

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 898**

51 Int. Cl.:

**B42D 25/324** (2014.01)  
**B42D 25/355** (2014.01)  
**B42D 25/30** (2014.01)  
**G02B 27/06** (2006.01)  
**G06T 11/00** (2006.01)  
**G06T 15/00** (2011.01)  
**H04N 1/405** (2006.01)  
**G02B 27/22** (2008.01)  
**G02B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2013** **PCT/US2013/037978**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2013** **WO13163287**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2013** **E 13721206 (4)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020** **EP 2841284**

54 Título: **Dispositivo de seguridad para proyectar una colección de imágenes sintéticas**

30 Prioridad:

**25.04.2012 US 201261637990 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.03.2021**

73 Titular/es:

**VISUAL PHYSICS, LLC (100.0%)**  
**1245 Old Alpharetta Road**  
**Alpharetta, GA 30005, US**

72 Inventor/es:

**CAPE, SAMUEL, M. y**  
**BLEIMAN, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI , Peter**

ES 2 814 898 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de seguridad para proyectar una colección de imágenes sintéticas

**Solicitud relacionada**

5 Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente provisional estadounidense con número de serie 61/637.990, presentada el 25 de abril de 2012.

**Campo técnico**

La presente invención se refiere, en general, a un dispositivo de seguridad para proyectar una colección de imágenes sintéticas, y a un método implementado por ordenador para producir un dispositivo de seguridad de este tipo.

**Antecedentes y sumario de la invención**

10 El documento US 6.483.644 B1 da a conocer una imagen integral, un método y un dispositivo.

Los materiales de micropelícula óptica que proyectan imágenes sintéticas comprenden, en general, (a) un sustrato polimérico transmisor de luz, (b) una disposición de iconos de imagen de tamaño micrométrico ubicados sobre o dentro del sustrato polimérico, y (c) una disposición de elementos de enfoque (por ejemplo, microlentes). Las disposiciones de iconos de imagen y elementos de enfoque se configuran de tal manera que cuando la disposición de iconos de imagen se ve a través de la disposición de elementos de enfoque, se proyectan una o más imágenes sintéticas. Estas imágenes proyectadas pueden mostrar varios efectos ópticos diferentes.

Se describen construcciones de materiales que pueden presentar tales efectos en la patente estadounidense n.º 7.333.268 concedida a Steenblik *et al.*, la patente estadounidense n.º 7.468.842 concedida a Steenblik *et al.*, la patente estadounidense n.º 7.738.175 concedida a Steenblik *et al.*, la patente estadounidense n.º 7.830.627 concedida a Commander *et al.*, la patente estadounidense n.º 8.149.511 concedida a Kaule *et al.*; la publicación de solicitud de patente estadounidense n.º 2010/0177094 concedida a Kaule *et al.*; la publicación de solicitud de patente estadounidense n.º 2010/0182221 concedida a Kaule *et al.*; la patente europea n.º 2162294 concedida a Kaule *et al.*; y la solicitud de patente europea n.º 08759342.2 (o publicación europea n.º 2164713) concedida a Kaule *et al.* El documento EP 2338692 A2 da a conocer, por ejemplo, cómo se genera una imagen objetivo de semitonos con escalas de grises.

Estos materiales de película pueden usarse como dispositivos de seguridad para la autenticación de billetes, documentos y productos seguros. Para billetes y documentos seguros, estos materiales se usan normalmente en forma de una tira o hilo y o bien se incrustan parcialmente en el billete o documento, o bien se aplican a una superficie del mismo. Para pasaportes u otros documentos de identificación (ID), estos materiales podrían usarse como un material laminado completo o incrustarse como una característica contra la falsificación en los pasaportes de policarbonato.

Los materiales de película de la técnica anterior descritos anteriormente, que se conocen como dispositivos de magnificación de Moiré, parten generalmente de una matriz bidimensional (2D) de iconos de imagen idénticos. Sin embargo, también pueden partir de iconos de imágenes que se alteran o modulan de manera que proporcionan diferentes efectos, tales como imágenes cambiantes o imágenes que rotan lentamente, etc. Para efectos tridimensionales (3D), estos materiales de película se construyen usando un planteamiento “de abajo arriba” en el sentido de que la vista de un objeto estático desde la perspectiva de cada lente individual se calcula espacialmente a partir de un modelo de un objeto 3D estático, y se genera el icono correspondiente a partir de la colección de vistas de la lente. Usando este planteamiento, cada icono se calcula individualmente basándose en el modelo estático del objeto 3D. El planteamiento tiene al menos las siguientes limitaciones:

(a) La imagen sintética acabada es sólo un objeto 3D estático;

(b) La imagen sintética acabada tendrá un “ajuste” (*snap*) en el campo de visión; y

(c) La imagen sintética acabada se limita a una paleta de como máximo un color y, además, un tono de ese color. Es una imagen binaria y no tiene sombreado ni escala de grises.

45 El término “ajuste”, que se describirá con más detalle a continuación, constituye una gran discontinuidad en lo que ve el observador cuando el observador se mueve fuera del alcance del dispositivo (pero dentro de su campo de visión) y mira el dispositivo.

Los inconvenientes señalados anteriormente se abordan mediante realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, que usan un planteamiento “de arriba a abajo” en el sentido de que se define cada imagen sintética completa deseada tal como se ve por un observador desde todos los puntos de vista dados, y luego se procesan cada una de estas imágenes individuales (que son diferentes de la información espacial) que corresponden a los diferentes puntos de vista y luego se usan para definir una parte de lo que ve cada lente. La suma total de todas estas imágenes de punto de vista definirá en última instancia una parte significativa del plano de imagen que normalmente sólo contendría

iconos ("capa de imagen"). Este planteamiento permitirá las siguientes mejoras importantes con respecto a la técnica anterior:

(a) La imagen sintética acabada puede ser, entre otras cosas: un objeto 3D en movimiento; un objeto 3D dinámico (en formación o transformación); un diseño dinámico de curvas, diseños abstractos, formas, fotografías, objetos e imágenes 3D;

(b) La imagen sintética acabada puede diseñarse de tal manera que no haya "ajuste" en el campo de visión;

(c) Las imágenes sintéticas acabadas pueden incluir efectos de "semitonos" similares a la interpolación en escala de grises. Además, este método ayudará a permitir la coordinación de varias capas para producir en última instancia imágenes sintéticas que incorporen diseños dinámicos a todo color e imágenes 3D; y

(d) Las imágenes sintéticas acabadas no tienen que proceder de modelos de objetos 3D. Las imágenes sintéticas pueden originarse a partir de cualquier tipo de imagen digital (por ejemplo, fotografías, dibujos, representaciones gráficas y curvas matemáticas, etc.).

La presente invención proporciona específicamente un dispositivo de seguridad, según la reivindicación 1, para proyectar una colección de imágenes sintéticas, que comprende: una colección de elementos de enfoque, teniendo cada elemento de enfoque una huella óptica; y al menos una capa de imagen, proyectando conjuntamente los elementos de enfoque y la(s) capa(s) de imagen una imagen diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos,

en el que, la(s) capa(s) de imagen se compone(n) de una matriz de dominios digitalizados discretos, constituyendo cada dominio un subconjunto idéntico o sustancialmente idéntico de la huella óptica de cada elemento de enfoque, siendo los dominios discretos porque no se solapan dos subconjuntos y cada punto en cada subconjunto está lo más cerca de su elemento de enfoque respectivo, dividiéndose cada dominio en un número de píxeles discretos igual al número de imágenes,

en el que cada imagen se procesa digitalmente, el número de píxeles en cada imagen procesada digitalmente es igual o proporcional al número total de elementos de enfoque, distribuyéndose los píxeles en cada imagen procesada digitalmente a la misma ubicación dentro de cada dominio digitalizado, de tal manera que cada ubicación dentro de un dominio digitalizado se marca con el color de un píxel de una imagen procesada digitalmente diferente, lo que permite que el dispositivo proyecte una imagen diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos.

En la siguiente redacción, se describe el dispositivo de la invención como un dispositivo que proyecta imágenes sintéticas que se ven por un observador. Existe una correspondencia entre la ubicación del observador en relación con el dispositivo y la imagen sintética que ve el observador desde cualquier punto de vista particular. Por ejemplo, las imágenes sintéticas pueden representar diferentes puntos de vista de un objeto o una imagen objetivo que cambian de una imagen de punto de vista a otra imagen de punto de vista cuando cambia la ubicación del observador en relación con el dispositivo. Sin embargo, la naturaleza de cada imagen sintética puede ser completamente arbitraria, al igual que las imágenes proporcionadas por un dispositivo de visualización tal como un televisor o un monitor de ordenador. Además, en una realización a modo de ejemplo, se usa una simetría especial para generar las imágenes sintéticas, lo que permite que el dispositivo se fabrique sin tener en cuenta la alineación, que es un problema conocido de los dispositivos de la técnica anterior.

A diferencia de un dispositivo de magnificación de Moiré, que tiene una matriz de imágenes más o menos 'continuas', la(s) capa(s) de imagen en el dispositivo de seguridad de la presente invención es/son una rejilla binaria de imágenes digitales distribuidas en la que cada píxel en la rejilla está "encendido o apagado" (es decir, a color o sin color).

En una primera realización a modo de ejemplo, el dispositivo de seguridad de la invención proyecta una colección de imágenes sintéticas en escala de grises o de semitonos. En esta realización, la escala de grises se implementa usando imágenes en escala de grises con paletas de colores reducidas (por ejemplo, cuatro tonalidades de gris) y agrupación de elementos de enfoque (es decir, se usa un grupo de elementos de enfoque en lugar de un elemento de enfoque para cada píxel de imagen de punto de vista).

En una segunda realización a modo de ejemplo, el dispositivo de seguridad de la invención proyecta una colección de imágenes sintéticas 3D. En esta realización, las imágenes de punto de vista están relacionadas de tal manera que un observador ve al menos dos imágenes 2D diferentes al mismo tiempo, lo que produce una percepción de estereopsis binocular de las imágenes en el observador.

En una tercera realización a modo de ejemplo, el dispositivo de seguridad de la invención proyecta una colección de imágenes sintéticas que no tienen ajuste. Más específicamente, cada imagen de punto de vista distribuida es una imagen de punto de vista compuesta preparada usando una o más funciones escalares matemáticas continuas para definir o alterar un parámetro cuantificable en la imagen de punto de vista.

La presente invención proporciona además un método implementado por ordenador, según la reivindicación 3, para producir un dispositivo de seguridad para proyectar una colección de imágenes sintéticas, en el que el dispositivo de

seguridad se compone de una colección de elementos de enfoque en forma de una hoja de elementos de enfoque, teniendo cada elemento de enfoque una huella óptica; y al menos una capa de imagen, proyectando conjuntamente los elementos de enfoque y la(s) capa(s) de imagen una imagen de punto de vista diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos, comprendiendo el método:

5 (a) formar la(s) capa(s) de imagen mediante:

(i) compilar una colección de imágenes de punto de vista sin procesar diferentes, prescribiendo cada imagen de punto de vista sin procesar lo que debería ver un observador cuando mira el dispositivo de seguridad desde un ángulo dado;

10 (ii) elegir un dominio para cada elemento de enfoque en la hoja de elementos de enfoque, y disponer los dominios en forma de rejilla sobre o dentro de la(s) capa(s) de imagen, constituyendo los dominios subconjuntos idénticos de cada una de las huellas ópticas de elemento de enfoque de tal manera que no se solapan dos subconjuntos y cada punto en cada subconjunto está lo más cerca de su elemento de enfoque respectivo una vez que la(s) capa(s) de imagen se coloca(n) en un plano focal de la colección de elementos de enfoque, en el que no es necesaria una alineación exacta entre los dominios y los elementos de enfoque;

15 (iii) digitalizar cada dominio elegido dividiendo cada dominio en un número de píxeles discretos, que representarán, cada uno, una parte de una imagen de punto de vista diferente, siendo el número de píxeles en cada dominio digitalizado igual al número de imágenes de punto de vista diferentes, formando los dominios digitalizados una rejilla de exploración;

20 (iv) procesar digitalmente cada una de las imágenes de punto de vista sin procesar diferentes para formar imágenes binarias, en el que el número de píxeles en cada imagen de punto de vista procesada digitalmente es igual (o proporcional a) el número total de elementos de enfoque en la hoja de elementos de enfoque que se usará para representar la imagen completa deseada;

25 (v) distribuir la colección de imágenes de punto de vista procesadas diferentes en la rejilla de exploración marcando cada píxel de dominio digitalizado con el color del píxel de imagen de punto de vista correspondiente a través de un procedimiento llamado 'distribución', que implica asignar una dirección a cada píxel en cada dominio digitalizado, y luego asignar una imagen a cada píxel que tenga la misma dirección en cada dominio digitalizado, de tal manera que cada ubicación dentro de un dominio digitalizado se marcará con el color de un píxel de una imagen de punto de vista procesada diferente; y

(b) colocar la(s) capa(s) de imagen formadas en un plano focal de la hoja de elementos de enfoque.

30 También se proporciona mediante la presente invención un dispositivo de seguridad preparado según este método.

En una primera realización a modo de ejemplo, el método de la invención produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas en escala de grises o de semitonos. Más específicamente, la etapa de "compilar" cuando se forma(n) la(s) capa(s) de imagen del método de la invención se refiere a una colección de imágenes de punto de vista en escala de grises o de semitonos sin procesar diferentes, mientras que la etapa de "procesar" implica modificar las imágenes de punto de vista sin procesar reduciendo el número de tonalidades de gris en la paleta de colores de cada imagen, opcionalmente interpolando las tonalidades de gris restantes en la paleta de colores de cada imagen, y luego representando cada imagen de punto de vista procesada como una imagen binaria acabada. Después de distribuir la colección de imágenes binarias acabadas diferentes en la rejilla de exploración, el método de la invención en esta primera realización a modo de ejemplo comprende además usar un grupo de elementos de enfoque (por ejemplo, un grupo 2x2 de lentes) para cada píxel de imagen de punto de vista.

En una segunda realización a modo de ejemplo, el método de la invención produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas 3D. Más específicamente, la etapa de "compilar" cuando se forma(n) la(s) capa(s) de imagen del método de la invención implica modelar un objeto en un programa de reproducción de gráficos 3D y obtener imágenes de punto de vista sin procesar diferentes del objeto mediante la reproducción de vistas del objeto usando una cámara (virtual o real) en múltiples posiciones, existiendo una correspondencia uno a uno entre el número de vistas reproducidas por la cámara y el número de píxeles en cada dominio digitalizado.

