z se añade como un componente ortogonal ( $H_z$ ) respectivamente ( $H_z$ ),  $\beta$  y  $\beta'$  siendo los ángulos entre H en ese orden H' y el eje z.

De acuerdo con una realización, la bobina de alambre imantado para generar el componente z del campo magnético dipolar ( $H_{uv}$ ) oscilante se puede representar como una bobina de alambre imantado individual que rodea el montaje de cilindro de Halbach. Esto se representa en la Fig. 5A, en la que 7a indica la bobina de alambre imantado individual y 8 indica barras imantadas. Sin embargo, esto altera el acceso del sustrato que lleva la composición de revestimiento curable por radiación al montaje de cilindro de Halbach (9). Preferentemente y con el objeto de no alterar el acceso del sustrato al montaje de cilindro de Halbach (9), el montaje de cilindro de Halbach comprende, como se representa en la Fig. 5B, dos bobinas de alambre imantado (7b-1, 7b-2), que se colocan en ambos extremos del montaje de cilindro de Halbach (9) que se ha descrito anteriormente presentado en una vista ortogonal, las bobinas de alambre imantado (7b-1, 7b-2) siendo enrolladas alrededor de los polos de una pieza polar (10a) que sirve para conectarlos magnéticamente.  $H_z$  indica el componente z dinámico del campo magnético dipolar ( $H_{uv}$ ) oscilante. Esta solución se puede aplicar para cilindros de Halbach de longitud moderada, pero no se puede reproducir a escala para cilindros de Halbach de longitudes arbitrarias.

Preferentemente y como se representa para el ejemplo en la Fig. 6, la una o más bobinas de alambre imantado para generar el componente z dinámico ( $H_z$ ) del campo magnético dipolar ( $H_{uv}$ ) oscilante se pueden representar como un número de bobinas de alambre imantado independientes (7c), cada una de las cuales rodeando preferentemente una barra imantada (8) con el fin de formar tres o más estructuras, cada una de dichas tres o más estructuras comprendiendo una barra imantada (8) y una bobina de alambre imantado (7c) rodeando dicha barra imantada (8). Esta realización permite mantener la construcción suficientemente abierta para un paso fácil del sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12) a través del mismo, y se reproduce a escala a longitudes arbitrarias en la dirección z.

Con el objeto de presentar una resistencia suficiente del componente z dinámico ( $H_z$ ) del campo magnético dipolar ( $H_{uv}$ ) oscilante, las estructuras comprendiendo una barra imantada (8) y una bobina de alambre imantado (7c) rodeando dicha barra imantada (8) que se describe en el presente documento se secarán adicionalmente con piezas polares formadas a partir de un material alta saturación, baja coercitividad (también denominado una técnica material magnético blando). Los materiales de alta saturación, baja coercitividad adecuados tienen una coercitividad inferior a  $1000 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ , para permitir una magnetización y desmagnetización rápidas, y su saturación es preferentemente al menos 1 Tesla, más preferentemente al menos 1,5 Tesla, e incluso más preferentemente al menos 2 Tesla. Los materiales de alta saturación, baja coercitividad que se describen en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, hierro magnético blando (a partir de hierro y carbonil hierro híbridos), níquel, cobalto, ferritas blandas tales como ferrita de manganeso-cinc o ferrita de níquel-cinc, aleaciones de níquel-hierro (tales como materiales de tipo permaleación), aleaciones de cobalto-hierro, silicio hierro y aleaciones de metal amorfo tales como Metglas® (aleación de hierro-boro), preferentemente hierro puro y silicio hierro (acero eléctrico), así como aleaciones de cobalto-hierro y níquel-hierro (materiales de tipo permaleación), y más preferentemente hierro puro.

Las barras imantadas que se describen en el presente documento se pueden preparar a partir de imanes monolíticos, continuos. Como alternativa y como se muestra en la Fig. 7, en el caso de barras imantadas largas, de forma ventajosa se pueden usar imanes de división. En la misma, una pluralidad de imanes individuales que tienen sus ejes Norte-Sur apuntando a una misma dirección (13-1, 13-2) se montan en un soporte de dos partes (15-1, 15-2), con el fin de facilitar el montaje de los imanes (13-1, 13-2). Los imanes individuales en el soporte (13-1, 13-2) se pueden separar de forma ventajosa mediante espacios (14), tal como mediante espacios de aire o espacios llenos con un material no magnético tal como aluminio, titanio, o con un material de plástico, con el fin de facilitar el montaje de los imanes. Dichos espacios pueden servir de forma ventajosa para acomodar elementos de fijación, tales como tornillos, remaches y similares, formados preferentemente a partir del material magnético tal como los que se han descrito anteriormente en el presente documento para los materiales del soporte, que tienen la función de mantener las partes del soporte (15-1, 15-2) juntas frente a las fuerzas de repulsión magnética que actúan entre los imanes individuales. La barra imantada con imanes de división también comprende piezas polares como se ha descrito anteriormente en el presente documento. En una realización preferente, cada imán de división (13-1, 13-2) está formado a partir de un imán individual que lleva dos piezas polares individuales (10b-1, 10b-2) colocadas en los polos Sur y Norte de los imanes individuales. En una realización alternativa - no se muestra - las piezas polares forman parte del soporte (15-1, 15-2); en tal caso pueden ser contiguas y funcionar a lo largo de toda la longitud de las partes del soporte (15-1, 15-2). Además en otra realización, - no se muestra - las partes del soporte (15-1, 15-2) o partes de las mismas están formadas por un material de alta saturación, baja coercitividad, con el fin de servir como las piezas polares. En cualquier caso, las piezas polares se deben preparar de modo que no produzcan un cortocircuito en el campo magnético entre los polos de los imanes.

La saturación del material de alta saturación, baja coercitividad debería ser lo suficientemente elevada como para no alcanzar la saturación cuando dicho material se combina con el material de alta coercitividad de las barras imantadas. Seleccionando de forma cuidadosa el material de alta coercitividad de las barras imantadas y el material

de alta saturación, baja coercitividad de las piezas polares, sigue habiendo el suficiente margen que se deja para añadir más imantación en la dirección z. Por el contrario, el material de alta coercitividad no contribuye a reforzar al componente z del campo generado por las bobinas imantadas debido a que sus paredes de dominio están "sujetas" (es decir, fijadas) en las condiciones aplicadas; solo el material de alta saturación, baja coercitividad, puede contribuir a esto.

De acuerdo con una realización y como se representa en la Fig. 8, el montaje de cilindro de Halbach comprende cuatro estructuras, cada una de dichas cuatro estructuras comprendiendo una barra imantada (8) rodeada con una bobina de alambre imantado (7c), dichas estructuras siendo colocadas en una disposición cuadrada con el fin de preparar un montaje de cilindro de Halbach (9). La realización que tiene un montaje de cilindro de Halbach que comprende cuatro estructuras que se describen en el presente documento tiene una ventaja de está muy abierto en todos los lados y por lo tanto puede funcionar fácilmente en conjunto con otras unidades funcionales, a la vez que aún ofrece una zona suficientemente larga de campo magnético homogéneo en su interior. En consecuencia, aún se deja espacio suficiente de modo que el sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12) y que es soportado por rodillos (17) o medios equivalentes de soporte o vía de sustrato pueden pasar el montaje de cilindro de Halbach (9). Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, cada estructura comprende una o más piezas polares (10b-1, 10b-2) preparadas a partir del material de alta saturación, baja coercitividad que se describe en el presente documento.

La Fig. 9A representa de forma más precisa una estructura del montaje de cilindro de Halbach de la Fig. 8. La estructura comprende una barra imantada transversalmente imantada (8), una bobina de alambre imantado (7c) y dos piezas polares (10b-1, 10b-2). La dirección de imantación S → N de la barra imantada se indica con una flecha. Debe haber una diferencia suficiente entre la fuerza del campo magnético generado por el material de alta coercitividad de la barra imantada y la saturación del material de alta saturación, baja coercitividad elegido para las piezas polares de modo que la bobina de alambre imantado es capaz de generar un campo magnético dinámico de fuerza suficiente en la dirección z. Por ejemplo, el hierro puro tiene una saturación de 2 Tesla (Kaye y Laby en línea, 2.6.6. Magnetic Properties of Materials, 1995). Si el material de alta coercitividad elegido para la barra imantada es Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B sinterizado, que presenta una remanencia magnética (es decir, el campo magnético **B** restante cuando el campo de imantación **H** vuelve a cero) entre 1 y 1,4 Tesla (Nd-Fe-B Magnets, Properties and Applications, Michael Weickmann, Vacuumschmelze GmbH & Co. KG), un campo magnético dinámico con una fuerza de 0,6 a 1 Tesla se puede añadir en la dirección z antes de alcanzar la saturación en el material de alta saturación, baja coercitividad de las piezas polares.

Preferentemente, el montaje de cilindro de Halbach que se describe en el presente documento comprende tres o más estructuras, cada una de dichas tres o más estructuras comprendiendo una barra imantada y una bobina de alambre imantado que rodea dicha barra imantada, en el que la bobina de alambre imantado de cada una de dichas tres o más estructuras es una bobina de alambre imantado compuesta que comprende un número de bobinas más pequeñas mecánicamente individuales (W1, W2, W3, ...Wn) que están conectadas eléctricamente en conjunto para formar la bobina de alambre imantado completa. Dicha conexión eléctrica de las bobinas más pequeñas individuales (W1, W2, W3, ... Wn) puede ser una conexión en serie, que asegura que una misma corriente está fluyendo a través de todas las bobinas. Sin embargo, preferentemente, dicha conexión eléctrica de las bobinas más pequeñas individuales (W1, W2, W3, ... Wn) es una conexión paralela, que tiene la ventaja de disminuir la capacidad de inducción total, de modo que las bobinas se pueden dirigir tranquilamente con corriente alterna a frecuencia más elevada. La Fig. 9B representa un ejemplo de esta realización, en el que la bobina de alambre imantado (7c) está formada por cuatro bobinas de alambre imantado individuales (7c', 7c'', 7c''', 7c''') conectadas en una disposición en paralelo.

