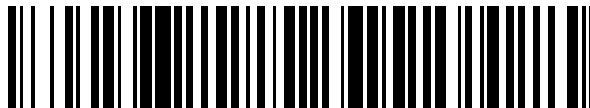


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 300**

51 Int. Cl.:

**G02B 27/22** (2008.01)

**H04N 5/262** (2006.01)

**H04N 13/324** (2008.01)

**H04N 13/317** (2008.01)

**H04N 13/307** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2015 PCT/EP2015/080383**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16102338**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2015 E 15821047 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 3237966**

54 Título: **Dispositivo de visualización autostereoscópico**

30 Prioridad:

**24.12.2014 EP 14200328**

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

**19.07.2019**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)**

**High Tech Campus 5**

**5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**VDOVIN, OLEXANDR VALENTYNOVYCH;**

**KROON, BART;**

**JOHNSON, MARK THOMAS y**

**VAN PUTTEN, EIBERT GERJAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 720 300 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 visualización autostereoscópico

## 5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a un dispositivo de visualización autoestereoscópico y a un método de accionamiento para dicho dispositivo de visualización.

## 10 Antecedentes de la invención

Un dispositivo de visualización autoestereoscópico conocido comprende un panel de visualización de cristal líquido bidimensional que tiene una matriz de filas y columnas de píxeles de visualización (en donde un "píxel" comprende típicamente un conjunto de "subpíxeles", y un "subpíxel" es el elemento de imagen más pequeño, individualmente direccionable, de un solo color) que actúa como un medio de formación de imagen para producir una presentación. Una matriz de lentes alargadas que se extienden paralelas entre sí cubre la matriz de píxeles de visualización y actúa como un medio de formación de vista. Estas son conocidas como "lentes lenticulares". Las salidas de los píxeles de la visualización se proyectan a través de estas lentes lenticulares, cuya función es modificar las direcciones de las salidas. Tal visualización se divulga por el documento EP 2 597 504 A2.

El píxel comprende el conjunto más pequeño de subpíxeles que puede direccionarse para producir todos los colores posibles. A los efectos de esta descripción, también se define una "celda unitaria". La celda unitaria se define como el conjunto más pequeño de subpíxeles que se repiten para formar el patrón completo de subpíxeles. La celda unitaria puede ser la misma disposición de subpíxeles que un píxel. Sin embargo, la celda unitaria puede incluir más subpíxeles que un píxel. Este es el caso si hay píxeles con diferentes orientaciones de subpíxeles, por ejemplo. El patrón general de subpíxeles se repite con una unidad básica más grande (la celda unitaria) que un píxel.

Las lentes lenticulares se proporcionan como una lámina de elementos de lente, cada uno de los cuales comprende un elemento de lente alargado parcialmente cilíndrico (por ejemplo, semicilíndrico). Las lentes lenticulares se extienden en la dirección de la columna del panel de visualización, con cada lente lenticular sobre un grupo respectivo de dos o más columnas adyacentes de subpíxeles de visualización.

Cada lente lenticular puede asociarse con dos columnas de subpíxeles de visualización para permitir al usuario observar una sola imagen estereoscópica. En su lugar, cada lente lenticular puede asociarse con un grupo de tres o más subpíxeles de visualización adyacentes en la dirección de la fila. Las columnas correspondientes de subpíxeles de visualización en cada grupo están dispuestas de manera apropiada para proporcionar un corte vertical desde una subimagen bidimensional respectiva. A medida que la cabeza de un usuario se mueve de izquierda a derecha, se observan una serie de vistas estereoscópicas, sucesivas y diferentes, creando, por ejemplo, una impresión de observación todo alrededor.

La Figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo 1 de visualización autoestereoscópico de vista directa conocido. El dispositivo 1 conocido comprende un panel 3 de visualización de cristal líquido del tipo de matriz activa que actúa como un modulador de luz espacial para producir la visualización.

El panel 3 de visualización tiene una matriz ortogonal de filas y columnas de subpíxeles 5 de visualización. En aras de la claridad, solo se muestra un pequeño número de subpíxeles 5 de visualización en la Figura. En la práctica, el panel 3 de visualización podría comprender aproximadamente mil filas y varios miles de columnas de subpíxeles 5 de visualización. En un panel de visualización en blanco y negro, un subpíxel constituye de hecho un píxel completo. En una visualización a color, un subpíxel es un componente de color de un píxel a todo color. El píxel a todo color, según la terminología general, comprende todos los subpíxeles necesarios para crear todos los colores de la parte de imagen más pequeña que se muestra. Por lo tanto, por ejemplo un píxel a todo color puede tener subpíxeles rojos (R) verdes (V) y azules (A) posiblemente aumentados con un subpíxel blanco o con uno o más subpíxeles de colores elementales. La estructura del panel 3 de visualización de cristal líquido es completamente convencional. En particular, el panel 3 comprende un par de sustratos de vidrio transparentes espaciados, entre los cuales se proporciona un material nemático distorsionado alineado u otro material de cristal líquido. Los sustratos llevan patrones de electrodos transparentes de óxido de estaño e indio (ITO) en sus superficies enfrentadas. También se proporcionan capas de polarización en las superficies externas de los sustratos.