En una tercera realización a modo de ejemplo, el método de la invención produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas que no tienen ajuste. Más específicamente, el método de la invención comprende además: determinar funciones escalares matemáticas de  $x$  e  $y$  que son continuas; aplicar una o más de tales funciones escalares matemáticas a copias del dominio para obtener uno o más valores escalares, constituyendo el dominio una región en el plano  $xy$  que se ha repetido en un sentido periódico espacialmente; y usar uno o más valores escalares para definir o alterar un parámetro cuantificable en la colección de imágenes de punto de vista distribuidas a los dominios, generándose de ese modo imágenes de punto de vista compuestas.

La presente invención proporciona además materiales de hoja y plataformas de base que se componen de o emplean el dispositivo de seguridad de la invención, así como documentos producidos a partir de estos materiales. El término "documentos", tal como se usa en el presente documento, designa documentos de cualquier clase que tengan valor

financiero, tales como billetes o moneda, y similares, o documentos de identidad, tales como pasaportes, tarjetas de ID, permisos de conducir y similares, u otros documentos, tales como etiquetas o rótulos. El dispositivo de seguridad de la invención también se contempla para su uso con bienes de consumo, así como bolsas o envases usados con bienes de consumo, tales como bolsas de patatas fritas.

- 5 Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes para un experto habitual en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos.

A menos que se definan de otro modo, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que entiende normalmente un experto habitual en la técnica.

Además, los materiales, métodos y ejemplos son únicamente ilustrativos y no pretenden ser limitativos.

## 10 Breve descripción de los dibujos

La presente descripción puede entenderse mejor con referencia a los siguientes dibujos. Los componentes en los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se pone énfasis en ilustrar claramente los principios de la presente divulgación. Aunque se dan a conocer realizaciones a modo de ejemplo en relación con los dibujos, no se pretende limitar la presente divulgación a la realización o realizaciones dadas a conocer en el presente documento. Por el contrario, la intención es cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes.

- 15

Se ilustran características particulares de la invención dada a conocer con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra una lente con su huella óptica;

- 20 la figura 2 ilustra la percepción de observadores estacionarios en relación con la huella óptica de la lente mostrada en la figura 1;

la figura 3 ilustra la propiedad de muestreo de lentes y, en particular, ilustra, en un primer cuadro, la huella óptica de un lente con una parte de imagen coloreada A y una parte de imagen incolora B, y en un segundo cuadro, lo que ve un observador cuando se sitúa en las dos ubicaciones diferentes mostradas en la figura 2;

- 25 la figura 4 ilustra, en un primer cuadro, una matriz de lentes en combinación con sus huellas ópticas, con un observador situado "muy lejos" en un primer ángulo en relación con el dispositivo de la invención, en un segundo cuadro, un patrón en la capa de imagen trazado entre las huellas ópticas de la lente, y en un tercer cuadro, lo que vería el observador cuando mira el dispositivo;

- 30 la figura 5 ilustra, en un primer cuadro, una matriz de lentes en combinación con sus huellas ópticas, con un observador situado "muy lejos" en un ángulo diferente en relación con la posición del observador en la figura 4, en un segundo cuadro, un patrón en la capa de imagen trazado entre las huellas ópticas de la lente, y en un tercer cuadro, lo que vería el observador cuando mira el dispositivo;

la figura 6 ilustra las capas de imagen de las figuras 4 y 5 cuando se solapan una encima de otra;

- 35 la figura 7 ilustra, en un primer cuadro, una lente con su huella óptica, en un segundo cuadro, una matriz de lentes, en un tercer cuadro, la matriz de lentes del segundo cuadro con una matriz de la huella óptica de cada lente, que se encuentran en un capa de imagen, en un cuarto cuadro, la lente del primer cuadro con su dominio en forma de dominio digitalizado, en un quinto cuadro, la matriz de lentes de los cuadros segundo y tercero mostrados con una matriz de dominios digitalizados, y en un sexto cuadro, la matriz de dominios digitalizados o rejilla de exploración;

- 40 la figura 8 ilustra, en un primer cuadro, una lente y el dominio digitalizado de la lente, en el que se ha asignado una dirección a cada píxel en el dominio digitalizado, y en un segundo cuadro, una colección de nueve imágenes de punto de vista diferentes, cada una de las cuales se ha asignado a una dirección que corresponde a uno de los píxeles en el dominio digitalizado mostrado en el primer cuadro;

la figura 9 ilustra cómo la imagen correspondiente a la dirección (1,1) se distribuye a la matriz de dominios digitalizados o rejilla de exploración mostrada en el sexto cuadro de la figura 7;

- 45 la figura 10 ilustra cómo las imágenes correspondientes a las direcciones (1,1) y (1,2) se distribuyen a la matriz de dominios digitalizados o rejilla de exploración mostrada en el sexto cuadro de la figura 7;

la figura 11 representa la rejilla de exploración después de que las nueve imágenes de punto de vista diferentes mostradas en el segundo cuadro de la figura 8 se han distribuida a la rejilla;

- 50 la figura 12, en un primer cuadro, es una vista en sección transversal de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de seguridad de la presente invención, que emplea la rejilla de exploración poblada mostrada en la figura 11, en un segundo cuadro, ilustra lo que vería un observador ubicado lo más cerca de la parte superior izquierda del dispositivo cuando mira el dispositivo, y en un tercer cuadro, ilustra lo que vería un observador ubicado más cerca de

la parte inferior derecha del dispositivo cuando mira el dispositivo;

la figura 13 es una vista en perspectiva de una imagen sin procesar de la tetera de Utah o la tetera de Newell, que se usa como imagen de punto de vista en una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

5 la figura 14 es una vista en perspectiva de una imagen procesada de la tetera mostrada en la figura 13 en la que se aplicó interpolación usando cuatro tonalidades de gris;

la figura 15 es una representación pictórica del esquema de agrupación de lentes para cuatro niveles de escala de grises usados en una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

la figura 16 es una vista en perspectiva de una imagen proyectada binaria final de la tetera mostrada en la figura 13;

10 la figura 17 es una representación pictórica de una matriz de cámaras virtuales que toma instantáneas de un objeto en forma de una tetera de Utah o una tetera de Newell;

la figura 18 es una vista en perspectiva de seis imágenes de punto de vista sin procesar proporcionadas por la matriz de cámaras virtuales mostrada en la figura 17;

15 la figura 19 es una vista en sección transversal simplificada de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de seguridad de la presente invención, así como una colección de campos de visión de imágenes de punto de vista (2,3), (2,2) y (2,1) proyectadas de ese modo;

20 la figura 20 ilustra, en un primer cuadro, una lente con un dominio digitalizado 12x12, en un segundo cuadro, una representación pictórica de una matriz 12x12 de cámaras virtuales que toma instantáneas de una tetera de Utah o una tetera de Newell, y en un tercer cuadro, una vista en sección transversal simplificada de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de seguridad de la presente invención, así como una colección de campos de visión de doce imágenes de punto de vista proyectadas de ese modo;

la figura 21 ilustra, en un primer cuadro, una lente con su huella óptica, en un segundo cuadro, el campo de visión de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de seguridad de la invención, en un tercer cuadro, la lente mostrada en el primer cuadro con su dominio digitalizado, y en un cuarto cuadro, el alcance de la realización a modo de ejemplo del dispositivo de seguridad de la invención mostrado en el segundo cuadro;

25 la figura 22 ilustra el alcance del dispositivo de la invención como subconjunto del campo de visión del dispositivo;

la figura 23 ilustra lo que ve un observador cuando está dentro del campo de visión del dispositivo pero o bien dentro o bien fuera del alcance del dispositivo;

30 la figura 24 ilustra, en un primer cuadro, una realización del dispositivo de la invención en el que la matriz de lentes y la matriz de dominios digitalizados están en alineación, y en un segundo cuadro, una realización en la que los conjuntos no están en alineación;

la figura 25 ilustra la afirmación de que el punto de vista de un observador (expresado como  $(\theta, \phi)$ ) determina la ubicación que las lentes están muestreando dentro de un dominio (expresado como  $(x, y)$ ), y la imagen de punto de vista proyectada que ve el observador (expresado como una función de valor de matriz (o valor de imagen) de la ubicación de muestreo denominada imagen  $(x, y)$ );

35 la figura 26 ilustra cómo cuando un observador mira el dispositivo de la invención desde un ángulo suficientemente alto (es decir,  $\phi$  vuelve grande), todas las lentes tendrán puntos de muestreo que están en el dominio de una lente vecina;

la figura 27 ilustra otra realización del dispositivo de seguridad de la invención en la que cada dominio en la matriz de dominios digitalizados es un hexágono o polígono sesgado de seis lados;

40 la figura 28 es una vista plana de uno de los hexágonos mostrados en la figura 27, en la que los bordes están marcados con flechas para indicar los bordes que 'se encuentran' cuando la capa de imagen está en mosaico con estos hexágonos;

45 la figura 29, en un primer cuadro, es una vista plana de un dominio hexagonal digitalizado, y en un segundo cuadro, muestra el dominio hexagonal "enrollado" alrededor del eje x de tal manera que el lado superior se encuentra con el lado inferior para formar un tubo;

la figura 30 es una serie de imágenes en las que un dominio hexagonal se forma en un toro con torsión, lo que demuestra que un dominio hexagonal es equivalente topográficamente a un toro;

la figura 31 es una vista plana de un dominio en forma de un hexágono regular centrado en  $(0,0)$ , con seis vértices ubicados a una unidad de distancia del origen;

la figura 32, en un primer cuadro, es una vista plana del dominio mostrado en la figura 31 después de que se haya aplicado una función escalar continua, mientras que en el segundo cuadro, este dominio se muestra después de haberse repetido espacialmente;

5 la figura 33 ilustra un procedimiento general en el que pueden definirse múltiples funciones en el dominio; alterando o definiendo cada una de estas funciones una imagen en una materia independiente;

la figura 34 proporciona una vista en perspectiva de un diseño a modo de ejemplo en forma de una colección de cubos idénticos que rotan cuando se cambia la perspectiva del espectador, teniendo los cubos con reflexiones, contornos de 'dibujo animado', sombreado, etc.;

10 la figura 35 ilustra cómo los cubos mostrados en la figura 34 se mueven a medida que el espectador se mueve de izquierda a derecha, mientras que la figura 36 ilustra cómo se mueven los cubos a medida que la vista se mueve de arriba abajo;

la figura 37 proporciona un dominio digitalizado que se compone de una disposición de 360 cuadrados que se aproximan a un hexágono;

15 la figura 38 ilustra cómo el dominio digitalizado de la figura 37 puede usarse para realizar un mosaico completamente el plano de capa de imagen, sin huecos entre los píxeles de dominio digitalizado y sin píxeles de dominio digitalizado solapados;

la figura 39 proporciona la matriz de dominios digitalizados mostrados en la figura 38 después de que se haya aplicado la función lineal,  $f_1$ , a cada dominio hexagonal, barriendo esta función desde 0 (blanco) hasta 60 (negro) a medida que se mueve de derecha a izquierda a través de los dominios hexagonales; y

20 la figura 40 proporciona la matriz de dominios digitalizados mostrados en la figura 38 después de que se haya aplicado la función lineal,  $f_2$ , a cada dominio hexagonal, barriendo esta función desde 0 (blanco) hasta 90 (negro) dos veces a medida que se mueve desde la parte superior de un hexágono hasta la parte inferior de un hexágono.

### Descripción detallada de la invención

25 Los elementos de enfoque usados en la presente invención sirven para resaltar, ampliar, iluminar o acentuar un pequeño punto en la(s) capa(s) de imagen. Los elementos de enfoque adecuados incluyen, pero no se limitan a, lentes (por ejemplo, microlentes), orificios en una trama de puntos, reflectores focalizadores, lentes de placas de zona, lentes profundas, objetos con reflexiones especulares, y similares.

30 A modo de antecedentes técnicos, para realizaciones a modo de ejemplo del dispositivo de seguridad de la invención que emplea microlentes, cada lente puede proyectar la imagen completa contenida dentro de su denominada "huella óptica". Tal como se muestra de la mejor manera en la figura 1, la huella óptica de una lente individual se define como la colección de cada punto de la(s) capa(s) de imagen que la lente puede enfocar. El tamaño de esta huella óptica está limitado, entre otras cosas, por la coma, la geometría y el número  $f$  (es decir, la distancia focal dividida entre el diámetro de la lente) de la lente, las propiedades del material de la lente, la presencia de un espaciador o separador óptico (o la ausencia del mismo), y el grosor de la(s) capa(s) de imagen.

35 La percepción de un observador estacionario en relación con la huella óptica de una lente se muestra en la figura 2, viendo el observador estacionario la lente como si representara una versión muy ampliada de un subconjunto muy pequeño de su huella óptica (por ejemplo, el subconjunto incoloro "B" o el subconjunto en color "A"). En particular, el observador no ve una imagen completa en la lente, sino que ve esas partes de imagen ubicadas en el punto focal de la lente. Tal como se muestra de la mejor manera en la figura 3, el subconjunto y, por tanto, el color que se observa depende de la ubicación del observador y, por consiguiente, de qué haz de luz colimada recibe el ojo del observador. La acción o el procedimiento mediante el cual se observan pequeñas partes de la huella óptica de una lente a medida que cambia la ubicación de un observador se denomina "muestreo".

En general, si las lentes son lo suficientemente pequeñas y el observador está lo suficientemente lejos, el dispositivo de seguridad de la presente invención puede caracterizarse por la siguiente afirmación:

45 *Un observador, que mira a través de la colección de lentes que enfocan la(s) capa(s) de imagen desde un punto de vista estático, ve que cada lente está muestreando el mismo lugar en cada una de las huellas ópticas respectivas de la lente simultáneamente.*

50 La figura 4 ilustra el concepto descrito en la afirmación anterior. El primer o último cuadro de esta figura muestra una matriz de lentes en combinación con sus huellas ópticas, que se muestran en este caso como circulares. Se muestra que un observador está muy lejos de las lentes en relación con el tamaño de las lentes, lo que significa que el ángulo desde la normal del plano de la lente hasta el observador es esencialmente el mismo para cada lente. Como resultado, el observador ve que cada lente muestrea el mismo lugar en su huella óptica (es decir, el punto a medio camino entre la parte más a la derecha de la huella óptica circular y el centro del círculo). El cuadro central o segundo de esta figura muestra un patrón en la capa de imagen, trazado entre las huellas ópticas de la lente. El cuadro más a la derecha o

tercero de esta figura muestra lo que vería realmente el observador que mira el dispositivo.