Las bobinas de alambre imantado y las piezas polares preparadas a partir de material de alta saturación, baja coercitividad se tiene que dimensionar de forma independiente con el fin de producir un campo magnético dinámico de suficiente fuerza en la dirección z a la vez que se mantiene la producción de calor debido a la resistencia de la bobina en límites tolerables. Esto requiere una cantidad cifra elevada de material de alta saturación, baja coercitividad, tal como hierro magnético blando o silicio hierro, es decir, piezas polares de dimensiones bastante grandes. Las bobinas de alambre imantado que se describen en el presente documento están preparadas preferentemente a partir de una o más capas ajustadas de alambre imantado convencional que tiene un núcleo de cobre o aluminio y una o más capas de aislamiento enrolladas alrededor del soporte de la barra imantada o alrededor de las piezas polares opcionales. Preferentemente, el alambre imantado es del tipo "autounión", que significa que las capas de aislamiento se cubren con una capa de adhesivo termoplástico que se puede activar con calor (aire caliente u horno) o con disolventes apropiados. Esto permite la producción de bobinas de alambre imantado de autopermanencia mediante una simple cocción o exposición a disolvente después de su enrollamiento sobre un soporte apropiado. La barra imantada y el soporte/pieza polar opcionales a continuación se insertan en las bobinas de alambre imantado, que se conectan eléctricamente de modo que colaboran para producir el componente z del campo magnético dinámico (**H<sub>z</sub>**). En las figuras, el sentido de la conexión de las bobinas se indica con los signos (+) y (-).

De acuerdo con una realización, el montaje de cilindro de Halbach comprende más de cuatro estructuras, tal como por ejemplo seis u ocho estructuras, cada una de dichas estructuras comprendiendo una barra imantada rodeada

con una bobina de alambre imantado. El aumento del número de dichas estructuras generalmente mejora el volumen de la zona del campo magnético homogéneo dentro del montaje de cilindro de Halbach a la vez que se reduce la accesibilidad a su interior. Las Figs. 12A y 12B muestran simulaciones de campo magnético para las realizaciones con cuatro y ocho barras imantadas respectivamente. A partir de estas figuras se puede observar la

5 homogeneidad del campo magnético en el interior de los montajes de cilindro de Halbach. Las simulaciones en campo magnético se han realizado con el software Vizimag 3.19.

Los métodos para producir la OEL que se describe en el presente documento comprenden una etapa de curar al menos parcialmente la composición de revestimiento curable por radiación con el fin de fijar/congelar la orientación y

10 posición de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en la composición de revestimiento curable por radiación. Por "curar al menos parcialmente la composición de revestimiento curable por radiación", se hace referencia a que la etapa de curado puede no ser completa cuando la composición de revestimiento sale del montaje de cilindro de Halbach. La etapa de curar al menos parcialmente la composición de

15 revestimiento curable por radiación debería ser suficiente de modo que la composición de revestimiento curable por radiación alcanza una viscosidad lo suficientemente elevada como para asegurar que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta no pierden completa o parcialmente su orientación durante y/o después de que la composición de revestimiento haya salido del montaje de cilindro de Halbach. La etapa de curar al menos parcialmente la composición de revestimiento curable por radiación se puede completar a continuación pasando la composición curable por radiación bajo una unidad de curado adicional opcional, hacia abajo con

20 respecto al montaje de cilindro de Halbach.

La etapa de curado c) se realiza usando una unidad de curado mientras que el sustrato que lleva la composición de revestimiento curable por radiación todavía está dentro del montaje de cilindro de Halbach, es decir, la etapa de curado al menos parcial se realiza de forma parcialmente simultánea o de forma simultánea con la etapa de

25 orientación biaxial de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta. Esto evita cualquier alteración de la orientación conseguida cuando el sustrato sale de la región del campo magnético homogéneo del montaje de cilindro de Halbach. La expresión "de forma parcialmente simultánea" como se usa en el presente documento indica que dos etapas se realizan en parte de forma simultánea, es decir, los tiempos de realización de cada una de las etapas se superponen parcialmente. En el contexto que se describe en el presente

30 documento, cuando el curado se realiza de forma parcialmente simultánea con la etapa de orientación biaxial, se debe entender que el curado se hace más eficaz después de la orientación de modo que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orientan antes del curado completo de la OEL.

Como se muestra en las Figs. 8, 11A y 11B, la unidad de curado (16) se coloca preferentemente en el mismo lado del sustrato (11) como la composición de revestimiento curable por radiación (12), en la parte fronteriza de la región del montaje de cilindro de Halbach (9) en la que el campo magnético dipolar ( $H_{xy}$ ) es homogéneo, opuesta al lado en el que el sustrato (11) entra en el montaje de cilindro de Halbach (9).

35

Como alternativa, y como se describe en la solicitud de Patente Europea N.º 14178901.6 todavía no publicada, la etapa de curado se puede realizar a través del sustrato, con la condición de que el sustrato sea lo suficientemente transparente para al menos parte del espectro de emisión de la radiación. Por "suficientemente transparente", se hace referencia a que el sustrato presenta una transmisión de radiaciones electromagnéticas de al menos un 4 %, preferentemente al menos un 8 % a una o más longitudes de onda del espectro de emisión de la fuente de radiación en el intervalo de 200 nm a 500 nm. En este caso, y como se muestra en las Figs. 10 y 11C, la unidad de curado

40 (16) se coloca por debajo del sustrato (11) que lleva la composición de revestimiento curable por radiación (12), con la condición de que dicho sustrato (11) sea lo suficientemente transparente a la longitud de onda de la fuente de irradiación usada en la unidad de curado para asegurar un curado suficiente de la composición de revestimiento curable por radiación (12).

45

Con este objeto, el dispositivo que se describe en el presente documento comprende una unidad de curado (16), en el que dicha unidad de curado (16) permite una irradiación con una fuerza suficiente como para inducir al menos un curado parcial de la composición de revestimiento curable por radiación, y en este acto a aumentar su viscosidad de modo que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas ya no cambian su orientación y posición. Un curado completo se puede conseguir a través de una etapa de curado posterior,

50 mediante paso de la composición curable por radiación a través de una unidad de curado opcional adicional colocada hacia abajo con respecto al montaje de cilindro de Halbach.

55

La unidad de curado (16) que se describe en el presente documento comprende preferentemente una o más lámparas de UV. Dicha una o más lámparas de UV se seleccionan preferentemente entre el grupo que consiste en lámparas de UV de Diodo emisor de luz (LED), lámparas de arco de descarga (tal como una lámpara de arco de mercurio de presión media (MPMA) o una lámpara de arco de metal-vapor), lámparas de mercurio y combinación de las mismas. Adicionalmente, una o más lámparas de UV se pueden colocar fuera del montaje de cilindro de Halbach y se pueden equipar como una guía de onda que dirige la irradiación hacia uno o del otro lado del sustrato que lleva la composición de revestimiento curable por radiación, dependiendo de las realizaciones que se han descrito

60 anteriormente en el presente documento. Cuando una o más de las lámparas de UV se colocan dentro del montaje de cilindro de Halbach, son preferentes las lámparas de UV de LED potentes y de bajo volumen debido a

65

limitaciones de espacio. Dado que las lámparas de UV de LED tienen diferentes características espectrales en comparación con las lámparas de UV de mercurio y, como sabe la persona con experiencia en la materia, la composición de revestimiento curable por radiación se tiene que modificar en consecuencia. Especialmente, los fotoiniciadores y los monómeros y oligómeros reactivos se tienen que adaptar a la longitud de onda más larga (generalmente de aproximadamente 385 nm) y banda de emisión más estrecha (generalmente +/- 20 nm) de las lámparas de UV de LED.

La unidad de curado (16) comprende preferentemente una matriz de LEDs de Potencia de UV o luz azul, dicha matriz siendo montada directamente dentro del montaje de cilindro de Halbach (9), o su radiación se guía a través de un sistema de guía de radiación (por ejemplo, un dispositivo de fibra óptica) a partir de una fuente apropiada de UV o luz azul fuera del montaje de cilindro de Halbach (9) con respecto a la posición apropiada sobre el sustrato.

La presente invención proporcionará adicionalmente un proceso para producir una OEL sobre un sustrato, dicha OEL comprendiendo un motivo formado por un primer patrón y un segundo patrón que es adyacente al primer patrón, dicho motivo estando formado por la composición de revestimiento curable por radiación que se describe en el presente documento. El motivo que se describe en el presente documento comprende a) un primer patrón en el que al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orientan con el fin de seguir una orientación orientar biaxial, en particular la al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta i) tienen sus ejes mayor y menor esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, o ii) tienen su eje mayor a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del sustrato y su eje menor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato y b) un segundo patrón en el que al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orientan con el fin de seguir una orientación que es diferente de la orientación de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del primer patrón y siguen cualquier orientación excepto una orientación aleatoria. La orientación magnética de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón se puede realizar exponiendo dichas partículas pigmentarias a un campo magnético dinámico de un dispositivo generador de campo magnético o exponiendo dichas partículas pigmentarias a un campo magnético estático de un dispositivo generador de campo magnético, dependiendo del patrón de orientación requerido. La orientación magnética de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón que se describe en el presente documento se realiza posteriormente a la orientación de las partículas pigmentarias y al menos el jurado parcial del primer patrón, es decir, la segunda etapa de orientación magnética se realiza después de que el sustrato haya salido del montaje de cilindro de Halbach.

Un proceso de ese tipo comprende las etapas de:

- a) aplicar sobre una superficie del sustrato que se describe en el presente documento la composición de revestimiento curable por radiación que comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento, dicha composición curable por radiación estando en un primer estado,
- b) exponer el motivo formado por la composición de revestimiento curable por radiación a un campo magnético dinámico de un montaje magnético que comprende un montaje de cilindro de Halbach que comprende cualquiera de i) tres o más barras imantadas y una sola bobina de alambre imantado rodeando dicho montaje, o ii) tres o más barras imantadas, una pieza polar que incluye dicho montaje y que comprende dos polos que se enfrentan a dicho montaje, cada polo estando rodeado por una bobina de alambre imantado, o iii) tres o más estructuras, cada una de dichas tres o más estructuras comprendiendo una barra imantada y una bobina de alambre imantado que rodea dicha barra imantada tal como las que se describen en el presente documento, con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, dichas tres o más barras imantadas estando transversalmente imantadas,
- c) curar al menos parcialmente el primer patrón del motivo formado por la composición de revestimiento curable por radiación de la etapa b) hacia un segundo estado con el fin de fijar las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del primer patrón en sus posiciones y orientaciones adoptadas, dicha etapa c) siendo realizada de forma parcialmente simultánea o de forma simultánea con la etapa b), en el que la etapa de curado parcial se realiza con una unidad de curado que comprende una fotomáscara de modo que el segundo patrón no se expone a la irradiación,
- d) exponer el motivo formado por la composición de revestimiento curable por radiación de la etapa c), en el que el segundo patrón está en un primer estado debido a la presencia de la fotomáscara en la etapa c), al campo magnético de un dispositivo que genera campo magnético orientando de ese modo al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón con el fin de seguir una orientación que es diferente de la orientación de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del primer patrón y seguir cualquier orientación excepto una orientación aleatoria, y
- e) curado de forma simultánea, parcialmente simultánea o posteriormente de la composición curable por radiación hacia un segundo estado con el fin de fijar las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en sus posiciones y orientaciones adoptadas.