La figura 5 también ilustra el concepto descrito en la afirmación anterior. En el primer cuadro, el observador se muestra en un ángulo diferente en relación con la posición del observador en la figura 4, lo que significa que el observador está viendo un punto de muestreo que se ha desplazado hacia la izquierda. El segundo cuadro de esta figura muestra un patrón diferente en la capa de imagen, mostrando el tercer cuadro de esta figura lo que vería realmente el observador que mira el dispositivo.

Tal como se muestra de la mejor manera en la figura 6, los diferentes patrones mostrados en las figuras 4 y 5 pueden superponerse para formar una capa de imagen en la que un observador que la mire a través de la colección de lentes vería la imagen "A" desde un ángulo y la imagen "B" desde un ángulo diferente. La imagen que ve un observador desde un ángulo dado se denomina más adelante en el presente documento imagen de punto de vista. La colección de todas las imágenes de punto de vista que puede ver un observador desde una capa de imagen puede coordinarse para formar muchos efectos, objetos percibidos y movimientos que tienen ventajas con respecto a los efectos ópticos demostrados por los dispositivos de seguridad microópticos de la técnica anterior.

Tal como se observa a partir de la descripción anterior, la invención objeto permite la formación de una capa de imagen que, colocada en el plano focal de las lentes en la orientación correcta, proyecta una colección de imágenes de punto de vista. Tal como se mencionó anteriormente, estas imágenes de punto de vista pueden representar imágenes u objetos 3D estacionarios o estáticos, en movimiento o dinámicos (por ejemplo, en formación o transformación), un diseño dinámico de curvas, diseños abstractos, formas, fotografías, y similares. Estas imágenes de punto de vista no tienen que proceder de modelos de imágenes u objetos 3D, sino que pueden originarse a partir de cualquier tipo de imagen digital, tal como fotografías, dibujos, representaciones gráficas y curvas matemáticas, etc. Las imágenes de punto de vista pueden incluir efectos de "semitonos" similares a la interpolación de escala de grises, y pueden diseñarse de tal manera que no haya "ajuste" en el campo de visión.

Tal como se mencionó también anteriormente, el dispositivo de seguridad de la presente invención comprende: una colección de elementos de enfoque; y al menos una capa de imagen, proyectando conjuntamente los elementos de enfoque y la(s) capa(s) de imagen una imagen de punto de vista diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos.

La(s) capa(s) de imagen se compone(n) de una matriz de dominios digitalizados discretos, constituyendo cada dominio un subconjunto idéntico o sustancialmente idéntico de la huella óptica de cada elemento de enfoque, siendo los dominios discretos porque no se solapan dos subconjuntos y cada punto en cada subconjunto está lo más cerca de su elemento de enfoque respectivo. Cada dominio se divide en un número de píxeles discretos igual al número de imágenes de punto de vista.

Cada imagen de punto de vista se procesa digitalmente, siendo el número de píxeles en cada imagen de punto de vista procesada digitalmente igual o proporcional al número total de elementos de enfoque que están reservados para esta parte del dispositivo. Los píxeles en cada imagen de punto de vista procesada digitalmente se distribuyen a la misma ubicación dentro de cada dominio digitalizado, de tal manera que cada ubicación dentro de cada dominio digitalizado se marca con el color de un píxel de una imagen de punto de vista procesada digitalmente, lo que permite que el dispositivo proyecte una imagen de punto de vista diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos.

Se describe a continuación un ejemplo de trabajo del método para producir el dispositivo de seguridad de la presente invención y se muestra en las figuras 7-12. En el primer cuadro de la figura 7, se muestra una única lente y su huella óptica. En el segundo cuadro, se muestra una matriz de lentes de tales lentes de seis lentes de alto y cinco lentes de ancho, mientras que en el tercer cuadro, se muestra la misma matriz de lentes en combinación con la huella óptica de cada lente, disponiéndose las huellas ópticas en una disposición solapante en una capa de imagen. Tal como se señaló anteriormente, el término "dominio" está definido por el subconjunto de cada huella óptica que se encuentra más cerca de su lente respectiva que de cualquier otra lente. Según las enseñanzas de la presente invención, el dominio, que en este ejemplo de trabajo tiene una forma sustancialmente cuadrada, se digitaliza. El cuarto cuadro de la figura 7 muestra una única lente con un dominio digitalizado, midiendo el dominio digitalizado tres píxeles de dominio digitalizado (DD) de alto por tres píxeles DD de ancho. La matriz resultante de dominios digitalizados se muestra con una matriz superpuesta de lentes en el quinto cuadro de la figura 7, y por sí misma en el sexto cuadro de la figura 7. La matriz de dominios digitalizados, que en este ejemplo de trabajo mide seis píxeles DD de alto y cinco píxeles DD de ancho, también se conoce como una rejilla de exploración.

El hecho de que haya nueve píxeles en cada dominio digitalizado significa que puede prescribirse un total de nueve imágenes a cada dominio. Cada una de estas nueve imágenes, que se denominan imágenes de punto de vista, puede verse desde un ángulo de visión o punto de vista diferente. En este ejemplo de trabajo, cada imagen de punto de vista es una imagen binaria (es decir, sólo en blanco o negro). Cuando hay treinta lentes en la matriz de lentes y treinta dominios digitalizados en la capa de imagen en este ejemplo de trabajo, cada imagen de punto de vista contendrá exactamente treinta píxeles.

La técnica de distribuir imágenes de punto de vista a la rejilla de exploración se muestra en las figuras 8-12. En el primer cuadro de la figura 8, se muestra una única lente y su dominio digitalizado, indicando el dominio digitalizado la

dirección para cada píxel DD (por ejemplo, indicando (2,1) 2ª fila, 1ª columna, indicando (3,3) 3ª fila, 3ª columna). Una colección de imágenes de punto de vista, cada una de las cuales se ha asignado a una dirección que corresponde a uno de los píxeles DD en el dominio digitalizado se muestra en el segundo cuadro de la figura 8. Por ejemplo, el número de referencia 9 se ha asignado a la dirección (1,1) del dominio digitalizado, mientras que el número de referencia 8 se ha asignado a la dirección (1,2) del dominio digitalizado.

En la figura 9, la imagen correspondiente a la dirección (1,1) (es decir, el número de referencia 9) se muestra distribuido a la rejilla de exploración, que se encuentra en la capa de imagen. De manera similar, en la figura 10, las imágenes correspondientes a las direcciones (1,1) y (1,2) (es decir, los números de referencia 8 y 9) se muestran distribuidos a la rejilla de exploración. En la figura 11, la capa de imagen se muestra después de que las nueve imágenes de punto de vista se hayan distribuido a la rejilla de exploración.

Tras la colocación adecuada de la matriz de lentes sobre la capa de imagen (es decir, sin ángulo de inclinación involuntario en la matriz de lentes usada para especificar la rejilla de exploración), el dispositivo de seguridad resultante proyectará una o más imágenes de punto de vista, dependiendo del ángulo de visión. En particular, a medida que un observador se mueve de un ángulo de visión a otro en relación con el dispositivo de seguridad, se harán visibles diferentes imágenes de punto de vista. La figura 12 muestra en el primer cuadro dos observadores que están mirando el dispositivo de la invención desde diferentes ubicaciones, así como sus observaciones relativas en los cuadros segundo y tercero. En particular, en este ejemplo, el observador 1ª está muy lejos, pero lo más cerca de la esquina superior izquierda del dispositivo. Esto hace que la luz que se proyecta desde el píxel DD en la dirección (3,3) en cada uno de los dominios digitalizados llegue al 1º observador. Por consiguiente, el 1º observador ve la imagen de punto de vista que está asociada con la dirección (3,3), es decir, una imagen del número de referencia 1. De la misma manera, el 2º observador está muy lejos pero lo más cerca de la esquina inferior derecha del dispositivo. Esto hace que la luz que se proyecta desde el píxel DD en la dirección (1,1) en cada uno de los dominios digitalizados llegue al 2º observador. Por consiguiente, el segundo observador ve la imagen de punto de vista que está asociada con la dirección (1,1), es decir, una imagen del número de referencia 9.

Tal como apreciarán fácilmente los expertos en la técnica, la resolución de las imágenes de punto de vista puede aumentarse a medida que aumenta el número de lentes debido a la correspondencia proporcional entre el número de píxeles de imagen de punto de vista y el número de lentes. De manera similar, el número de imágenes de punto de vista puede aumentarse si aumenta el número de píxeles de imagen de punto de vista en los dominios digitalizados.

#### Escala de grises

En la sección anterior, las imágenes de punto de vista simples que eran binarias en el sentido de que los píxeles de punto de vista eran negros o blancos se distribuyeron en la(s) capa(s) de imagen. Sin embargo, el dispositivo de seguridad de la invención también tiene la capacidad de proyectar imágenes de punto de vista muy complejas y detalladas, incluyendo diseños abstractos, modelos 3D sombreados, fotografías, y similares. La capacidad de proyectar tales imágenes de punto de vista resulta posible mediante la distribución de imágenes de punto de vista en escala de grises (semitonos) en la(s) capa(s) de imagen.

En una de tales realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, una imagen sin procesar o no procesada de una tetera de Utah o una tetera de Newell, que se muestra en la figura 13, se usa como la imagen de punto de vista. Esta imagen en particular tiene 160 píxeles de ancho por 100 píxeles de alto y usa 255 tonalidades de gris, lo que requeriría una matriz de lentes de 160 lentes de ancho por 100 lentes de alto. Sin embargo, si una lente proyecta una tonalidad de gris diferente a la de una lente vecina, entonces deben tener tonalidades de gris diferentes en sus dominios digitalizados. Esto significa que para proyectar correctamente las 255 tonalidades de gris, sería necesario poner la tonalidad de gris correcta en el píxel de dominio digitalizado correcto en cada uno de los dominios digitalizados de las lentes. Esto plantea un problema porque normalmente sólo hay un color "impreso" en la(s) capa(s) de imagen cada vez. Si se usan varios colores (o tonalidades de gris), entonces cada uno de estos colores tendría que estar en alineación de tal manera que los píxeles impresos terminaran en el mismo píxel de dominio digitalizado en cada huella óptica de lente. Es difícil mantener tal ultramicroimpresión en alineación y esto presenta un desafío.

La presente invención evita este tipo de requisito de alineación mediante el uso de métodos tales como, por ejemplo, interpolación y semitonos. En particular, para representar la imagen de la tetera usando el algoritmo descrito anteriormente, la paleta de colores requerida se reduce mediante el uso de técnicas tales como fijación de umbrales, interpolación y muestreo descendente, entre otras técnicas conocidas en la técnica. La imagen resultante, que se muestra en la figura 14, es una imagen procesada de 160 x 100 píxeles de la tetera que usa sólo cuatro tonalidades de gris (sin incluir el blanco).

Las cuatro tonalidades de gris pueden interpolarse para mejorar la transición suave de un nivel de gris a otro en la imagen. En particular, en lugar de usar una lente por píxel de imagen de punto de vista, se usa un grupo de lentes o una agrupación de lentes para cada píxel de imagen de punto de vista. La figura 15 muestra una manera en que pueden representarse cuatro niveles de gris (más blanco) mediante un grupo de lentes (2x2).

La imagen de la tetera procesada se muestra en la figura 16 como una imagen binaria acabada, que es el aspecto final de la imagen de la tetera y lo que se proyectaría esencialmente hacia el punto de vista especificado. La imagen

de píxeles (160x100) ya no usa una matriz de lentes de tamaño 160x100, sino una matriz de grupos de lentes de 160x100 en la que cada grupo de lentes es una matriz de lentes de 2x2. En total, eso constituye 320x200 lentes que representan la imagen de la tetera.

Se observa que puede incorporarse cualquier número de algoritmos conocidos (difusión de errores, diversos algoritmos de interpolación, realce de bordes, sombreado de tonos, etc.) para modificar una imagen sin procesar para producir una imagen procesada. Además, el esquema usado para implementar la escala de grises con la agrupación de lentes no tiene que ser una constante. Por ejemplo, hay cuatro maneras de disponer cuatro lentes en un cuadrado para lograr una escala de grises del 25%, y cada píxel gris del 25% de una imagen procesada podría usar independientemente uno de estos cuatro esquemas. Tal como se mencionó anteriormente, un objetivo preferido es terminar con una imagen binaria que pueda usarse para hacer una pasada de impresión para la(s) capa(s) de imagen. La imagen binaria final se distribuirá entonces a la rejilla de exploración apropiada tal como se describió anteriormente.

Tal como resulta evidente a partir de lo anterior, para dispositivos de seguridad con una única capa de imagen, las imágenes de punto de vista pueden ser cualquier cosa que pueda representarse como una imagen binaria. Para dispositivos de seguridad que pueden tener múltiples capas de imagen (múltiples colores, por ejemplo), las imágenes de punto de vista pueden representar cualquier suma de imágenes binarias de colores diferentes.

### Imágenes 3D

Además de permitir que cualquier imagen binaria arbitraria se proyecte como una imagen de punto de vista, el dispositivo de seguridad de la invención también permite la proyección de imágenes totalmente en 3D.

Tal como saben bien los expertos en la técnica, la disparidad binocular se refiere a la diferencia en la ubicación de la imagen de un objeto visto por los ojos izquierdo y derecho, que resulta de la separación horizontal de los ojos. El cerebro usa la disparidad binocular para extraer información de profundidad de imágenes 2D en un procedimiento conocido como estereopsis.

Tal como resultará fácilmente evidente para el lector, la matriz de dominios digitalizados o la rejilla de exploración de la presente invención requiere un mínimo de dos imágenes diferentes distribuidas dentro de la misma para que los ojos izquierdo y derecho vean imágenes de punto de vista diferentes. A través de la presente invención, estas imágenes están diseñadas para estar "relacionadas" de tal manera que cuando el cerebro recibe las dos imágenes 2D diferentes de los ojos izquierdo y derecho, sintetizará la información de profundidad y producirá una imagen 3D convincente en el cerebro.

La relación entre estas imágenes de punto de vista puede lograrse modelando un objeto usando una o más cámaras reales, o modelando el objeto en un programa de gráficos 3D (por ejemplo, software informático SKETCHUP®, 3DS MAX®, MAYA®, Blender y DAZ Studio™, y similares), y luego obteniendo diferentes imágenes de punto de vista sin procesar mediante la reproducción de la vista del objeto por una cámara (virtual) desde múltiples posiciones. Por ejemplo, en la figura 17, una matriz 3x3 de cámaras virtuales, que corresponde en una relación uno a uno con la matriz 3x3 de píxeles para cada dominio digitalizado que se muestra en el cuarto cuadro de la figura 7, se usa para tomar instantáneas de la tetera de Utah o de Newell desde el punto de vista de cada cámara. Las imágenes de punto de vista sin procesar resultantes se muestran en la figura 18. Debido a la correspondencia uno a uno entre la matriz 3x3 de cámaras virtuales y la matriz 3x3 de píxeles para cada dominio digitalizado, cada una de estas imágenes de punto de vista sin procesar está vinculada a una ubicación específica de píxel de dominio digitalizado en cada dominio digitalizado.