Con el objeto de producir las OEL que comprenden el motivo formado por el primer patrón y el segundo patrón que

se describe en el presente documento, el uso durante la etapa c) de la unidad de curado que comprende una fotomáscara permite un jurado selectivo de la composición de revestimiento curable por radiación en una o más posiciones determinadas previamente. Cuando la composición de revestimiento curable por radiación sale del montaje de cilindro de Halbach, el segundo patrón formado por la composición de revestimiento curable por radiación que no se ha expuesto a la unidad de curado comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en un estado orientado no fijo o no congelado. Por lo tanto dichas partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se pueden orientar y fijar adicionalmente en una etapa posterior. La orientación posterior es diferente de la orientación de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del primer patrón y es cualquier orientación excepto una orientación aleatoria. La orientación deseada de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta obtenida por su exposición a la etapa de orientación posterior se elige de acuerdo con las aplicaciones de uso final.

Por una orientación diferente, se hace referencia a que la al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón sigue:

- i) un patrón de orientación completamente diferente, o
- ii) una orientación biaxial que es diferente de la orientación biaxial del primer patrón tal como por ejemplo a) el primer patrón comprende partículas pigmentarias que tienen sus ejes mayor y menor esencialmente paralelos a la superficie del sustrato y b) el segundo patrón comprende partículas pigmentarias que tienen su eje mayor dentro del plano X-Y a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del sustrato y su eje menor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato.

Los ejemplos habituales de patrones de orientación diferentes de la orientación biaxial que se describen en el presente documento y que son adecuados para el segundo patrón se han descrito anteriormente en el presente documento. La OEL conocida como efectos de rotación de 180 grados (también denominada la técnica como efecto de intercambio) se puede producir. Los efectos de rotación de 180 grados incluyen una primera parte impresa y una segunda parte impresa separadas por una transición, en la que las partículas pigmentarias en forma de plaqueta se alinean en paralelo un primer plano en la primera parte y partículas pigmentarias en forma de plaqueta en la segunda parte se alinean en paralelo a un segundo plano. Los métodos para producir efectos de rotación de 180 grados se desvelan por ejemplo en los documentos EP 1 819 525 B1 y EP 1 819 525 B1. También se pueden producir efectos ópticos conocidos como efectos de barra rodante. Los efectos de barra rodante muestran una o más bandas de contraste que parece que se mueven ("se enrollan") a medida que la imagen se inclina con respecto al ángulo de visión, dichos efectos ópticos se basan en una orientación específica de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables, dichas partículas de pigmento siendo alineadas de una manera curvada, ya sea siguiendo una curvatura convexa (también denominada en la técnica orientación curvada negativa) o un curvatura cóncava (también denominada la técnica la orientación curvada positiva). Por ejemplo en los documentos EP 2 263 806 A1, EP 1 674 282 B1, EP 2 263 807 A1, WO 2004/007095 A2 y WO 2012/104098 A1 se desvelan métodos para producir efectos de barra rodante. También se pueden producir efectos ópticos conocidos como efectos de persiana veneciana. Los efectos de persiana veneciana incluyen partículas de pigmento que se orientan de modo que, a lo largo de la dirección de observación específica, proporcionan visibilidad a una superficie de sustrato subyacente, de modo que los indicios u otras características presentes sobre o en la superficie del sustrato se hacen aparentes para el observador a la vez impiden la visibilidad a lo largo de otra dirección de observación. Los métodos para producir efectos de persiana veneciana se desvelan por ejemplo en los documentos US 8.025.952 y EP 1 819 525 B1. También se pueden producir efectos ópticos conocidos como efectos de anillo en movimiento. Los efectos de anillo en movimiento consisten en imágenes ópticamente engañosas de objetos tales como embudos, conos, cuencos, círculos, elipses, y hemisferios que parece que se mueven en cualquier dirección x-y dependiendo del ángulo de inclinación de la OEL. Por ejemplo en los documentos EP 1 710 756 A1, US 8.343.615, EP 2 306 222 A1, EP 2 325 677 A2, WO 2011/092502 A2 y US 2013/084411 se desvelan métodos para producir efectos de anillo en movimiento.

El dispositivo que genera campo magnético usado para la orientación magnética de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón recorrer adicionalmente una placa magnética grabada tal como las que se desvelan por ejemplo en los documentos WO 2005/002866 A1 y WO 2008/046702 A1. Una placa grabada de ese tipo se puede formar a partir de hierro. Como alternativa, una placa grabada de ese tipo se puede formar a partir de un material de plástico en el que se dispersa partículas magnéticas (tal como por ejemplo Plastroferrita). En este sentido, el efecto óptico del segundo patrón se puede cubrir con un patrón de línea fina magnéticamente inducida, tal como un texto, una imagen o un logotipo.

Una orientación biaxial realizará de modo que al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón i) tengan sus ejes mayor y menor esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, o ii) tengan su eje mayor a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del sustrato y su eje menor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato se puede obtener usando un montaje de cilindro de Halbach tal como las que se describen en el presente documento. En tal caso, la etapa de curado al menos parcial e) se realiza de forma parcialmente simultánea o simultáneamente con la etapa d).

Como alternativa, una orientación biaxial se puede realizar de modo que al menos una parte de las partículas

pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón i) tengan sus ejes mayor y menor esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, ii) que tengan su eje mayor a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del sustrato y su eje menor esencialmente paralelo al sustrato o iii) tengan sus ejes mayor y menor paralelos a una superficie esferoide imaginaria. La orientación biaxial de ese tipo se puede realizar usando un dispositivo que genera campo magnético tal como los que se desvelan en los documentos EP 2 157 141 A1, US 4.859.495 y Z.Q. Zhu y D. Howe (Halbach permanent magnet machines and applications: a review, IEE. Proc. Electric Power Appl., 2001, 148, p. 299-308), US 2007/0172261 o la solicitud de patente europea relacionada 13 195 717.7.

El dispositivo que genera campo magnético que se desvela en el documento EP 2 157 141 A1 proporciona un campo magnético dinámico que cambia su dirección forzando las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta a que oscilan rápidamente hasta que sus ejes mayor y menor se hagan esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, es decir, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta rotan hasta que llegan a la formación similar a una lámina estable con sus ejes mayor y menor paralelos a la superficie del sustrato y se hacen planas en dichas dos dimensiones. Como se muestra en la Figura 5 del documento EP 2 157 141 A1, el dispositivo que genera campo magnético comprende una disposición lineal de al menos tres imanes que se colocan de una forma escalonada o en formación de zigzag, dichos al menos tres imanes estando en lados opuestos de una vía de alimentación en la que los imanes en el mismo lado de la vía de alimentación tienen la misma polaridad, que se opone a la polaridad del imán o imanes en el lado opuesto (de la vía de alimentación de una forma escalonada. La disposición de los al menos tres imanes proporciona un cambio determinado previamente de la dirección del campo como partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en una composición de revestimiento (se mueven con los imanes (dirección de movimiento: flecha). El dispositivo que genera campo magnético que se desvela comprende a) un primer imán y un tercer imán en un primer lado de una vía de alimentación y b) un segundo imán entre el primer y tercer imanes en un segundo lado opuesto de la vía de alimentación, en el que el primer y tercer imanes tienen una misma polaridad y en el que el segundo imán tiene una polaridad complementaria a la del primer y tercer imanes. Como alternativa y como se muestra en la Figura 5 del documento EP 2 157 141 A1, el primer dispositivo que genera campo magnético puede comprender adicionalmente cuatro imanes en el mismo lado de la vía de alimentación que el segundo imán, que tiene la polaridad del segundo imán y complementaria a la polaridad del tercer imán. Como se describe en el documento EP 2 157 141 A1, el dispositivo que genera campo magnético puede estar por debajo del revestimiento que comprende las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, o por encima y por debajo. Como alternativa, el dispositivo que genera campo magnético puede comprender una disposición de rodillos como se muestra en la Figura 9 del documento EP 2 157 141 A1, es decir, el dispositivo que genera campo magnético comprende dos ruedas escalonadas que tienen imanes en las mismas, los imanes teniendo la misma configuración escalonada que las que se han descrito anteriormente en el presente documento.

El documento US 4.859.495 desvela un dispositivo que genera campo magnético que comprende cualquiera de los pares de Helmholtz que se colocan en un ángulo recto entre sí (Fig. 2), o dos placas conductoras (Fig. 3) tales como, por ejemplo, placas de cobre que se colocan por encima y por debajo de la vez en movimiento, cada uno de los pares de bobinas de Helmholtz o de las placas conductoras siendo dirigidos con una corriente a 90° fuera de fase con la corriente dirigida al otro par de bobinas de Helmholtz o a la otra placa conductora, estuvo produciendo un campo magnético de rotación que no tiene componente vertical y solo componentes en el plano de la red. Dicho campo magnético en rotación obliga a que las partículas magnéticas de la composición de pintura se alinean perpendicularmente a los componentes del campo, es decir, a un ángulo de 90° con la red. Por extensión, el dispositivo que genera campo magnético que se desvela en el documento US 4.859.495 se puede usar para alinear partículas magnéticas en cualquier dirección dada, proporcionando componentes de campo magnético que permanecen solo en el plano perpendicular a dicha dirección dada.

Los dispositivos alternativos que generan campo magnético para la orientación biaxial de al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón son de matrices de Halbach de imán permanente lineal, es decir, montajes que comprenden una pluralidad de imanes con diferentes direcciones de imantación. La descripción detallada de imanes permanentes de Halbach fue dada por Z.Q. Zhu y 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 ese tipo tiene las propiedades de que se concentran un lado mientras que se debilita casi hasta cero en el otro lado. Generalmente, las matrices de Halbach de imán lineal permanente comprenden uno o más bloques no magnéticos preparados por ejemplo a partir de madera o plástico, en particular plásticos conocidos por presentar buenas propiedades de autolubricación y resistencia al desgarro tales como resinas de poliacetal (también con denominado polioximetileno, POM), e imanes tales como imanes de Neodimio-Hierro-Boro (NdFeB).

Los dispositivos alternativos que generan campo magnético para orientar biaxialmente al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón son imanes giratorios, dichos imanes comprendiendo imanes giratorios en forma de disco o conjuntos de imanes que se imantan esencialmente a lo largo de su diámetro. Los imanes giratorios o conjuntos de imanes adecuados se describen en el documento US 2007/0172261, dichos imanes giratorios o conjuntos de imanes generan campos magnéticos

variables con el tiempo radialmente simétricos, lo que permite la bi-orientación de partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta de una composición de revestimiento todavía no curada. Estos imanes o conjuntos de imanes están dirigidos por un eje (o huso) conectado a un motor externo. Como alternativa, dichos imanes o conjuntos de imanes son imanes conjuntos de imanes giratorios en forma de disco sin eje confinados en una carcasa formada a partir de materiales no magnéticos, preferentemente no conductores y están dirigidos por una o más bobinas de alambre imantado enrolladas alrededor de la carcasa. Opcionalmente, uno o más elementos de efecto Hall se colocan a lo largo de la carcasa de modo que son capaces de detectar el campo magnético generado por el imán o conjunto de imanes giratorios y para dirigir de forma apropiada la una o más bobinas de alambre imantado con corriente eléctrica. Los imanes o conjuntos de imanes giratorios de ese tipo sirven de forma simultánea como el rotor de un motor eléctrico y como medio de orientación para partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta de una composición de revestimiento todavía no curada. En este sentido, es posible limitar el mecanismo de dirección del dispositivo a las partes estrictamente necesarias y reducir su tamaño en gran medida. El dispositivo que genera campo magnético puede estar por debajo de la capa que comprende las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta o al lado de dicha capa. La descripción detallada de tales dispositivos se proporciona en la solicitud de patente europea relacionada 13 195 717.7.

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, la unidad de curado usada en la etapa b) comprende una fotomáscara de modo que el segundo patrón no se expone a la irradiación. En una realización que se representa en la Fig 11A, la unidad de curado (16) está equipada con una fotomáscara de pantalla estacionaria (18a), que permite un curado selectivo de la composición de revestimiento curable por radiación (12) en una o más posiciones determinadas previamente de dicha composición curable por radiación (12) como se ha descrito anteriormente en el presente documento. Cuando la composición de revestimiento curable por radiación sale del montaje de cilindro de Halbach (9), la una o más posiciones determinadas previamente de dicha composición de revestimiento que no se han expuesto a irradiación por la unidad de curado (16) comprende partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en un estado orientado no fijo o no congelado. Por lo tanto, las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se pueden orientar y fijar o congelar en una etapa de orientación posterior proporcionada por un dispositivo adicional que genera campo magnético y unidad de curado colocada hacia abajo con respecto al montaje de cilindro de Halbach.

En otra realización representada en la Fig. 11B, la unidad de curado (16) está equipada con una fotomáscara de pantalla en movimiento (18b), que preferentemente se mueve en sincronía con la composición de revestimiento curable por radiación (12) a través del montaje de cilindro de Halbach (9). Una fotomáscara de pantalla en movimiento (18b) de ese tipo permite un curado selectivo más preciso y más completo de la composición de revestimiento curable por radiación en una o más posiciones determinadas previamente de la composición de revestimiento curable por radiación (12), ya que sigue a dicha composición de revestimiento (12) en una posición relativamente estacionaria bajo la unidad de curado (16). En esta disposición, dicha fotomáscara de pantalla en movimiento (18b) se puede usar como una correa que gira de modo que permanece en sincronía con la composición de revestimiento curable por radiación (12) que se mueve a través del montaje de cilindro de Halbach (9). Opcionalmente, la fotomáscara de pantalla en movimiento (18b) se puede incorporar con una correa cerrada flexible.

En otra realización representada en la Fig. 11C, la unidad de curado (16) y la fotomáscara de pantalla en movimiento (18b) se colocan en oposición a la composición de revestimiento curable por radiación (12) en el otro lado del sustrato (11), y la etapa de curador se realiza a través del sustrato (11), con la condición de que dicho sustrato (11) sea lo suficientemente transparente, como se ha explicado anteriormente en el presente documento. En una disposición de ese tipo, la fotomáscara de pantalla en movimiento (18b) se puede incorporar como una correa que al mismo tiempo soporta el sustrato (11) a través del montaje de cilindro de Halbach (9). Esto tiene la ventaja de que la fotomáscara de pantalla en movimiento (18b) está muy cerca de la composición de revestimiento curable por radiación (12), la distancia entre dicha fotomáscara en movimiento (18b) y dicha composición de revestimiento de curado por radiación (12) siendo simplemente el grosor del sustrato (11). Esto da como resultado un curado particularmente preciso de la composición de revestimiento curable por radiación en una o más posiciones determinadas previamente. Como se ha explicado anteriormente en el presente documento, cuando sale del montaje de cilindro de Halbach, la composición de revestimiento curable por radiación todavía contiene partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en un estado orientado no fijo no congelado, que se puede orientar siguiendo un patrón de orientación deseado en una exposición posterior con respecto al campo magnético de una etapa de orientación magnética con dispositivo que genera campo magnético y se puede fijar o congelar en su orientación y posición en una etapa de curado posterior, hacia abajo con respecto al montaje de cilindro de Halbach.

En el presente documento también se describen dispositivos para producir una OEL tal como los que se describen en el presente documento sobre el sustrato que se describe en el presente documento, dicha OEL comprendiendo las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se pueden orientar biaxialmente en la composición de revestimiento curable por radiación curada tal como se describe en el presente documento, dicho dispositivo comprendiendo a) el montaje de cilindro de Halbach tal como los que se describen en el presente documento y b) una unidad de curado tal como las que se describen en el presente documento.

El dispositivo que se describe en el presente documento comprende preferentemente al menos una unidad de alimentación que alimenta al sustrato que se describe en el presente documento en forma de una red o escamas. El dispositivo que se describe en el presente documento comprende preferentemente un elemento de soporte de sustrato y/o un elemento de guía de sustrato tal como por ejemplo rodillos o medios de soporte equivalentes para soportar el sustrato. El sustrato se puede alimentar ya sea de forma continua o discontinua, dependiendo del equipo de impresión que se esté usando.

Si la OEL que se describe en el presente documento estuviera preparada con una sola composición curable por radiación tal como las que se describen en el presente documento y que comprenden un motivo formado por un primer patrón y un segundo patrón que es adyacente al primer patrón como se describe en el presente documento, el dispositivo que se describe en el presente documento comprende una unidad de curado que comprende una fotomáscara tal como las que se describen en el presente documento. Dicha fotomáscara se presenta en la forma de una fotomáscara de pantalla fija o una fotomáscara de pantalla en movimiento, como se ha descrito anteriormente en el presente documento. En tal caso, el dispositivo que se describe adicionalmente comprende, hacia abajo con respecto al montaje de cilindro de Halbach, una segunda unidad de orientación y una segunda unidad de curado. Opcionalmente, una tercera unidad de curado se puede colocar hacia abajo con respecto a la segunda unidad de curado, para un curado completo.

Como se ha mencionado anteriormente, la composición curable por radiación se aplica preferentemente mediante un proceso de impresión seleccionado preferentemente entre el grupo que consiste en serigrafía, impresión de huecograbado, impresión flexográfica, impresión por inyección de tinta e impresión en relieve (también denominada en la técnica grabado mediante impresión en placa de cobre y grabado mediante impresión con troquel de acero), seleccionado más preferentemente entre el grupo que consiste en serigrafía, impresión de huecograbado e impresión flexográfica. En consecuencia, el dispositivo que se describe en el presente documento comprende preferentemente una unidad de impresión, preferentemente una unidad de serigrafía, una unidad de impresión de huecograbado, una unidad de impresión flexográfica, una unidad de impresión por inyección de tinta o una unidad de impresión en relieve y más preferentemente una unidad de serigrafía, una unidad de impresión de huecograbado o una unidad de impresión flexográfica. El sustrato se puede alimentar a la unidad de impresión ya sea de forma continua (como por ejemplo en una unidad de serigrafía giratoria) o de forma discontinua (como por ejemplo en una unidad de serigrafía de lecho plano).

Con el objetivo de aumentar la durabilidad a través de acondicionamiento o resistencia química y limpieza y por lo tanto el periodo de duración en circulación de un artículo, un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo que comprende la OEL que se describe en el presente documento, o con el objeto de modificar su aspecto estético (por ejemplo, grillo óptico), una o más capas protectoras se puede aplicar en la parte superior de la OEL. Cuando están presentes, la una o más capas protectoras generalmente están formadas por barnices protectores. Estos pueden ser transparentes o ligeramente coloreados o teñidos y pueden ser más o menos brillantes. Los barnices protectores pueden ser composiciones curables por radiación, composiciones de secado térmico o cualquier combinación de las mismas. Preferentemente, la una o más capas protectoras son composiciones curables por radiación, más preferentemente composiciones curables por UV-Vis. Las capas protectoras se pueden aplicar después de la formación de la OEL.

La OEL que se describe en el presente documento se puede proporcionar directamente sobre un sustrato sobre el cual quedara permanentemente (tal como para aplicaciones en papel moneda). Como alternativa, una OEL también se puede proporcionar en un sustrato temporal con fines de producción, a partir del cual la OEL se elimina posteriormente. Esto puede facilitar por ejemplo la producción de la OEL, en particular cuando el material aglutinante todavía está en su estado fluido. A partir de ese momento, el sustrato temporal se puede eliminar de la OEL. Por supuesto, en tales casos la composición de revestimiento curable por radiación debe estar en una forma que sea físicamente integral después de la etapa de curado. De ese modo, se puede proporcionar un material transparente y/o translúcido similar a una película que consiste en la OEL como tal (es decir, que consiste esencialmente en partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas, aglutinante curado para fijar las partículas de pigmento en su orientación y formación de un material similar a una película, tal como una película de plástico, y además componentes opcionales).

Como alternativa, una capa adhesiva puede estar presente sobre la OEL o puede estar presente sobre el sustrato que comprende una OEL, dicha capa adhesiva estando sobre el lado del sustrato en el lado opuesto en el que se proporciona la OEL o sobre el mismo lado que la OEL y en la parte superior de la OEL. Por lo tanto una capa adhesiva se puede aplicar a la OEL o al sustrato. En tales casos, se puede formar una etiqueta adhesiva que comprende la capa adhesiva y la OEL o una capa adhesiva, la OEL y el sustrato si fuera el caso. Una etiqueta de ese tipo se puede unir a todos los tipos de documentos u otros artículos o productos sin impresión u otros procesos que impliquen maquinaria y esfuerzo bastante elevado.