Las imágenes mostradas en la figura 18 están numeradas "de abajo arriba y hacia atrás". Esto se hizo para asegurarse de que el espectador vea la imagen pretendida cuando observa el dispositivo desde un punto de vista específico. Por ejemplo, supóngase que un observador está mirando directamente al dispositivo y que se desea que el dispositivo proyecte una imagen (2,2) al observador. Si el observador se mueve hacia la derecha, entonces se esperaría ver algo así en la imagen (2,1). Por tanto, a medida que el observador se mueve hacia la derecha, la imagen que se ve cambia de (2,2) a (2,1). Sin embargo, el punto focal de la lente refractiva convexa usada en los ejemplos anteriores se movería hacia la izquierda cuando el observador se mueve hacia la derecha. Es por esto que el sistema de numeración para las imágenes en la figura 18 parece se hacia atrás. Esto concuerda también con los ejemplos a modo de ejemplo mostrados en las figuras 8 y 12. Tal como apreciará el lector, será necesario que cualquier sistema de numeración de este tipo concuerde con el comportamiento óptico de las lentes.

Tal como se muestra de la mejor manera en la figura 19, la(s) capa(s) de imagen del dispositivo de seguridad de la invención proporcionará(n) a un observador la información necesaria para sintetizar información de profundidad. En particular, la figura 19 proporciona una sección transversal simplificada de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de la invención, así como una colección de campos de visión de las diferentes imágenes de punto de vista. El observador que ve (2,2) con ambos ojos tiene la etiqueta "Observador 1", y el observador que ve (2,2) con un ojo, y (2,1) con el otro ojo tiene la etiqueta "Observador 2". Los triángulos en esta figura representan el campo de visión en el que se proyecta una de las imágenes de punto de vista. Se supone que los observadores están muy lejos del dispositivo en relación con el tamaño de las lentes. Si el observador 1 se mueve ligeramente hacia la derecha, entonces el ojo izquierdo verá la imagen (2,2) y el ojo derecho verá la imagen (2,1). Esto proporciona al cerebro del observador

1 la información necesaria para sintetizar la información de profundidad. De la misma manera, si el observador 1 se mueve ligeramente hacia la izquierda, entonces el ojo derecho verá la imagen (2,2) y el ojo izquierdo verá la imagen (2,3). Esto también proporciona al cerebro del observador 1 dos imágenes 2D que pueden usarse para sintetizar información de profundidad.

5 Tal como se ilustra de la mejor manera en la figura 20, a medida que aumenta la resolución de la impresión disponible para la(s) capa(s) de imagen, también aumenta el número de píxeles que es posible colocar en los dominios digitalizados. Volviendo al ejemplo a modo de ejemplo anterior, esto significa que el número de cámaras también puede aumentar para que coincida con el número de píxeles de dominio digitalizado, y aumentará el número de imágenes de punto de vista proyectadas. La figura 20 muestra en el primer cuadro un nuevo dominio digitalizado en forma de una rejilla cuadrada que se compone de una matriz 12x12 de píxeles de dominio digitalizado. Esto significa que 144 imágenes de punto de vista diferentes pueden representarse mediante la matriz asociada de dominios digitalizados o la rejilla de exploración. En el segundo cuadro de la figura 20, se muestra un conjunto de 144 cámaras (virtuales) que miran la tetera, estando cada una de las cámaras ubicada en una ubicación única en relación con la tetera. Estas cámaras forman una matriz de 144 imágenes de punto de vista (no mostradas), cada una de las cuales estará asociada con una de las direcciones en la matriz de dominios digitalizados. En el tercer cuadro de la figura 20, se muestra una sección transversal de los campos de visión de las imágenes proyectadas, de manera similar a la figura 19. Este cuadro ilustra el hecho de que cuando se usan las mismas matrices de lentes y dominios, pero se usa una mayor cantidad de píxeles de dominio digitalizado en los dominios digitalizados, el campo de visión para cada imagen de punto de vista proyectada será más pequeño, pero el campo de visión total para todo el dominio de la lente será igual. En este ejemplo, ambos observadores ahora están viendo en 3D. Hay una mayor resolución 3D para este dispositivo que para el dispositivo de la figura 19 en cuanto al número de imágenes de punto de vista.

Una de las limitaciones inherentes a los ejemplos anteriores, que se ilustra en la figura 21, es el hecho de que el campo de visión del dispositivo no es el igual al campo de visión de todas las imágenes de punto de vista proyectadas (es decir, su alcance). La figura 21 muestra en el primer cuadro una lente y su huella óptica respectiva, que es la colección de todos los puntos en la capa de imagen que la lente puede enfocar. El campo de visión del dispositivo, que tal como se hizo alusión anteriormente es básicamente un ángulo sólido en el que las lentes proyectan la totalidad de sus huellas ópticas, se muestra en el segundo cuadro de la figura 21. En el tercer cuadro de la figura 21, se muestra un dominio digitalizado, constituyendo el dominio un subconjunto de la huella óptica que está lo más cerca de esa lente en particular. Por definición, no se solaparán nunca dos dominios adyacentes. Sin embargo, es posible que las huellas ópticas se solapen (véase la figura 7). Normalmente, el dominio tendrá una forma poligonal de algún tipo (por ejemplo, cuadrado, hexágono, hexágono sesgado, triángulo, pentágono de Penrose), y el dominio digitalizado es una aproximación de la geometría del dominio usando píxeles. En el cuarto cuadro de la figura 21, se muestra el campo de visión de todas las imágenes de punto de vista proyectadas. Esto se denomina el alcance del dispositivo. El alcance no es necesariamente igual al campo de visión del dispositivo. No es necesario que el alcance sea circular. En este ejemplo, el alcance se divide en varias secciones diferentes, cada una de las cuales es un subconjunto del campo de visión de una imagen de punto de vista particular.

La figura 22 ilustra lo que ve un observador que está fuera del alcance del dispositivo pero dentro del campo de visión del dispositivo. Tal observador, que se muestra en el lado derecho de la figura 22, ve una imagen de punto de vista que es el resultado de las lentes que toman muestras de puntos que están dentro de los dominios de lentes vecinas. Este denominado muestreo se ilustra en la figura 23, usando un dispositivo que tiene el mismo dominio digitalizado que el del primer cuadro de la figura 8.

La figura 23 ilustra el campo de visión de las lentes y tres copias del alcance. El alcance consiste en las proyecciones de imágenes de punto de vista (2,3), (2,2) y (2,1). En esta ilustración, el alcance se ha repetido en un sentido radial para mostrar la periodicidad del dispositivo en cuanto a la forma en que proyecta imágenes de punto de vista. En esta figura, el observador 1 ve la imagen de punto de vista (2,1), que está en el alcance, mientras que el observador 2 ve la imagen de punto de vista (2,3), que está en el alcance de la lente vecina.

#### Sin ajuste

Tal como se describió con detalle anteriormente, existe una correspondencia uno a uno entre el número de píxeles de dominio digitalizado y el número de imágenes de punto de vista que el dispositivo de seguridad de la invención puede proyectar. Manteniendo el mismo tamaño de dominio, a medida que aumenta el número de píxeles de dominio digitalizado, disminuye el campo de visión para cada imagen de punto de vista individual, lo que provoca una mayor probabilidad de que a los ojos izquierdo y derecho de un observador se les presenten imágenes diferentes. Si las imágenes de punto de vista están diseñadas para tener una determinada relación entre sí, entonces el observador verá una imagen 3D. Este tipo de relación puede formarse, por ejemplo, definiendo que cada imagen de punto de vista es la vista de un objeto desde una ubicación que correspondería a la ubicación del observador cuando observan el dispositivo. Por ejemplo, la cámara que está viendo la tetera de Utah "directamente" debe tomar una fotografía que proporcione la imagen de punto de vista que el dispositivo debe proyectar y ver un observador que mira el dispositivo "directamente". De la misma manera, la cámara que está mirando la tetera de Utah "desde la derecha" debe tomar una fotografía que proporcione la imagen de punto de vista que el dispositivo debe proyectar y ver un observador que mira el dispositivo "desde la derecha". Considerando la figura 20, esto significa que habrá un total de 144 ubicaciones desde las cuales una cámara tomará una fotografía de un objeto, y un total de 144 áreas distintas y pequeñas (la suma

de las cuales crea el alcance completo) desde las cuales un observador puede ver el dispositivo que proyecta una imagen de punto de vista única. Los movimientos ligeros realizados por el observador dentro de este alcance garantizan que sólo hubo un ligero movimiento de la cámara cuando se generaron las imágenes. Sin embargo, si el observador se mueve fuera del alcance y mira el dispositivo, desde la perspectiva de la cámara que estaba tomando estas fotografías para empezar, un pequeño movimiento del observador a través del límite del alcance corresponderá a un gran movimiento de la cámara: la cámara se habrá movido toda la distancia hasta el otro extremo. Esto crea una gran discontinuidad en lo que ve el observador que se denomina "ajuste". Para los ejemplos que se han usado hasta ahora, el ajuste es una consecuencia del campo de visión del dispositivo que es mayor que el alcance.

El dispositivo de la invención, en una realización a modo de ejemplo, está diseñado para proyectar una imagen 3D que tiene paralaje completo en todas las direcciones. En esta realización, sin embargo, no existe alineación "x-y" entre las lentes y sus dominios respectivos.

En los ejemplos anteriores, se ha supuesto que existe una alineación "x-y" entre las lentes y sus dominios respectivos. Dicho de otro modo, cuando el espectador mira el dispositivo desde un punto de observación distante que es perpendicular a la superficie del dispositivo, entonces cada lente debe muestrear el punto que está exactamente en el centro del dominio digitalizado. En realidad, la matriz de lentes y la(s) capa(s) de imagen se forman por separado y, por tanto, es difícil garantizar tal alineación. De hecho, la colocación x-y de la matriz de lentes con respecto a la capa de imagen puede ser algo aleatoria.

El dispositivo 1 mostrado en la figura 24 dará como resultado que el alcance se proyecte en una dirección que es perpendicular a la superficie del dispositivo y que se produzca ajuste cuando se mira el dispositivo desde ángulos altos. Este es el escenario ideal para un dispositivo tal como el que se describió anteriormente y proyecta un objeto 3D estático. Sin embargo, con igual probabilidad, los procedimientos de fabricación actuales darán como resultado algo similar al dispositivo 2, donde el límite entre los dominios digitalizados se encuentra directamente debajo de cada lente. Esto dará como resultado un ajuste de la imagen 3D cuando un observador esté mirando el dispositivo desde una ubicación perpendicular. El alcance (y copias del alcance) se proyectan en direcciones que sólo se ven en ángulos de visión incómodos. Esto no es deseable.

En la realización a modo de ejemplo descrita a continuación, el dispositivo de seguridad de la invención proyecta imágenes que no tienen ajuste. Al eliminar el ajuste, ya no se requiere el requisito de alineación de lente con respecto a dominio, y la capacidad de fabricación de tales dispositivos se habilita usando las técnicas actuales.

La base matemática usada por los presentes inventores para diseñar realizaciones a modo de ejemplo de los dispositivos de seguridad de la presente invención que tienen efectos 3D y otros, pero no ajuste, se basó en la siguiente afirmación, que se ilustra en la figura 25:

*Existe una correspondencia uno a uno entre el punto de vista de un observador, expresado como  $(\theta, \varphi)$ , la ubicación que las lentes están muestreando dentro de un dominio, expresado como  $(x, y)$ , y la imagen de punto de vista proyectada que ve el observador, expresado como una función de valor de matriz (o valor de imagen) de la ubicación de muestreo denominada imagen  $(x, y)$ .*

Debido a que se supuso que el observador está "muy lejos" del dispositivo de la invención, la ubicación del observador sólo se dio en cuanto a sus coordenadas esféricas angulares, y no del componente radial. En última instancia, esta coordenada  $(\theta, \varphi)$  se mapeó en una coordenada  $(x, y)$ , que es la entrada a la función de valor de imagen que proporciona la imagen de punto de vista.

Tal como se muestra en la figura 23, si un observador mira el dispositivo de la invención desde un ángulo suficientemente alto (es decir,  $\varphi$  se vuelve grande), entonces todas las lentes tendrán puntos de muestreo que están en el dominio de una lente vecina. Debido a la naturaleza sustancialmente periódica del dispositivo, se dijo que el punto muestreado  $(x, y)$  simplemente 'saltó' de un lado del dominio al otro. Esto se ilustra en la figura 26. Por tanto, el dominio es literalmente una región poligonal bidimensional en la que cualquier punto de esa región se mapea en una imagen. Tal dominio se denominará más adelante en el presente documento un dominio fundamental.

En todos los ejemplos anteriores, el dominio fundamental ha sido un cuadrado. Sin embargo, una forma mucho más general es un hexágono o polígono de seis lados, tal como se muestra en la figura 27. En esta realización a modo de ejemplo, los hexágonos sesgados forman mosaicos del/de los plano(s) de capa de imagen y representan un dominio fundamental más general que los cuadrados. Además, es posible mapear un hexágono sesgado, que es equivalente topográficamente a un hexágono regular, a un hexágono regular sin pérdida de generalidad.

En la figura 28, los bordes de este dominio fundamental están marcados con flechas para indicar qué bordes se alinean cuando el plano de capa de imagen está formando un mosaico con este hexágono para formar una estructura periódica en la(s) capa(s) de imagen.

Una vez identificados los hexágonos sesgados como los dominios fundamentales, y después de formar un mosaico en el plano de capa de imagen con estos hexágonos, los presentes inventores identificaron entonces las funciones matemáticas de  $x$  e  $y$  que son continuas incluso cuando  $x$  e  $y$  se 'reinician' al dominio fundamental. Para ilustrar que esto era posible, los presentes inventores consideraron "enrollar" un hexágono para dar un tubo. En particular, la figura

29 muestra un dominio fundamental de seis lados que se “enrolla” alrededor del eje x de tal manera que el lado superior se encuentra con el lado inferior para crear un “tubo”. A continuación, el tubo se “enrolló” alrededor de un eje perpendicular, de tal manera que los lados izquierdo y derecho se encontraron correctamente. En el caso de este dominio fundamental de seis lados, tuvo que introducirse una “torsión” para que el borde superior izquierdo se encontrara con el borde inferior derecho, y el borde superior derecho se encontrara con el lado inferior izquierdo, respectivamente. La forma final fue un toro con torsión. El procedimiento para formar el toro con torsión a partir del hexágono se muestra en la figura 30, ayudando el procedimiento a que se visualice el hecho de que el dominio fundamental hexagonal es equivalente topográficamente a un toro.