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

documento de seguridad o el elemento u objeto decorativo, puede comprender una primera OEL y una segunda OEL, en el que ambas están presentes en el mismo lado del sustrato o en el que una está presente en un lado del sustrato y la otra está presente en el otro lado del sustrato. Si se proporcionan en el mismo lado del sustrato, la primera y la segunda OEL pueden ser adyacentes o no adyacentes entre sí. Además o como alternativa, una de las OEL se puede superponer parcial o totalmente a la otra OEL.

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, las OEL producidas de acuerdo con la presente invención se pueden usar para fines decorativos así como para proteger y autentificar un documento de seguridad. Los ejemplos habituales de elementos u objetos decorativos incluyen, pero no se limitan, artículos de lujo, envase cosmético, partes de automóvil, dispositivos electrónicos/eléctricos, mobiliario y lacas para uñas.

Los documentos de seguridad incluyen, pero no se limitan a, documentos de valor y mercancías comerciales de valor. Los ejemplos habituales de documentos de valor incluyen, pero no se limitan a, papel moneda, escrituras, tickets, cupones, timbres fiscales y etiquetas de impuestos, acuerdos y similares, documentos de identidad tales como pasaportes, documentos de identidad, visados, permisos de conducir, tarjetas bancarias, tarjetas de crédito, tarjetas de transacciones, documentos o tarjetas de acceso, tickets de entrada, tickets o billetes de transporte público y similares, preferentemente papel moneda, documentos de identidad, documentos que confieren derechos, permisos de conducir y tarjetas de crédito. La expresión "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 alimentarios, artículos eléctricos/electrónicos, telas o joyas, es decir, artículos que se deben proteger contra la falsificación y/o reproducción ilegal para garantizar el contenido del envase tal como por ejemplo fármacos auténticos. Los ejemplos de estos materiales de envasado incluyen, pero no se limitan a, etiquetas, como etiquetas de marca de autentificación, etiquetas de evidencia de manipulación y sellos. Se señala que los sustratos, documentos de valor y mercancías comerciales de valor que se desvelan se proporcionan exclusivamente con fines ilustrativos, sin limitar el alcance de la invención. Como alternativa, la OEL se puede producir sobre un sustrato auxiliar tal como, por ejemplo, un hilo de seguridad, banda de seguridad, una lámina, una calcomanía, una ventana o una etiqueta y, en consecuencia, se puede transferir a un documento de seguridad en una etapa separada. La persona con experiencia puede prever varias modificaciones a las realizaciones específicas que se han descrito anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención. Tales modificaciones están incluidas en la presente invención.

La presente invención se describirá a continuación a modo de Ejemplos, que sin embargo no pretenden limitar su alcance en modo alguno.

**EJEMPLO**

El ejemplo se ha realizado usando la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV de la fórmula que se proporciona en la Tabla 1 que sigue a continuación.

40

Tabla 1

Oligómero de epoxiacrilato	28 %
Monómero de triacrilato de trimetilolpropano	19,5 %
Monómero de diacrilato de tripropilenglicol	20 %
Genorad 16 (Rahn)	1 %
Aerosil 200® (Evonik)	1 %
Speedcure TPO-L (Lambson)	2 %
Irgacure® 500 (BASF)	6 %
Genocure EPD (Rahn)	2 %
BYK®-371 (BYK)	2 %
Tego Foamex N (Evonik)	2 %
partículas pigmentarias magnéticas ópticamente variables de 7 capas en forma de plaqueta (*)	16,5 %
(*) partículas pigmentarias magnéticas ópticamente variables de oro a verde que tienen un diámetro de 19 µm y un grosor de 1 µm, obtenidas en JDS-Uniphase, Santa Rosa, CA.	

Un montaje de cilindro de Halbach que se representa en la Fig. 13 se usó para orientar las partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaqueta en la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV que se describe en la Tabla 1. Dicho montaje de cilindro de Halbach estaba formado por:

- i) un soporte (19) preparado a partir de POM (polioximetileno) que tiene las dimensiones 115 x 90 x 10 mm;
- ii) una placa posterior (20) preparada a partir de POM, que se pega perpendicularmente al soporte (19) y que tiene las dimensiones 70 x 70 x 10 mm;
- 5      iii) cuatro estructuras, cada una comprendiendo una barra imantada y una bobina de alambre imantado alrededor de dicha barra imantada, las cuatro estructuras siendo colocadas en un cuadrado de 40 x 40 mm, las direcciones de imantación individuales de las barras imantadas siendo colocadas con el fin de construir un montaje de cilindro de Halbach; cada estructura comprendiendo:
- 10      a) una bobina de alambre imantado (21) que tiene 450 vueltas de un alambre de cobre aislado con laca de 0,5 mm fijado sobre
- b) un soporte de bobina largo de 20 mm de diámetro / 40 mm de longitud (22) formado a partir de POM,
- 15      c) una barra imantada (23) formada a partir de  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  y que tiene las dimensiones 3 x 5 x 64 mm, con imantación transversal, es decir, que tienen su dirección  $\text{N} \rightarrow \text{S}$  a lo largo del eje corto (3 mm), y
- d) dos piezas polares de hierro (24) formadas a partir de hierro puro (suministrado por ARMCO), que tienen las dimensiones 1 x 5 x 64 mm, y que se pegan sobre los polos N y S de la barra imantada (23), a la vez que se las mantiene mecánicamente en una posición centrada;
- 20

iv) un soporte de sustrato (25) de dimensiones 115 x 70 x 2 mm, dicho soporte siendo colocado con el fin de desplazarse a través del centro de dicho montaje de cilindro de Halbach, en un plano especular entre cada dos pares de estructuras.

25

Las barras imantadas (23) tienen una dirección de imantación perpendicular al soporte de sustrato (25), su polo Sur siendo indicado en color negro y su polo Norte siendo indicado en color gris claro. El campo magnético dipolar  $\mathbf{H}_{xy}$  resultante permanece en el plano del soporte de sustrato (25).

30 El campo magnético  $\mathbf{H}_{xy}$  generado por las barras imantadas (23) de las estructuras se midió con una sonda Hall calibrada en el centro del soporte de sustrato (25) y aumentada a 18 mT en la dirección x, y a cero en las direcciones ortogonales a la misma (z e y). Después de la aplicación de una corriente DC de 1 A de la misma dirección a las cuatro bobinas de alambre imantado (21) de las estructuras, un componente z  $\mathbf{H}_z$  dinámico adicional al campo magnético de 5,4 mT se midió en el centro del soporte de sustrato (25). Por lo tanto, la aplicación de una corriente AC de 3 A de pico a pico con respecto a las cuatro bobinas de alambre imantado produjo un campo magnético dinámico en la dirección z ( $\mathbf{H}_z$ ), que tenía una fuerza similar a la del campo magnético estacionario en la dirección x ( $\mathbf{H}_{xy}$ ), y por lo tanto dio como resultado un movimiento oscilatorio de las partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaqueta de aproximadamente  $\pm 45^\circ$ .

35

40 Una gota de la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV que se describe en la Tabla 1 se aplicó sobre un portaobjetos del microscopio y se extendió mecánicamente sobre una superficie de aproximadamente 2  $\text{cm}^2$ . Una imagen de la superficie resultante de la composición de revestimiento se tomó usando una lente telecéntrica de aumento con una iluminación en el eje. Dado que la resolución del sistema de formación de imágenes era de 3,5  $\mu\text{m}$  por píxel, es decir, mejor que el diámetro medio de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, es decir, aproximadamente 19  $\mu\text{m}$ , las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta individuales eran visibles en la imagen.

45

La lente telecéntrica presentaba un ángulo de aceptación muy estrecho, aproximadamente  $\pm 1^\circ$  con respecto a su eje óptico. Solo contribuía a la imagen la luz que entra bajo este ángulo estrecho. Debido a la condición de iluminación en el eje, solo eran visibles las partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaqueta con una superficie ortogonal al eje óptico de la lente telecéntrica.

50

La Fig. 14A muestra la imagen de la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV, tal como se extiende sobre el portaobjetos del microscopio. Solo estaban en condición reflectante muy pocas partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaquetas.

55

Usando el equipo de la Fig. 13, el portaobjetos del microscopio que llevaba la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV se introdujo a continuación a lo largo del soporte de sustrato (25) en el centro del montaje de cilindro de Halbach. Las partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaqueta en la composición de revestimiento orientadas por sí mismas en el campo magnético  $\mathbf{H}_{xy}$  del montaje de cilindro de Halbach, como se muestra mediante un aumento considerable de su brillo. Una imagen de la superficie de la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV se tomó de nuevo con la lente telecéntrica bajo la iluminación en el eje.

60

La Fig. 14B muestra la imagen de las partículas pigmentarias magnéticas en forma de plaqueta orientadas monoaxialmente obtenidas de ese modo en composición de revestimiento de serigrafía curable por UV; había más partículas de pigmento en condición de reflexión que en la composición de revestimiento nativa (Fig. 14A).

65

5 A continuación se aplicó una corriente AC de 50 Hz de 10 A a las cuatro bobinas de alambre imantado (21) conectadas en paralelo, es decir, una corriente de 2,5 A por bobina de alambre imantado. La composición de revestimiento de serigrafía curable por UV aumentó fuertemente su brillo y de nuevo se tomó una imagen de la composición de revestimiento con la lente telecéntrica bajo una iluminación en el eje. La Fig. 14C muestra la imagen de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas biaxialmente en la composición de revestimiento de serigrafía curable por UV serigrafía; en la condición de reflexión había considerablemente más partículas de pigmento en la Fig. 14C que en la Fig. 14A y en la 14B.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato (11), dicho proceso comprendiendo las etapas de:

- 5 a) aplicar sobre una superficie de sustrato (11) una composición de revestimiento curable por radiación (12) que comprende i) partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta e ii) un aglutinante, dicha composición curable por radiación estando en un primer estado,
- 10 b) exponer la composición de revestimiento curable por radiación a un campo magnético dinámico de un montaje magnético que comprende un montaje de cilindro de Halbach (9) que comprende cualquiera de i) tres o más barras imantadas (8) y una sola bobina de alambre imantado (7) rodeando dicho montaje, o ii) tres o más barras imantadas (8), una pieza polar (10) que incluye dicho montaje y que comprende dos polos que se enfrentan a dicho montaje, cada polo estando rodeado por una bobina de alambre imantado, o iii) tres o más estructuras,
- 15 cada una de dichas tres o más estructuras comprendiendo una barra imantada (8) y una bobina de alambre imantado que rodea dicha barra imantada, con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, dichas tres o más barras imantadas siendo transversalmente imantadas, y
- 20 c) curar al menos parcialmente la composición de revestimiento curable por radiación (12) de la etapa b) hacia un segundo estado con el fin de fijar las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en sus posiciones y orientaciones adoptadas, dicha etapa c) siendo realizada de forma parcialmente simultánea o de forma simultánea con la etapa b).