Mediante la coloración “continua” del toro con torsión y luego desenrollado, los presentes inventores descubrieron que puede haber cualquier número de funciones bidimensionales o escalares matemáticas continuas en el dominio fundamental que siguen siendo continuas cuando el dominio fundamental se repite en el sentido periódico espacialmente.

Las imágenes se produjeron o modificaron usando estas funciones escalares matemáticas continuas. Estas imágenes sirven como la función de valor de imagen descrita anteriormente.

A modo de ejemplo, se aplicó una función escalar al dominio fundamental mostrado en la figura 31, que es una región en el plano xy. Específicamente, el dominio fundamental era un hexágono regular centrado en (0,0), con sus seis vértices ubicados a una unidad de distancia del origen. Los presentes inventores han descubierto que una forma de evitar el ajuste es asegurarse de que cuando se aplica tal función escalar a copias repetidas del dominio fundamental, el resultado sea continuo. El siguiente es un ejemplo de dicha función escalar:

$$d = \sin\left(\frac{4}{3}(2\pi x)\right)$$

En el primer cuadro de la figura 32, se muestra el dominio fundamental de la figura 31 después de que se le ha aplicado la función escalar al mismo, mientras que en el segundo cuadro, se muestran copias repetidas espacialmente del dominio fundamental (después de que se ha aplicado la función escalar). Tal como puede observarse fácilmente en el segundo cuadro de la figura 32, el plano formado por la formación en mosaico repetida del dominio fundamental está cubierto con una función continua. Dicho de otro modo, no importa en qué dirección se mueva el punto de muestreo, nunca hay un cambio brusco en el valor de  $d$ .

El valor escalar  $d$  se usó entonces para alterar o definir una imagen. En un ejemplo a modo de ejemplo, este valor escalar  $d$  se usó como factor de escala en la imagen. El dispositivo de seguridad resultante tenía una imagen que se hacía más grande y más pequeña a medida que se inclinaba de izquierda a derecha.

El ejemplo a modo de ejemplo anterior es un ejemplo relativamente simple de cómo el dominio fundamental puede tener una función escalar aplicada al mismo que permite que la formación en mosaico del dominio fundamental sea continua. Los valores de la función se usan entonces para definir o alterar una imagen de alguna manera; en este caso, el valor de la función se usó para modificar a escala una imagen. En general, pueden usarse múltiples funciones simultáneamente para alterar diferentes aspectos de una imagen. Puede usarse cualquier número de funciones en un único diseño, y cada una de estas funciones puede afectar al diseño de cualquier manera imaginable. Cualquier parámetro cuantificable en una imagen puede ajustarse mediante el uso de estas funciones para crear un diseño muy dinámico. Por ejemplo, una función puede controlar la rotación de una imagen mientras que otra afecta a la iluminación. Varios objetos pueden aumentar y disminuir de tamaño independientemente entre sí mediante múltiples funciones. Las funciones pueden ser sinusoides horizontales (como el ejemplo anterior) o sinusoides verticales. Las funciones pueden definirse en cuanto a coordenadas polares para tener otra funcionalidad. Además, cualquier combinación lineal de estas funciones puede combinarse para proporcionar un comportamiento muy complejo de los objetos en los diseños. El diseño cuidadoso de estas funciones y sus alteraciones asociadas que provocan en las imágenes/objetos pueden formar efectos 3D que no son posibles con otros métodos.

Tal como se describe en la figura 33, pueden definirse múltiples funciones en el dominio fundamental. Cada una de estas funciones puede alterar o definir una imagen de manera independiente.

En otro ejemplo a modo de ejemplo, se realizó un diseño que estaba representado por una colección de cubos idénticos que rotaban cuando cambiaba la perspectiva del espectador. Estos cubos, que tienen reflexiones, contornos de ‘dibujo animado’, sombreado, etc., se muestran en la figura 34.

Tal como se ilustra en la figura 35, a medida que el espectador se mueve de izquierda a derecha, los cubos rotan alrededor de un eje vertical. En esta figura, las flechas indican la dirección de movimiento de los cubos a medida que la perspectiva del espectador cambia en horizontal (inclinación izquierda-derecha). A medida que el espectador se mueve hacia arriba y hacia abajo, los cubos rotan alrededor de su propio eje, hacia el centro de la disposición de cubos. Esto es como si estuvieran dando volteretas hacia o lejos del centro de la disposición. Esto se ilustra en la figura 36. En esta figura, las flechas indican la dirección de movimiento de los cubos a medida que la perspectiva del espectador cambia en vertical (inclinación hacia-lejos).

Para hacer que este tipo de movimientos estén libres de ajuste, el alcance completo de movimiento de cada cubo debe ser cíclico de alguna manera lógica visualmente.

Si el alcance completo de movimiento abarca 60 grados ( $360/6$ ) para el movimiento izquierda-derecha, entonces cada cubo se moverá hasta la posición de su vecino, y el resultado al final de este movimiento será indistinguible del comienzo. Este número de 60 grados funciona porque hay seis cubos distribuidos equitativamente alrededor de un círculo.

Si el alcance de movimiento completo abarca 90 grados para el movimiento hacia-lejos, entonces cada cubo habrá realizado un cuarto de voltereta y será indistinguible de un cubo que no se ha movido en absoluto. Este número de 90 grados funciona porque un cubo tiene una simetría de rotación de 90 grados a lo largo de un eje normal a una de sus caras.

Para este ejemplo a modo de ejemplo, se usó el dominio digitalizado mostrado en la figura 37. Este dominio se componía de una disposición de 360 cuadrados que se aproximaban a la forma de un hexágono. Dicho de otro modo, este dominio tiene 360 píxeles de dominio digitalizado que representan un total de 360 imágenes de punto de vista únicas. Tal como se muestra en la figura 38, este hexágono forma un mosaico de manera efectiva en el plano de capa de imagen. Dicho de otro modo, no hay huecos entre los píxeles de dominio digitalizado, y no hay píxeles de dominio digitalizado solapados. En esta figura, la línea en negrita se traza simplemente para ayudar a mostrar el límite entre los hexágonos. Cada uno de los cuadrados mostrados en esta figura podría haberse convertido en rectángulo de tal manera que los tonos resultantes en la matriz de hexágonos aproximados coincidieran exactamente con la lente deseada que iba a usarse.

Luego se eligieron dos funciones simétricas de toro con torsión que podían usarse para mapear la perspectiva del espectador a parámetros en las imágenes. Estas funciones, que se definieron implícitamente con anterioridad, incluyen una primera función  $f_1$ , para ir desde 0 hasta 60 grados cuando el espectador se mueve a izquierda-derecha, y una segunda función  $f_2$ , para ir desde 0 hasta 90 grados cuando el espectador se mueve de arriba a -abajo. Estas dos funciones son funciones lineales simples. La primera función lineal  $f_1$  aplicada al hexágono, se muestra en la figura 39) Esta función barre desde 0 (blanco) hasta 60 (negro) a medida que se avanza de derecha a izquierda a través de los hexágonos.

La segunda función  $f_2$  aplicada al hexágono, se muestra en la figura 40. Esta función barre desde 0 (blanco) hasta 90 (negro) dos veces al pasar de la parte superior de un hexágono a la parte inferior de un hexágono.

Se observa en este caso que cada hexágono en la figura 39 es idéntico, y que cada hexágono en la figura 40 es idéntico. Además, las funciones se ejecutan 'suavemente' en sentido horizontal de hexágono a hexágono en vertical en la figura 39, y en horizontal en la figura 40) Hay un 'salto' abrupto entre cada función,  $f_1$  y  $f_2$ , que puede verse como una transición brusca de blanco a negro. Sin embargo, la simetría de los objetos que están controlándose por estas funciones oculta en realidad esta discontinuidad funcional. Esto se debe a que cuando los cubos se hacen rotar (en el sentido de la figura 35) 60 grados, terminan en una posición idéntica a la de cuando comenzaron. De manera similar, cuando los cubos se hacen rotar (en el sentido de la figura 36) 90 grados, terminan en una posición idéntica a la de cuando comenzaron.

Luego se generaron imágenes de punto de vista para este diseño particular. Tal como se indicó anteriormente, para cada píxel de dominio digitalizado en la figura 37, habrá una imagen de punto de vista asociada que se revelará cuando el observador mire el dispositivo desde un ángulo de visión particular. Esto significa que debe generarse un total de 360 imágenes de punto de vista (porque hay 360 píxeles de dominio digitalizado en la figura 37). Para cada uno de estos píxeles, se calculó un valor para  $f_1$  y  $f_2$ , determinando estos valores la posición de rotación de los cubos en la figura 34. La cantidad de rotación en la figura 35 se determinó por  $f_1$  y la cantidad de rotación en la figura 36 se determinó por  $f_2$ . Una vez que los cubos estaban en su lugar para un píxel de dominio digitalizado dado, se reprodujo una imagen de punto de vista (o se tomó una fotografía). En cualquier caso, se procesó la imagen resultante usando técnicas de procesamiento de imágenes típicas para producir una imagen en escala de grises con un número conocido de 'niveles' de escala de grises, y un número de píxeles que es igual al número de lentes dividido entre el número de niveles de escala de grises.

Los ejemplos de imágenes que funcionan bien con una definición matemática de este tipo incluyen, pero no se limitan a: hipotrocoides e hipocicloides; epitrocoides y epicicloides; curvas de Lissajous; curvas generadas por armonógrafos y procedimientos similares a los armonógrafos; superficies regladas; curvas generadas artísticamente y algoritmos realizados en ellas; cáusticas y colecciones de trayectorias trazadas por rayos; y familias de curvas definibles paramétricamente.

En términos generales, el dispositivo de seguridad de la presente invención puede prepararse usando la variedad de materiales y técnicas de fabricación descritos en la patente estadounidense n.º 7.333.268 concedida a Steenblik *et al.*, la patente estadounidense n.º 7.468.842 concedida a Steenblik *et al.* y la patente estadounidense n.º 7.738.175 concedida a Steenblik *et al.*

El dispositivo de seguridad de la invención puede usarse en forma de, por ejemplo, un material de hoja para usar en la producción, por ejemplo, de billetes de banco, pasaportes y similares, o puede adoptar una forma más gruesa y

robusta para su uso como, por ejemplo, una plataforma de base para una tarjeta de ID, un documento de alto valor u otro documento de seguridad. El dispositivo de la invención también puede usarse en forma de una tira de seguridad, hilo, parche o recubrimiento y montarse en una superficie de, o al menos incrustarse parcialmente dentro de un material de hoja fibroso o no fibroso (por ejemplo, billete de banco, pasaporte, tarjeta de ID, tarjeta de crédito, etiqueta) o producto comercial (por ejemplo, discos ópticos, CD, DVD, envases de medicamentos), etc., con fines de autenticación.

Cuando se usa en forma de una plataforma de base para una tarjeta de ID, un documento de alto valor u otro documento de seguridad, el diámetro de base de los elementos de enfoque en forma de, por ejemplo, lentes refractivas o reflectantes es preferiblemente menor de aproximadamente 50 micrómetros, preferiblemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 30 micrómetros, y más preferiblemente desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 25 micrómetros, mientras que el grosor total del dispositivo de la invención es preferiblemente menor de o igual a aproximadamente 3 milímetros (mm) incluyendo (pero sin limitarse a) grosores: que oscilan entre aproximadamente 1 y aproximadamente 3 mm; que oscilan entre aproximadamente 500 micrómetros y aproximadamente 1 mm; que oscilan entre aproximadamente 200 y aproximadamente 500 micrómetros, que oscilan entre aproximadamente 50 y aproximadamente 199 micrómetros, y de menos de aproximadamente 50 micrómetros.

Cuando se usa en forma de una tira, hilo, parche o recubrimiento de seguridad, el diámetro de base de los elementos de enfoque en forma de, por ejemplo, lentes refractivas o reflectantes es preferiblemente menor de aproximadamente 50 micrómetros, preferiblemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 30 micrómetros, y más preferiblemente desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 25 micrómetros, mientras que el grosor total del dispositivo de la invención es preferiblemente menor de aproximadamente 50 micrómetros (más preferiblemente, menor de aproximadamente 45 micrómetros, y lo más preferiblemente, desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 40 micrómetros).

Las tiras, los hilos, parches y recubrimientos de seguridad pueden estar incrustados parcialmente o montados en la superficie de un documento. Para tiras e hilos parcialmente incrustados, partes de los mismos quedan expuestas en la superficie del documento a intervalos espaciados a lo largo de la tira o el hilo en las ventanas o aberturas del documento.

El dispositivo de la invención puede incorporarse al menos parcialmente en papeles de seguridad durante la fabricación mediante técnicas empleadas habitualmente en la industria de fabricación de papel. Por ejemplo, el dispositivo de la invención en forma de una tira o un hilo puede alimentarse a una máquina de fabricación de papel de molde cilíndrico, una máquina de cubas de cilindro o una máquina similar de tipo conocido, lo que da como resultado la incrustación total o parcial de la tira o el hilo dentro del cuerpo del papel acabado.

Las tiras, los hilos, parches y recubrimiento de seguridad también pueden adherirse o unirse a la superficie de un documento con o sin el uso de un adhesivo. La unión sin el uso de un adhesivo puede lograrse usando, por ejemplo, técnicas de soldadura térmica tales como soldadura por ultrasonidos, soldadura por vibración y fusión por láser. Los adhesivos para adherir los dispositivos de la invención a una superficie de un documento pueden ser uno de adhesivos de fusión en caliente, adhesivos activables por calor, adhesivos sensibles a la presión y películas de laminación poliméricas. Estos adhesivos son preferiblemente de naturaleza reticulable, tales como material acrílico o resina epoxídica curado con luz ultravioleta (UV), lográndose la reticulación mientras el adhesivo está en la fase fundida.