25 2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa b) se realiza con el fin de orientar biaxialmente las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta para i) que tengan sus ejes mayor y menor esencialmente paralelos a la superficie del sustrato, o para ii) que tengan su eje mayor a un ángulo de inclinación esencialmente no nulo con respecto a la superficie del sustrato y su eje menor esencialmente paralelo a la superficie del sustrato.

30 3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la etapa de aplicación a) se realiza mediante un proceso de impresión seleccionado entre el grupo que consiste en serigrafía, impresión de huecograbado, impresión flexográfica e impresión en relieve.

35 4. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el campo magnético dinámico usado en la etapa b) resulta de un campo magnético dipolar ( $H_{xy}$ ) dentro del montaje de cilindro de Halbach y un componente dinámico ( $H_z$ ) obtenido por aplicación de una corriente AC de amplitud y frecuencia apropiadas para la bobina(s) de alambre imantado.

40 5. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la etapa c) se realiza mediante curado por radiación de luz UV-Vis.

6. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta está constituida por partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta.

45 7. El proceso de acuerdo con la reivindicación 6, en el que las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta se seleccionan entre el grupo que consiste en partículas pigmentarias de interferencia de película fina magnética en forma de plaqueta, partículas pigmentarias de cristal líquido colestérico magnéticas en forma de plaqueta, partículas pigmentarias de revestimiento de interferencia en forma de plaqueta que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de las mismas.

50 8. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta comprende un metal magnético seleccionado entre el grupo que consiste en cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) y níquel (Ni); aleaciones magnéticas de hierro, manganeso, cobalto, níquel y mezclas de dos o más de los mismos; óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel y mezclas de dos o más de los mismos; y mezclas de dos o más de los mismos.

55 9. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que la OEL comprende un motivo formado por un primer patrón y un segundo patrón que es adyacente al primer patrón, dicho motivo estando formado por la composición de revestimiento curable por radiación,

60 en el que la etapa de curado al menos parcial c) se realiza con una unidad de curado (16) que comprende una fotomáscara de modo que el segundo patrón no se expone a la irradiación, en el que dicho proceso comprende adicionalmente una etapa d) de exposición del motivo formado por la composición de revestimiento curable por radiación de la etapa c), en el que el segundo patrón está en un primer estado debido a la presencia de la fotomáscara en la etapa c), al campo magnético de un dispositivo que genera campo magnético orientando de ese modo al menos parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del segundo patrón con el fin de seguir una orientación que es diferente de la orientación de las partículas pigmentarias

- magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta del primer patrón y seguir cualquier orientación excepto una orientación aleatoria, y en el que dicho proceso comprende adicionalmente una etapa e) de curado de forma simultánea, parcialmente simultánea o posteriormente de la composición curable por radiación hacia un segundo estado con el fin de fijar las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en sus posiciones y orientaciones adoptadas.
- 5
10. Una capa de efecto óptico (OEL) producida con el proceso mencionado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
- 10
11. Un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo que comprende una o más capas de efecto óptico (OEL) mencionadas en la reivindicación 10.
- 15
12. Un dispositivo para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato (11), dicha OEL comprendiendo partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se orientan biaxialmente en una composición de revestimiento curable por radiación curada (12), el dispositivo comprendiendo:
- 20
- a) un montaje de cilindro de Halbach (9) que comprende cualquiera de i) tres o más barras imantadas (8) y una sola bobina de alambre imantado (7) rodeando dicho montaje, o ii) tres o más barras imantadas (8), una pieza polar (10) que incluye dicho montaje y que comprende dos polos que se enfrentan a dicho montaje, cada polo estando rodeado por una bobina de alambre imantado, o iii) tres o más estructuras, cada una de dichas tres o más estructuras comprendiendo una barra imantada (8) y una bobina de alambre imantado (7) rodeando dicha barra imantada, con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, dichas al menos tres barras imantadas estando transversalmente imantadas, y
- 25
- b) una unidad de curado (16) configurada para curar al menos parcialmente la composición de revestimiento curable por radiación con el fin de fijar las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en sus posiciones y orientaciones adoptadas de forma simultánea o parcialmente simultánea con exposición de las partículas pigmentarias magnéticas o magnetizables al campo magnético dinámico del montaje de cilindro de Halbach.
- 30
13. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la unidad de curado comprende una fotomáscara.
- 35
14. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12 o 13 que comprende adicionalmente un elemento de soporte de sustrato y/o un elemento de guía de sustrato.
- 40
15. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14 que comprende adicionalmente una unidad de impresión, preferentemente una unidad de serigrafía, una unidad de impresión de huecograbado, una unidad de impresión flexográfica o una unidad de impresión en relieve.