En otra realización contemplada, el dispositivo de la invención forma parte de una construcción de etiqueta que contiene un adhesivo transparente o translúcido (es decir, la capa transparente de material termoplástico). El dispositivo de la invención puede colocarse en el interior de un envase, de modo que las imágenes sintéticas permanezcan visibles. En esta realización, el diámetro de base de los elementos de enfoque es preferiblemente menor de aproximadamente 50 micrómetros, preferiblemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 30 micrómetros, y más preferiblemente desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 25 micrómetros, mientras que el grosor total del dispositivo de la invención es preferiblemente menor de aproximadamente 200 micrómetros (más preferiblemente, menor de aproximadamente 75 micrómetros, y lo más preferiblemente, desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 50 micrómetros).

Aunque se han descrito anteriormente diversas realizaciones de la presente invención, debe entenderse que se han presentado sólo a modo de ejemplo, y no como limitación.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de seguridad para proyectar una colección de imágenes sintéticas, que comprende: una colección de elementos de enfoque, teniendo cada elemento de enfoque una huella óptica; y al menos una capa de imagen, proyectando conjuntamente la colección de elementos de enfoque y la al menos una capa de imagen una imagen de punto de vista diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos,  
5  
caracterizado porque la al menos una capa de imagen incluye una rejilla binaria de imágenes digitales distribuidas, en el que cada píxel de la rejilla binaria está o bien encendido o bien apagado,  
en el que, la al menos una capa de imagen está formada por un conjunto de dominios digitalizados discretos, constituyendo cada dominio un subconjunto idéntico o sustancialmente idéntico de la huella óptica de cada elemento de enfoque, siendo los dominios discretos en el sentido de que no se solapan dos subconjuntos y cada punto en cada subconjunto está lo más cerca de su elemento de enfoque respectivo, dividiéndose cada dominio en un número de píxeles discretos igual al número de imágenes de punto de vista, en el que cada píxel representa una parte de una imagen de punto de vista diferente, y en el que los dominios forman una  
10  
rejilla de exploración,  
en el que cada imagen de punto de vista se procesa digitalmente, siendo el número de píxeles en cada imagen de punto de vista procesada digitalmente igual o proporcional al número total de elementos de enfoque, distribuyéndose los píxeles en cada imagen de punto de vista procesada digitalmente a la misma ubicación dentro de cada dominio digitalizado, de tal manera que cada ubicación dentro de un dominio digitalizado esté marcada con el color de un píxel de una imagen de punto de vista procesada digitalmente diferente, lo que permite que el dispositivo proyecte una imagen de punto de vista diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos, en el que cada imagen de punto de vista procesada digitalmente se obtiene procesando digitalmente imágenes de punto de vista sin procesar para formar imágenes binarias y en el que cada imagen de punto de vista sin procesar prescribe lo que debe ver un observador cuando mira el dispositivo de seguridad desde un ángulo dado.  
15  
2. El dispositivo de seguridad según la reivindicación 1, que proyecta una colección de imágenes sintéticas en escala de grises o de semitonos, en el que cada imagen es una imagen en escala de grises con una paleta de colores reducida, y en el que se usa un grupo de elementos de enfoque para cada píxel de imagen  
20  
o  
que proyecta una colección de imágenes sintéticas tridimensionales, en el que el conjunto de dominios digitalizados discretos tiene píxeles de dos o más imágenes procesadas digitalmente diferentes distribuidos dentro de la misma, incluyendo las imágenes una cierta disparidad binocular vistas desde una primera dirección de observación  
30  
o  
que proyecta una colección de imágenes sintéticas que no tienen ajuste, en el que cada imagen distribuida es una imagen compuesta preparada usando una o más funciones escalares matemáticas continuas para definir o alterar un parámetro cuantificable en la imagen  
35  
o  
que proyecta una colección de imágenes sintéticas seleccionadas del grupo de imágenes sintéticas en escala de grises o de semitonos, imágenes sintéticas tridimensionales, imágenes sintéticas que no tienen ajuste, y combinaciones de las mismas.  
40  
3. Un método implementado por ordenador para producir un dispositivo de seguridad para proyectar una colección de imágenes sintéticas, en el que el dispositivo de seguridad se compone de una colección de elementos de enfoque en forma de una hoja de elementos de enfoque, teniendo cada elemento de enfoque una huella óptica; y al menos una capa de imagen, proyectando conjuntamente los elementos de enfoque y la al menos una capa de imagen, una imagen de punto de vista diferente cuando se mira el dispositivo en diferentes ángulos, comprendiendo el método:  
45  
(a) formar la al menos una capa de imagen mediante:  
(i) compilar una colección de imágenes de punto de vista sin procesar diferentes, prescribiendo cada imagen de punto de vista sin procesar lo que debe ver un observador cuando mira el dispositivo de seguridad desde un ángulo dado;  
50  
(ii) elegir un dominio para cada elemento de enfoque en la hoja de elementos de enfoque, y organizar los dominios en forma de rejilla en o dentro de al menos una capa de imagen, constituyendo los dominios subconjuntos idénticos de cada una de las huellas ópticas del elemento de enfoque de tal manera que no se solapan dos subconjuntos y cada punto en cada subconjunto está lo más cerca

de su elemento de enfoque respectivo una vez que la al menos una capa de imagen se coloca en un plano focal de la colección de elementos de enfoque, en el que no es necesaria una alineación exacta entre los dominios y los elementos de enfoque;

- 5 (iii) digitalizar cada dominio elegido dividiendo cada dominio en un número de píxeles discretos, que representarán, cada uno, una parte de una imagen de punto de vista diferente, siendo el número de píxeles en cada dominio digitalizado igual al número de imágenes de punto de vista diferentes, formando los dominios digitalizados una rejilla de exploración;
- 10 (iv) procesar digitalmente cada una de las imágenes de punto de vista sin procesar diferentes para formar imágenes binarias, en el que el número de píxeles en cada imagen de punto de vista procesada digitalmente es igual o proporcional al número total de elementos de enfoque en la hoja de elementos de enfoque que se usará para representar la imagen completa deseada;
- 15 (v) distribuir la colección de imágenes de punto de vista procesadas diferentes en la rejilla de exploración marcando cada píxel de dominio digitalizado con el color del píxel de imagen de punto de vista correspondiente a través de un procedimiento denominado 'distribución', que implica asignar una dirección a cada píxel en cada dominio digitalizado, y luego asignar una imagen a cada píxel que tenga la misma dirección en cada dominio digitalizado, de tal manera que cada ubicación dentro de un dominio digitalizado se marcará con el color de un píxel desde una imagen de punto de vista procesada diferente; y

(b) colocar la(s) capa(s) de imagen formadas en un plano focal de la hoja de elementos de enfoque.

- 20 4. Un dispositivo de seguridad preparado según el método implementado por ordenador según la reivindicación 3.
5. El método implementado por ordenador según la reivindicación 3, que produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas en escala de grises o de semitonos, en el que cada imagen de punto de vista sin procesar es una imagen de punto de vista en escala de grises o de semitonos, en el que las imágenes de punto de vista sin procesar se modifican reduciendo el número de tonalidades de gris en la paleta de colores de cada imagen, opcionalmente interpolando las tonalidades de gris restantes en la paleta de colores de cada imagen, y luego representando cada imagen de punto de vista procesada como una imagen binaria acabada, en el que después de distribuir la colección de imágenes binarias acabadas diferentes en la rejilla de exploración, se usa un grupo de elementos de enfoque para cada píxel de imagen de punto de vista
- 25
- 30

o

- 35 que produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas tridimensionales, en el que la etapa de compilación cuando se forma la al menos una capa de imagen implica modelar un objeto en un programa de reproducción de gráficos 3D y obtener imágenes de punto de vista sin procesar diferentes del objeto mediante la reproducción de vistas del objeto usando una cámara en múltiples posiciones, existiendo una correspondencia uno a uno entre el número de vistas reproducidas por la cámara y el número de píxeles en cada dominio digitalizado.

- 40 6. El método implementado por ordenador según la reivindicación 3, que produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas que no tienen ajuste, comprendiendo además el método: determinar funciones escalares matemáticas de  $x$  e  $y$  que son continuas; aplicar una o más de tales funciones escalares matemáticas a copias del dominio para obtener uno o más valores escalares, constituyendo el dominio una región en el plano  $xy$  que se ha repetido en un sentido periódico espacialmente; y usar uno o más valores escalares para definir o alterar un parámetro cuantificable en la colección de imágenes de punto de vista distribuidas a los dominios, generándose de ese modo imágenes de punto de vista compuestas.

- 45 7. El método implementado por ordenador según la reivindicación 3, que produce un dispositivo de seguridad que proyecta una colección de imágenes sintéticas seleccionadas del grupo de imágenes sintéticas en escala de grises o de semitonos, imágenes sintéticas tridimensionales, imágenes sintéticas que no tienen ajuste, y combinaciones de las mismas.

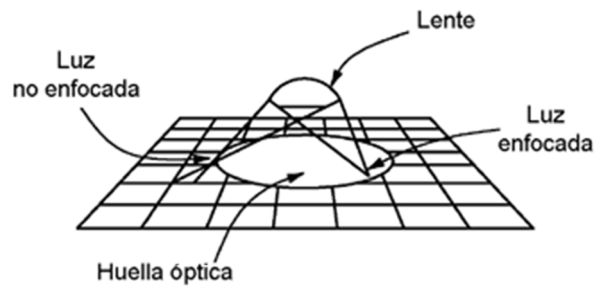
- 50 8. El método implementado por ordenador según la reivindicación 6, en el que las funciones escalares matemáticas de  $x$  e  $y$  son continuas incluso cuando  $x$  e  $y$  se reinician sobre el dominio

o en el que el dominio es un hexágono regular centrado en  $(0,0)$ , con sus seis vértices ubicados a una unidad de distancia del origen, en el que la una o más funciones escalares son:  $d = \sin\left(\frac{4}{3}(2\pi x)\right)$ , en el que el valor escalar  $d$  se usa como factor de escala en la imagen.

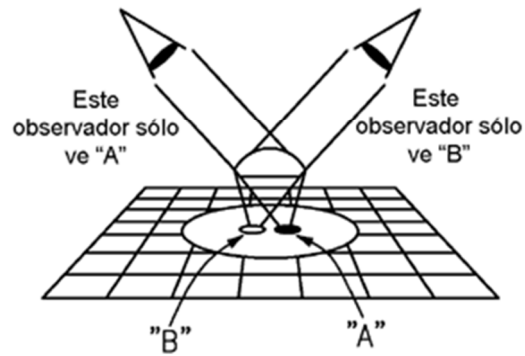
9. El método implementado por ordenador según la reivindicación 6, en el que la colección de imágenes

sintéticas es una colección de cubos idénticos, en el que el dominio es una disposición de 360 cuadrados que se aproximan a la forma de un hexágono, en el que la una o más funciones escalares son unas funciones simétricas de toro con torsión primera y segunda ( $f1$ ,  $f2$ ), en el que la primera función  $f1$  barre desde 0 hasta 60 grados cuando el espectador se mueve de izquierda a derecha, y la segunda función  $f2$  barre desde 0 hasta 90 grados cuando el espectador se mueve de arriba abajo.

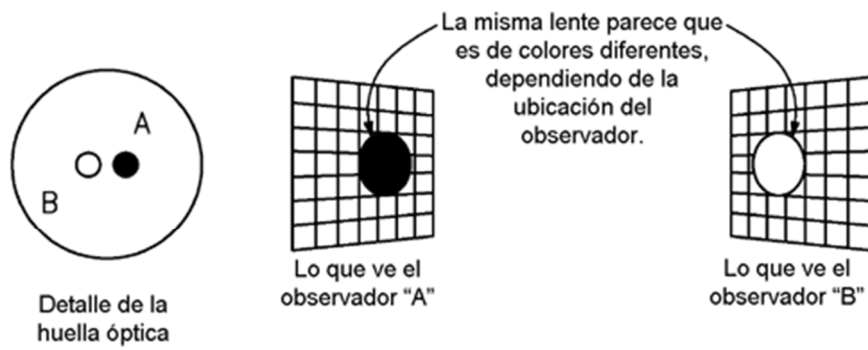
- 5
10. Un material de hoja que se compone del dispositivo de seguridad según la reivindicación 1 o 4.
11. Un material de hoja que tiene superficies opuestas y que comprende al menos un dispositivo de seguridad según la reivindicación 1 ó 4, que o bien se monta en, o bien se incrusta dentro de, una superficie del material de hoja, o bien se incrusta parcialmente dentro del material de hoja.
- 10 12. Una plataforma de base que se compone del dispositivo de seguridad según la reivindicación 1 o 4.
13. Una plataforma de base que tiene superficies opuestas y que comprende al menos un dispositivo de seguridad según la reivindicación 1 ó 4, que o bien se monta en, o bien se incrusta dentro de, una superficie de la plataforma de base, o bien se incrusta parcialmente dentro de la plataforma de base.
14. Un documento que se compone del material de hoja según la reivindicación 10 u 11.
- 15 15. Un documento que se compone de la plataforma de base según la reivindicación 12 o 13.