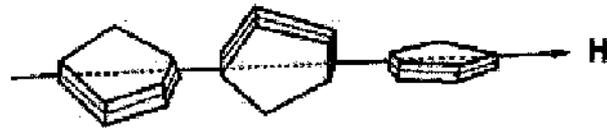


Fig. 1A

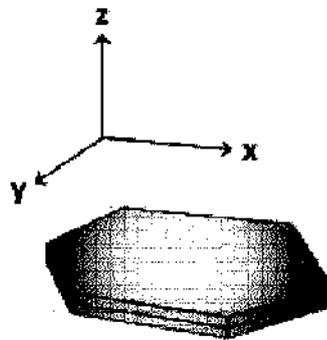


Fig. 1B

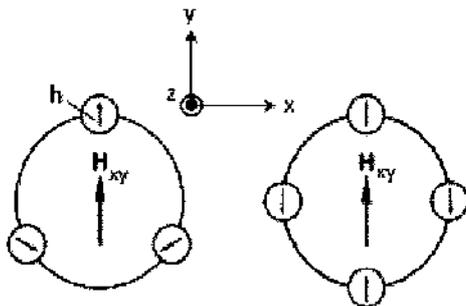


Fig. 2A

Fig. 2B

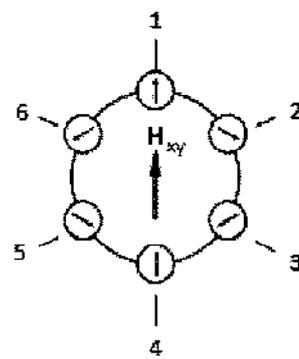


Fig. 2C

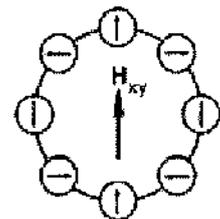


Fig. 2D

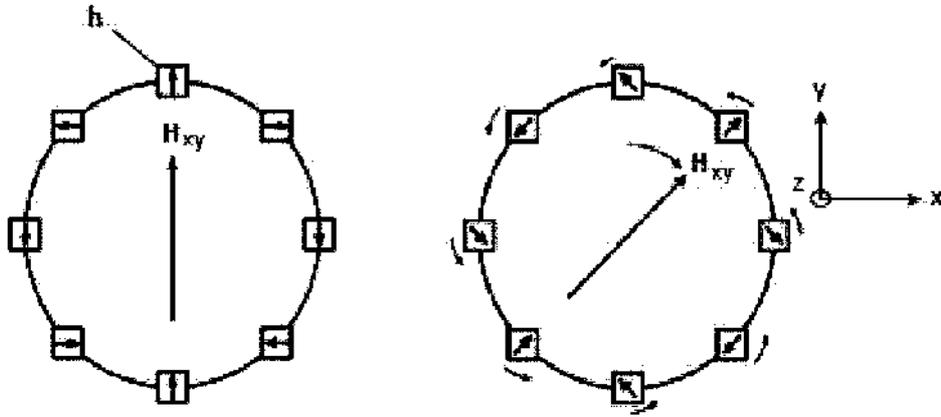


Fig. 3

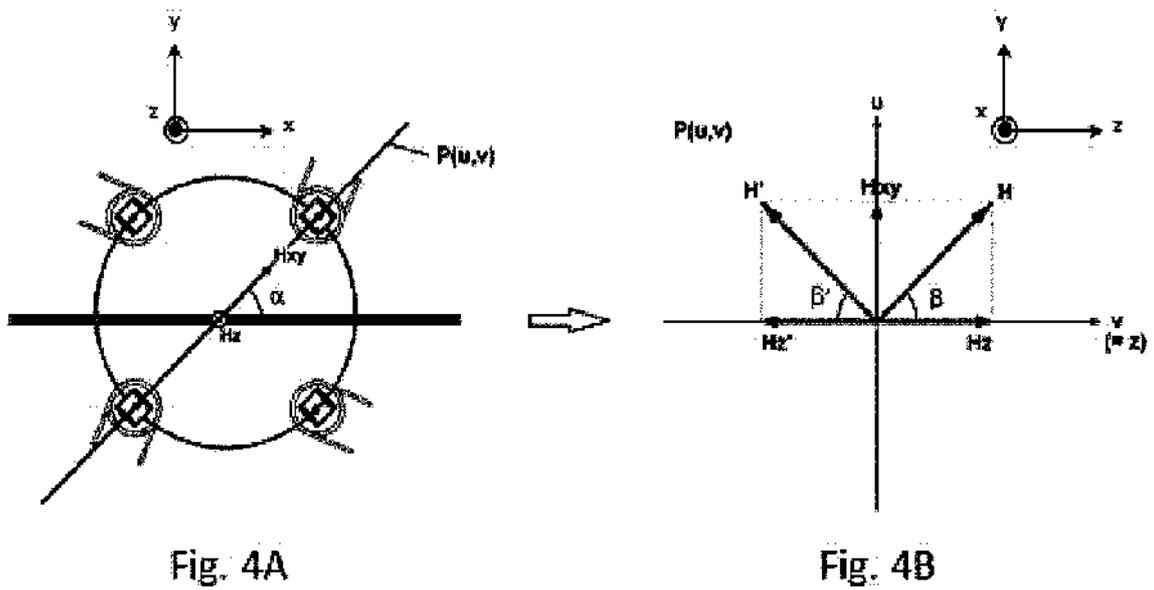


Fig. 4A

Fig. 4B

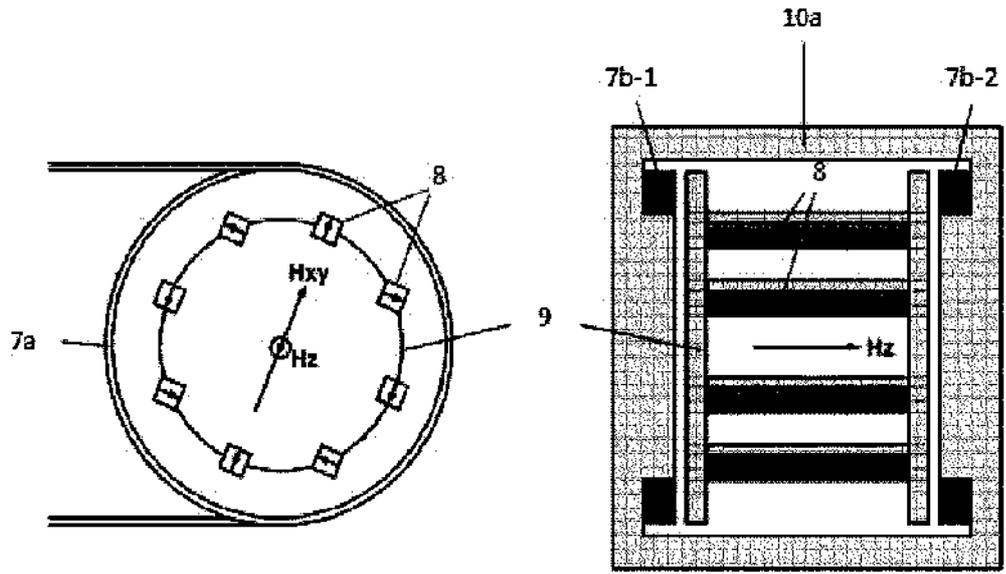


Fig. 5A

Fig. 5B

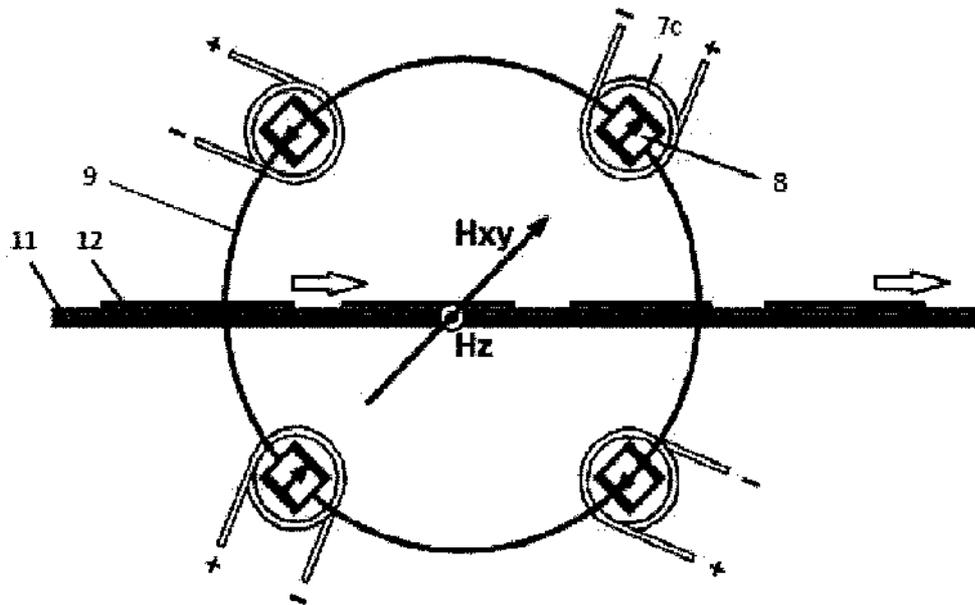


Fig. 6

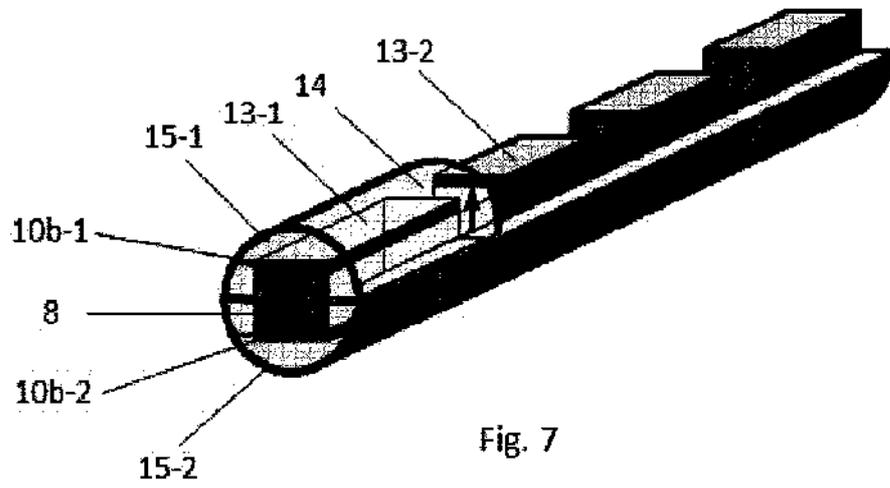


Fig. 7

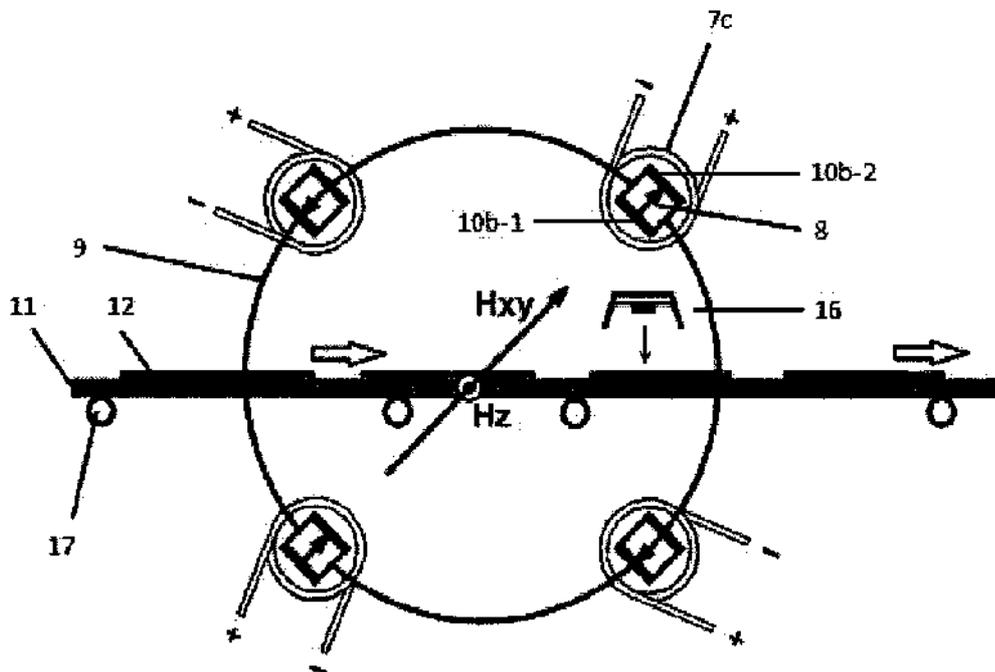


Fig. 8

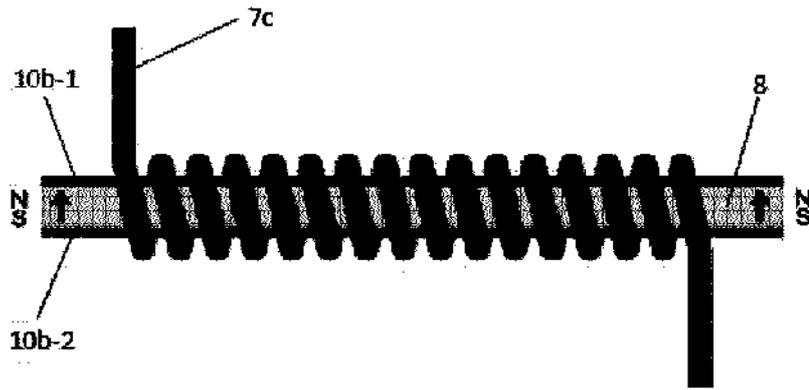


Fig. 9A

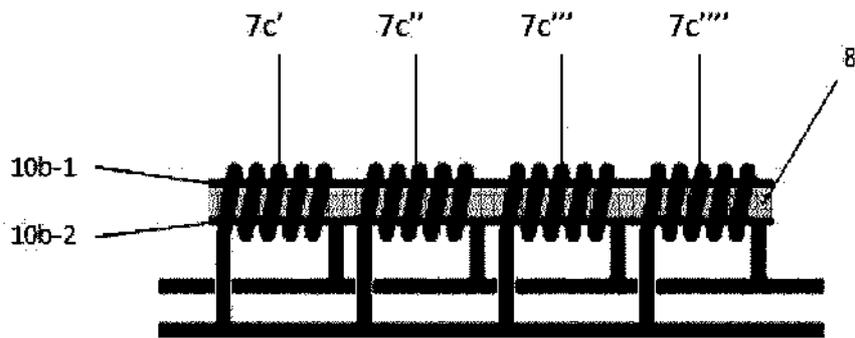


Fig. 9B

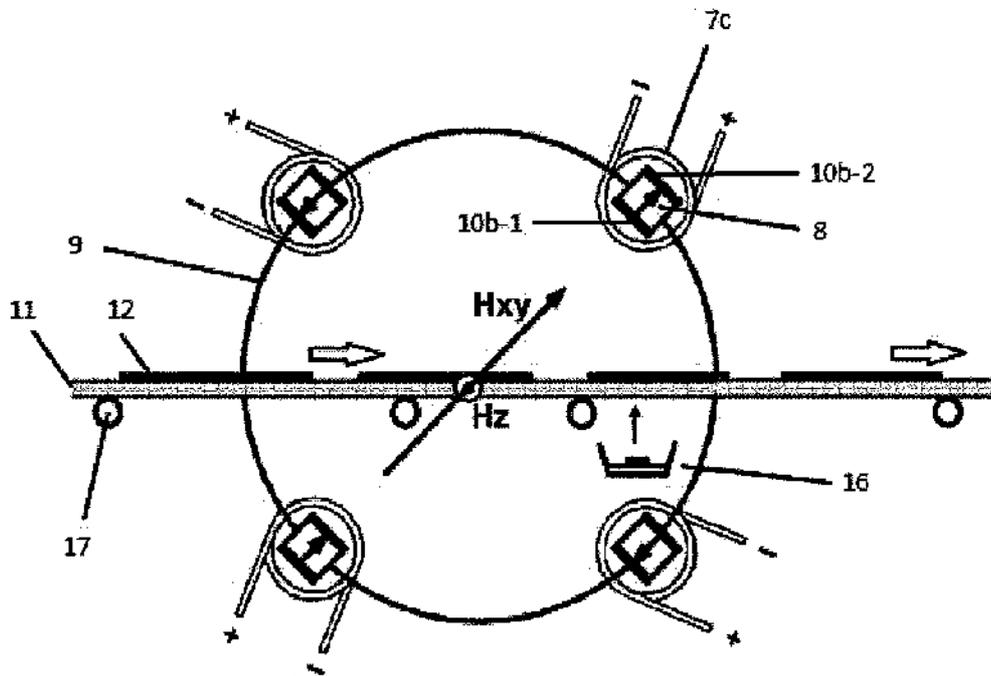


Fig. 10

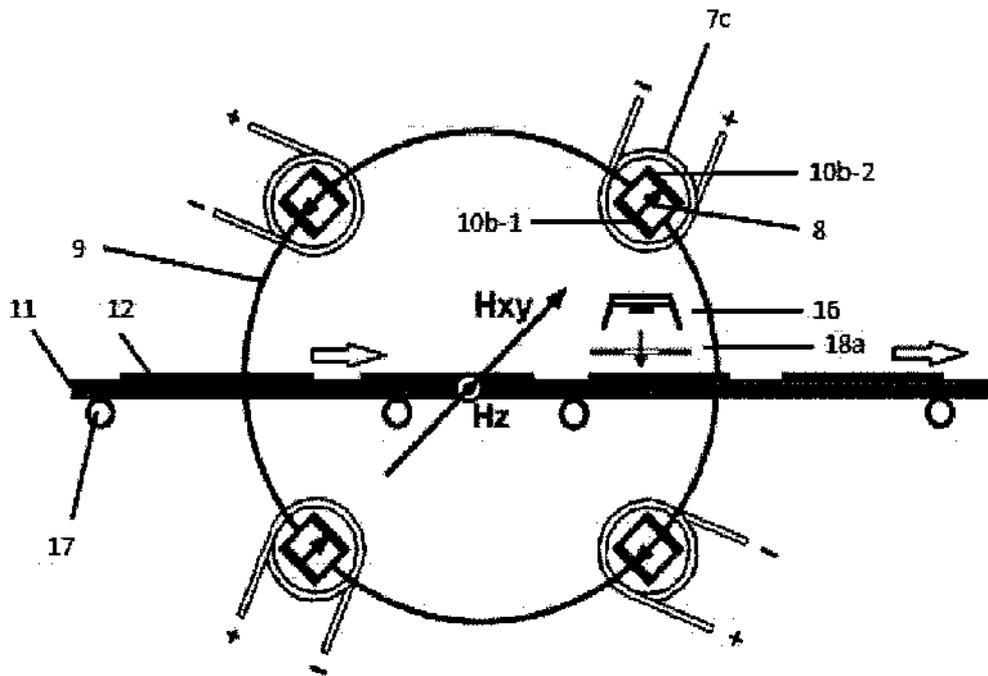


Fig. 11A

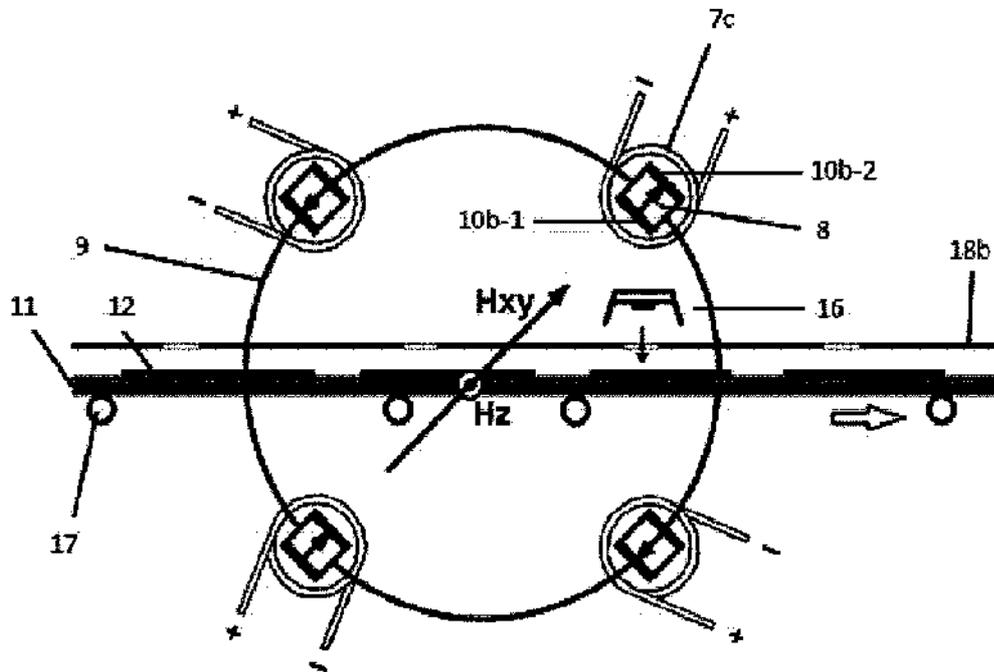


Fig. 11B

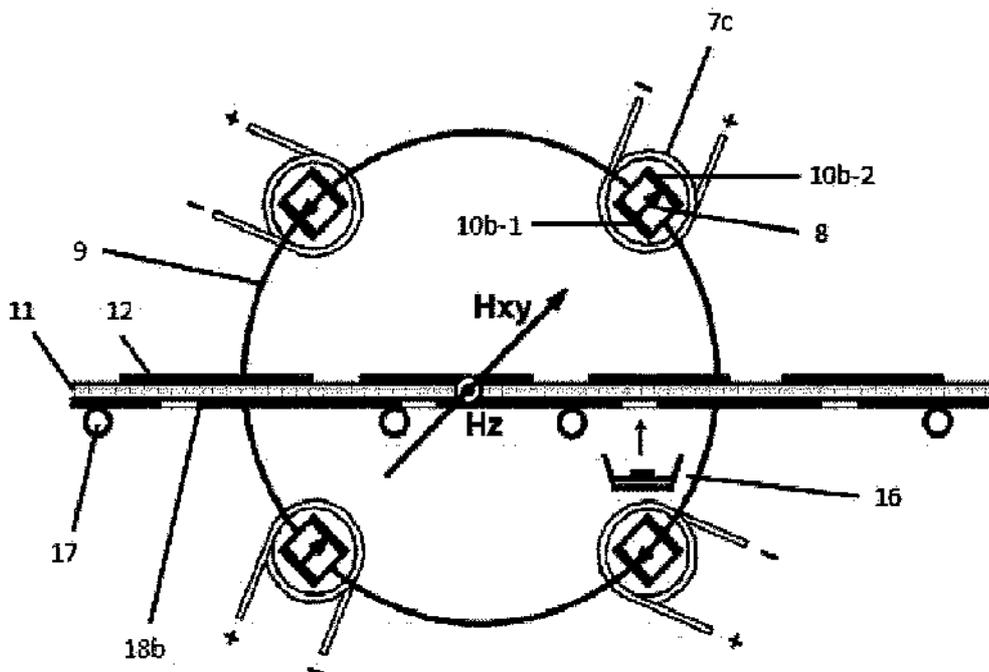


Fig. 11C

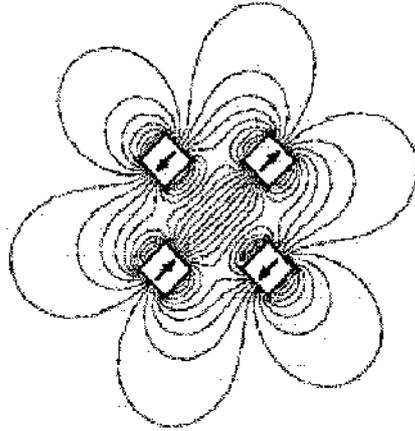


Fig. 12A

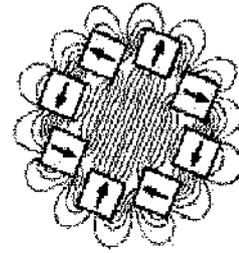


Fig. 12B

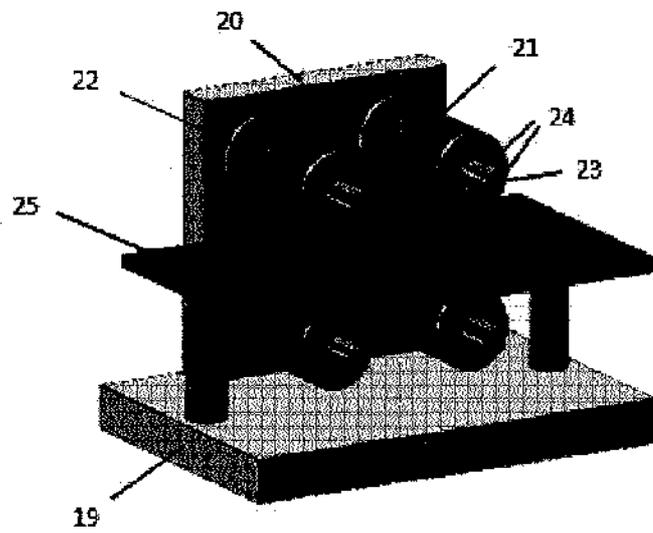


Fig. 13

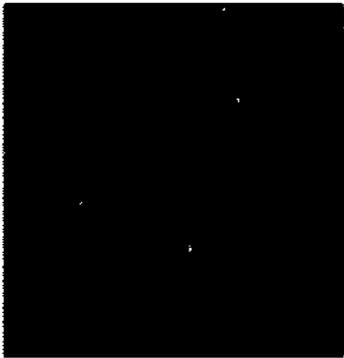


Fig. 14A

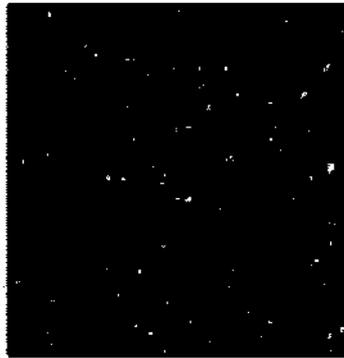


Fig. 14B

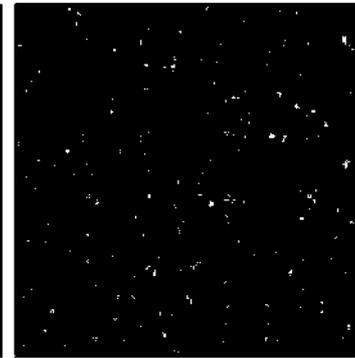


Fig. 14C