*FIG. 1*



*FIG. 2*



*FIG. 3*

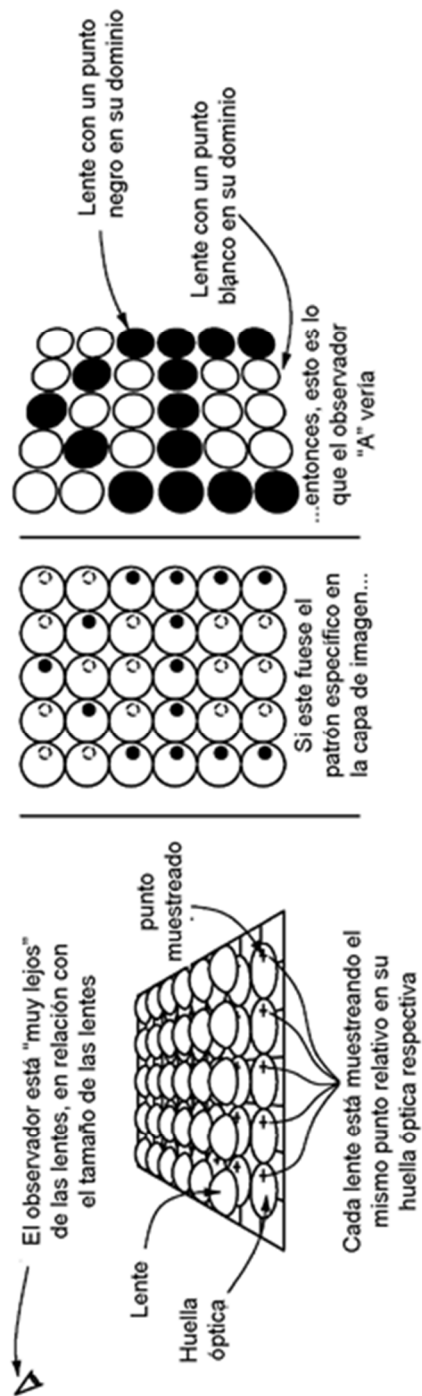


FIG. 4

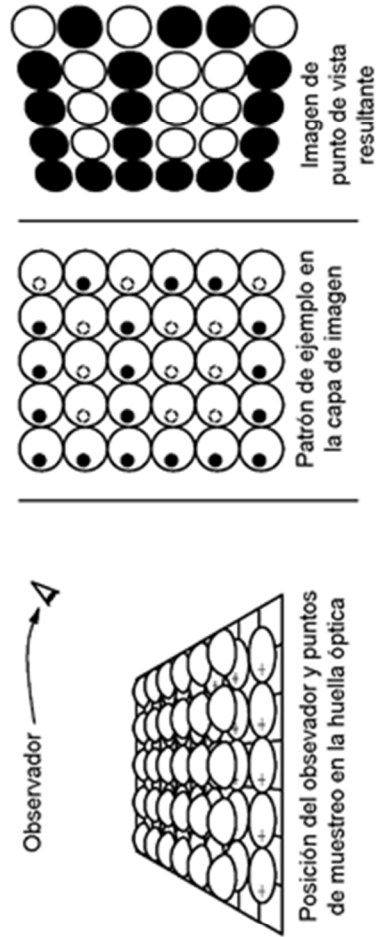


FIG. 5

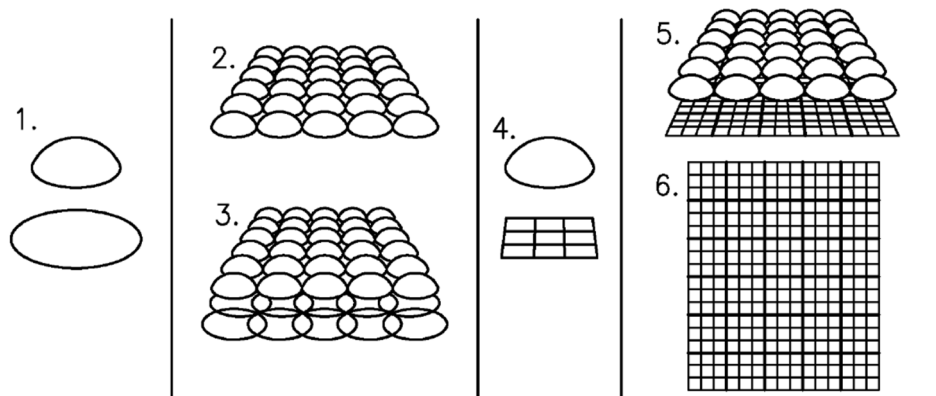


FIG. 7

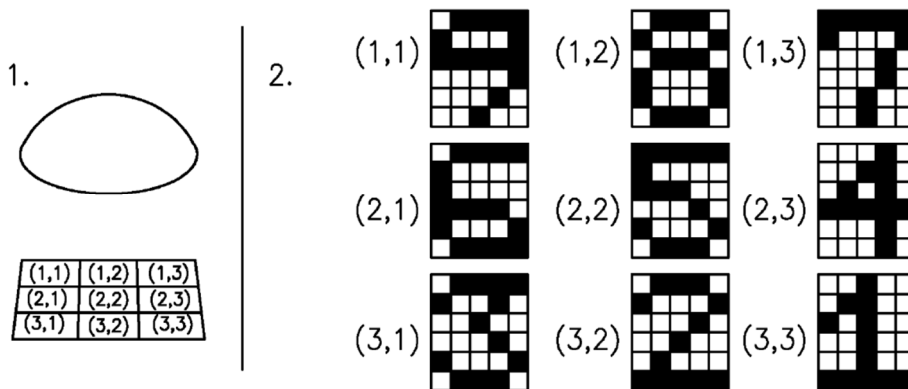


FIG. 8

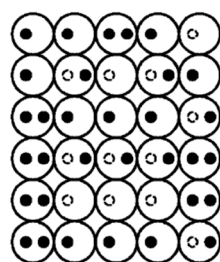


FIG. 6

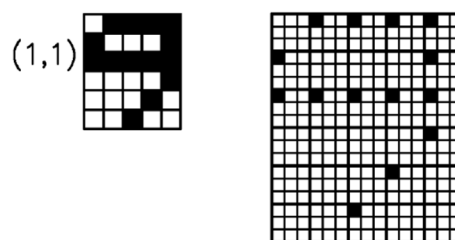
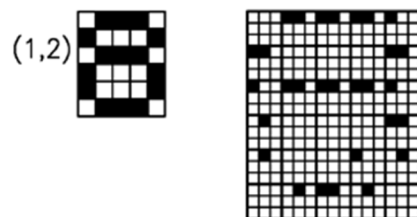


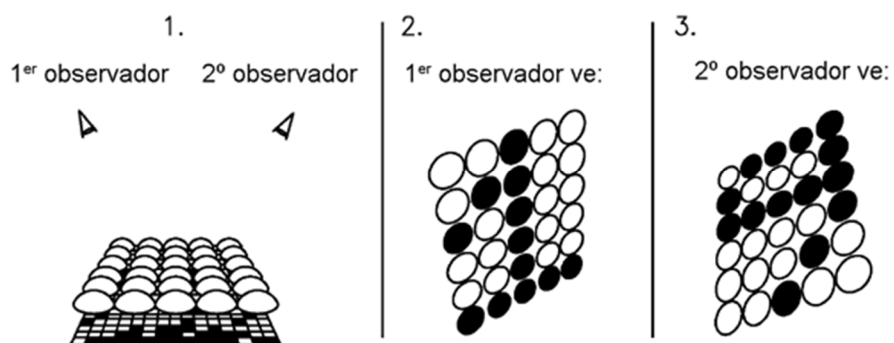
FIG. 9



*FIG. 10*



*FIG. 11*



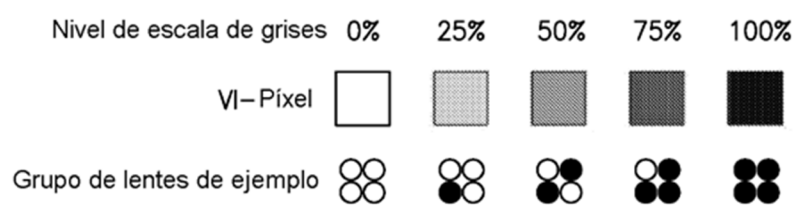
*FIG. 12*



*FIG. 13*



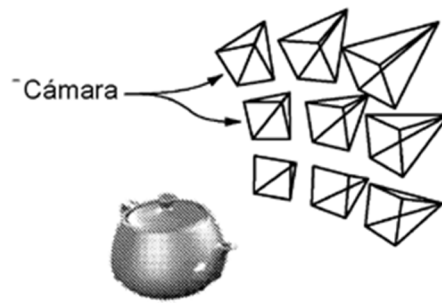
*FIG. 14*



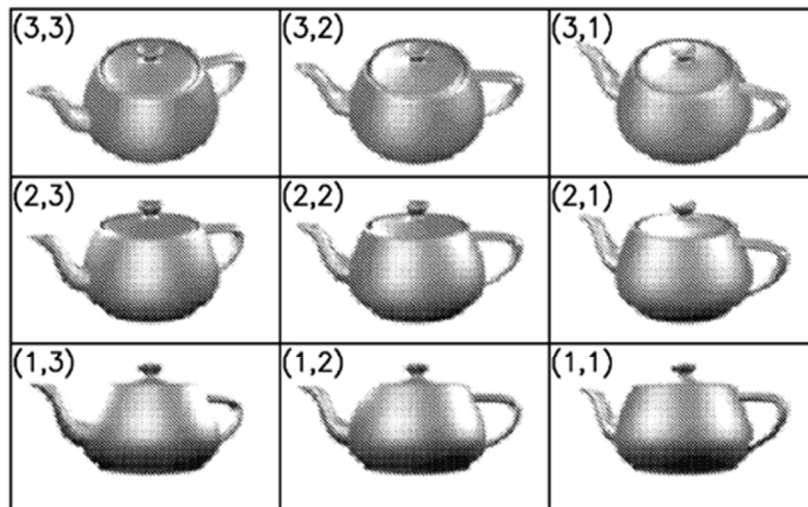
*FIG. 15*



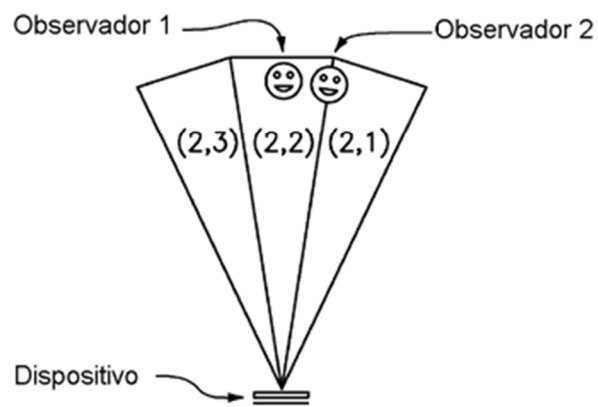
*FIG. 16*



**FIG. 17**



**FIG. 18**



**FIG. 19**

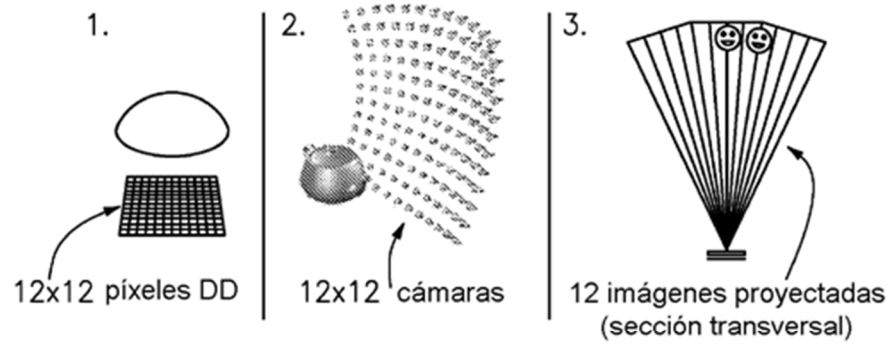


FIG. 20

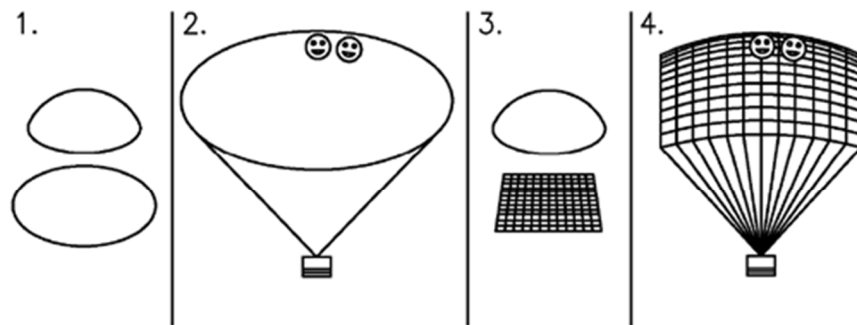


FIG. 21

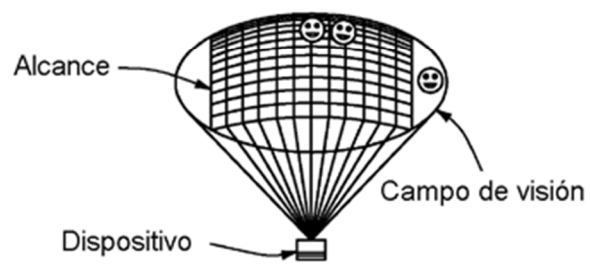


FIG. 22

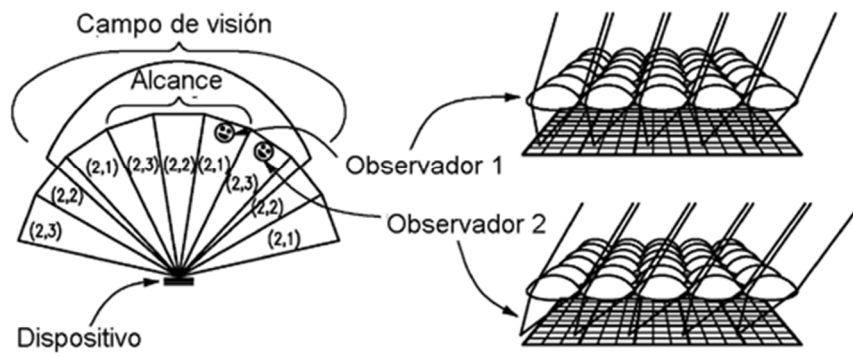


FIG. 23

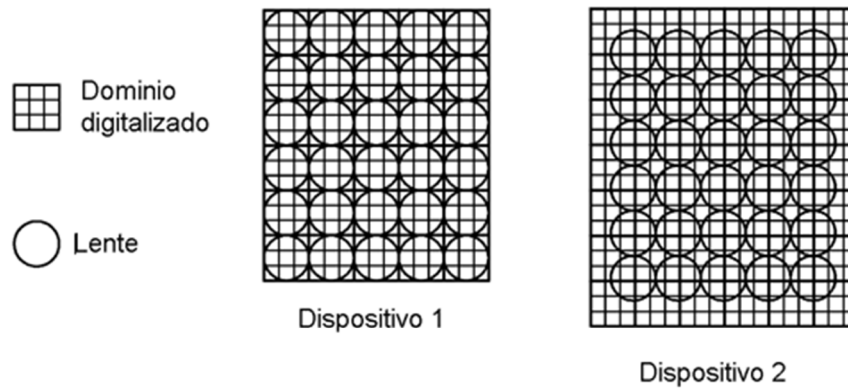


FIG. 24

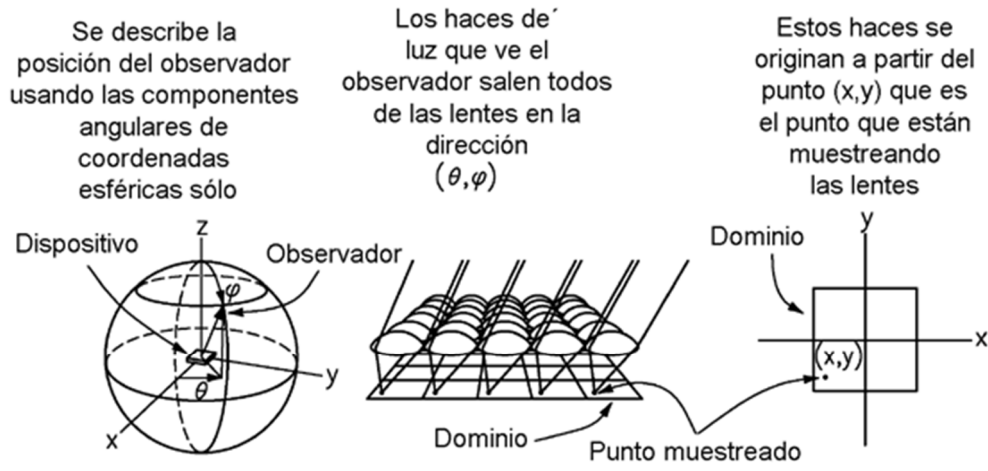


FIG. 25

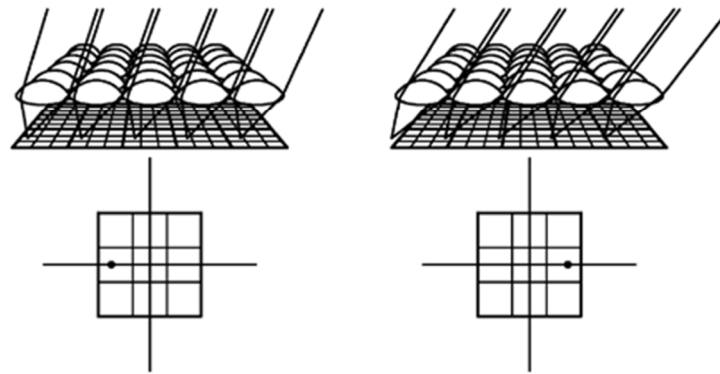


FIG. 26

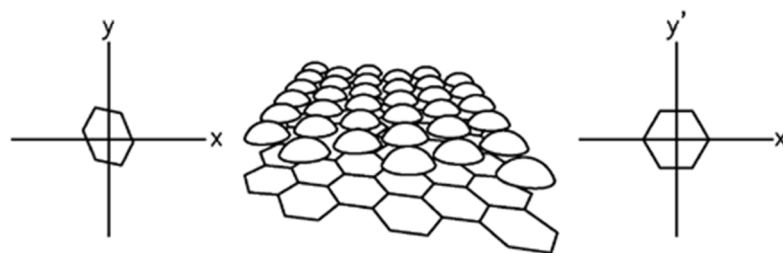
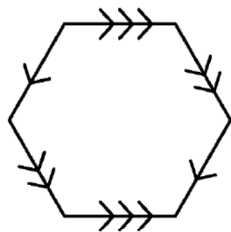
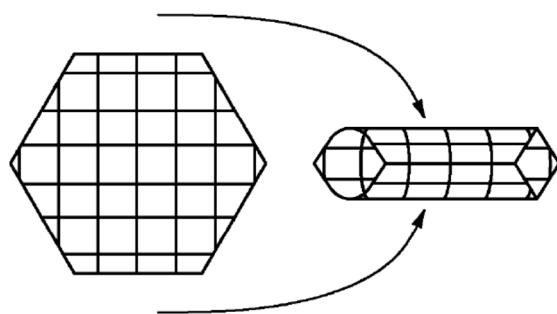


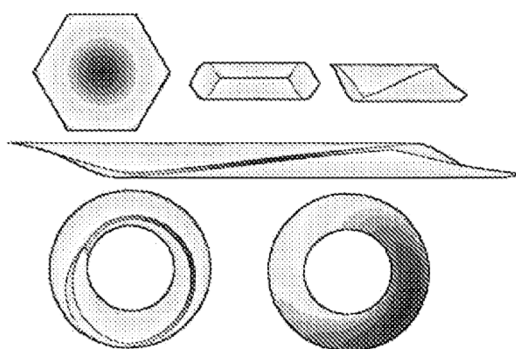
FIG. 27



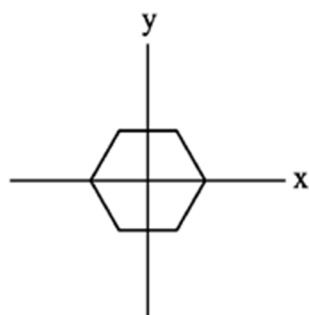
*FIG. 28*



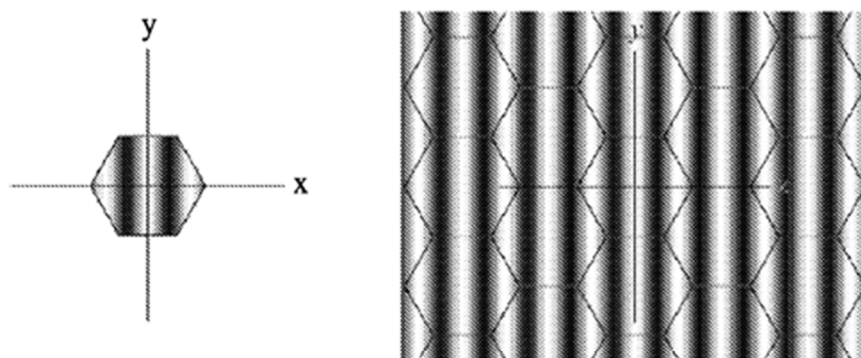
*FIG. 29*



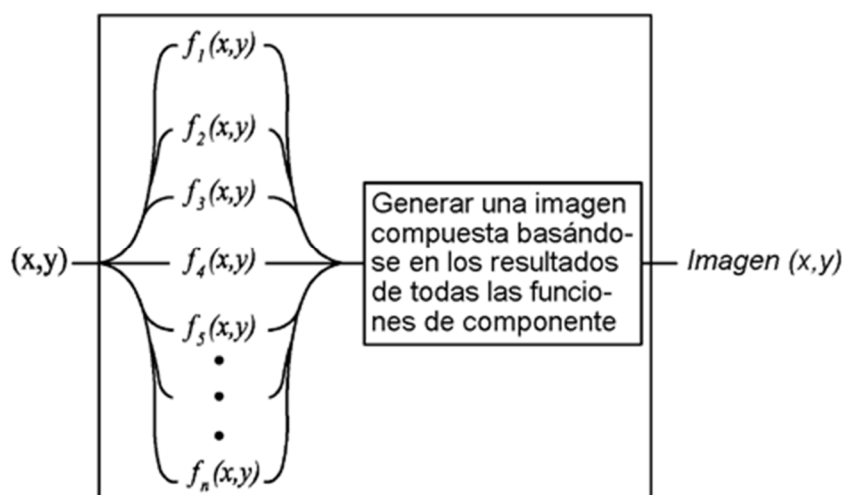
*FIG. 30*



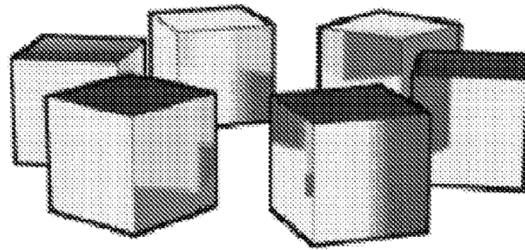
**FIG. 31**



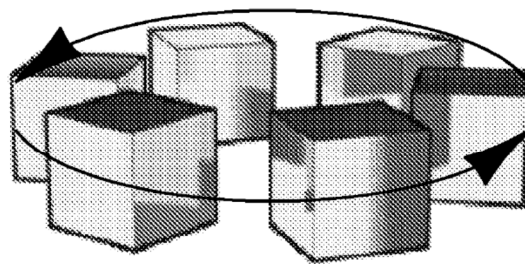
**FIG. 32**



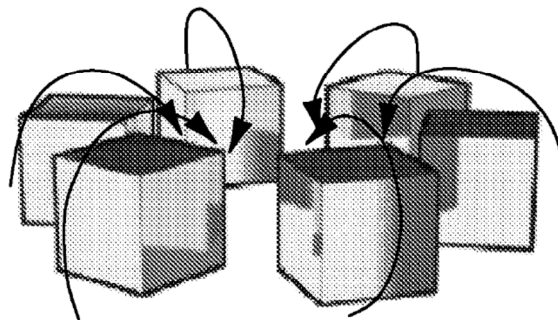
**FIG. 33**



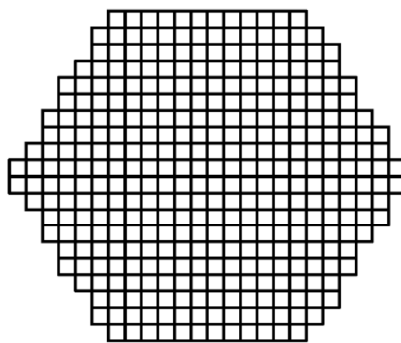
*FIG. 34*



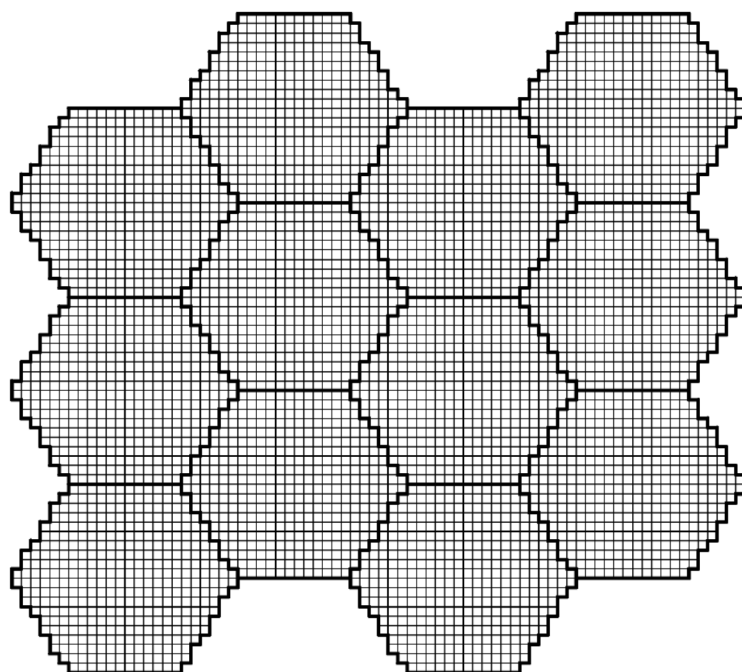
*FIG. 35*



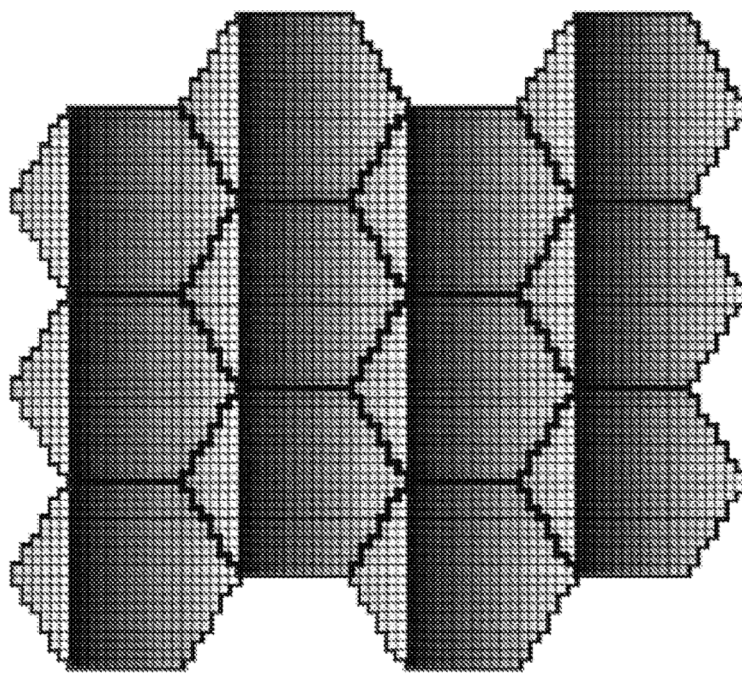
*FIG. 36*



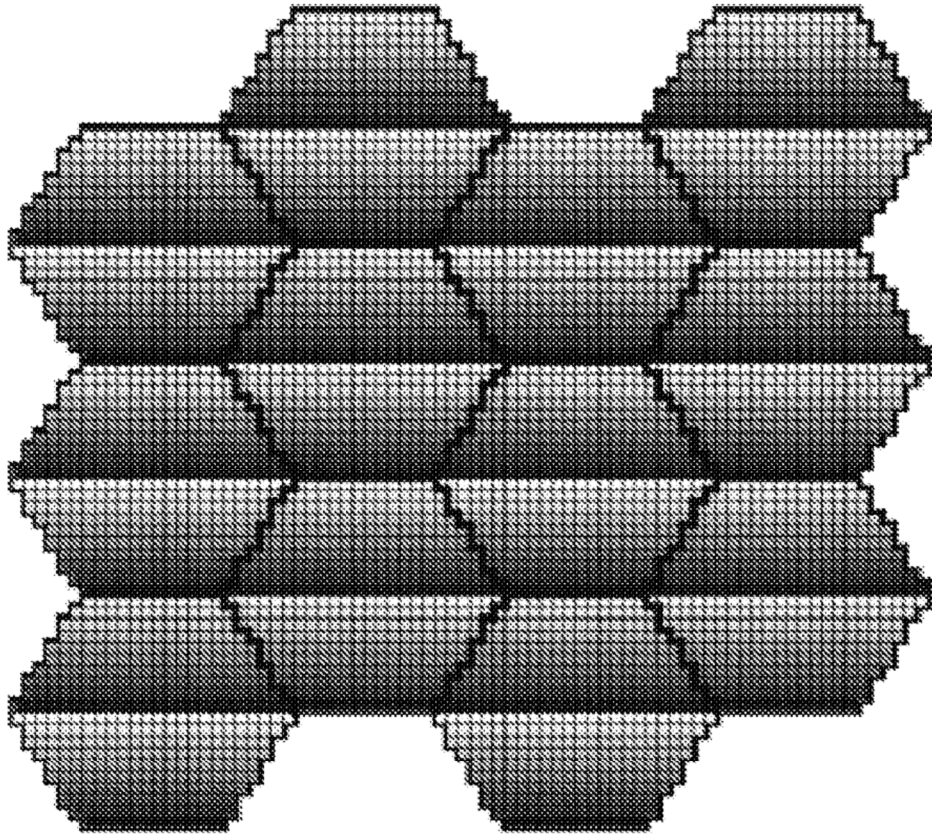
*FIG. 37*



*FIG. 38*



*FIG. 39*



*FIG. 40*