Cada subpíxel 5 de visualización comprende electrodos opuestos en los sustratos, con el material de cristal líquido intermedio entre ellos. La forma y el diseño de los subpíxeles 5 de visualización están determinados por la forma y el diseño de los electrodos. Los subpíxeles 5 de visualización están separados regularmente entre sí por espacios.

Cada subpíxel 5 de visualización está asociado con un elemento de conmutación, como un transistor de película delgada (TFT) o un diodo de película delgada (TFD). Los píxeles de visualización son operados para producir la visualización proporcionando señales de direccionamiento a los elementos de conmutación, y los esquemas de direccionamiento adecuados serán conocidos por los expertos en la técnica.

5 El panel 3 de visualización está iluminado por una fuente 7 de luz que comprende, en este caso, una retroiluminación plana que se extiende sobre el área de la matriz de píxeles de visualización. La luz de la fuente 7 de luz se dirige a través del panel 3 de visualización, siendo accionados los subpíxeles 5 de visualización individuales para modular la luz y producir la visualización.

10 El dispositivo 1 de visualización también comprende una lámina 9 lenticular, dispuesta sobre el lado de visualización del panel 3 de visualización, que realiza una función de direccionamiento de luz y, por lo tanto, una función de formación de vista. La lámina 9 lenticular comprende una fila de elementos 11 lenticulares que se extienden paralelos entre sí, de los cuales solo uno se muestra con dimensiones exageradas para mayor claridad.

15 Los elementos 11 lenticulares tienen la forma de lentes cilíndricas convexas, cada una con un eje 12 alargado que se extiende perpendicular a la curvatura cilíndrica del elemento, y cada elemento actúa como un medio de direccionamiento de salida de luz para proporcionar diferentes imágenes o vistas desde el panel 3 de visualización a los ojos de un usuario colocado frente al dispositivo 1 de visualización.

El dispositivo de visualización tiene un controlador 13 que controla la retroiluminación y el panel de visualización.

20 El dispositivo 1 de visualización autoestereoscópico que se muestra en la Figura 1 es capaz de proporcionar varias vistas en perspectiva diferentes en diferentes direcciones, es decir, puede dirigir la salida de píxeles a diferentes posiciones espaciales dentro del campo de visión del dispositivo de visualización. En particular, cada elemento 11 lenticular se superpone a un pequeño grupo de subpíxeles 5 de visualización en cada fila, donde, en el ejemplo actual, una fila se extiende perpendicular al eje alargado del elemento 11 lenticular. El elemento 11 lenticular proyecta la salida de cada visualización de cada subpíxel 5 de un grupo en una dirección diferente, para formar las diferentes vistas. A medida que la cabeza del usuario se mueve de izquierda a derecha, sus ojos recibirán otras diferentes de las varias vistas, a su vez.

30 El experto en la materia apreciará que deben usarse medios de polarización de la luz junto con la matriz descrita anteriormente, ya que el material de cristal líquido es birrefringente, y el cambio del índice de refracción solo se aplica a la luz de una polarización particular. Los medios de polarización de la luz pueden proporcionarse como parte del panel de visualización o la disposición de formación de vista del dispositivo.

35 La Figura 2 muestra el principio de funcionamiento de una disposición de conformación de vista de tipo lenticular como se describe anteriormente y muestra la fuente 7 de luz, el panel 3 de visualización y la lámina 9 lenticular. La disposición proporciona tres vistas, cada una proyectada en diferentes direcciones. Cada subpíxel del panel 3 de visualización se controla con información para una vista específica.

40 En los diseños anteriores, la retroiluminación genera una salida estática, y toda la dirección de la vista se lleva a cabo mediante la disposición lenticular, que proporciona un enfoque de multiplexación espacial. Un enfoque similar se logra utilizando una barrera de paralaje.

45 La disposición lenticular solo proporciona un efecto autoestereoscópico con una orientación particular de la visualización. Sin embargo, muchos dispositivos de mano se pueden girar entre los modos de visualización vertical y horizontal. Por lo tanto, una disposición lenticular fija no permite un efecto de visualización autoestereoscópico en diferentes modos de visualización. Las futuras visualizaciones 3D, especialmente para tabletas, teléfonos móviles y otros dispositivos portátiles tendrán la posibilidad de observar imágenes 3D desde muchas direcciones y para diferentes orientaciones de visualización. Los paneles de visualización LCD y OLED modernos con diseños de píxeles existentes no son adecuados para esta aplicación. Este problema ha sido reconocido, y hay diversas soluciones.

50 Una solución dinámica consiste en proporcionar una disposición de lentes intercambiables, que se puede cambiar entre diferentes modos para activar el efecto de formación de la vista en diferentes orientaciones. Básicamente, puede haber dos disposiciones lenticulares, una que actúa en modo de paso a través y la otra que actúa en modo de lente. El modo para cada disposición lenticular puede controlarse cambiando la propia disposición lenticular (por ejemplo, utilizando una matriz de lentes intercambiables LC) o controlando la polarización de la luz que incide en la disposición lenticular.

60 Una solución estática consiste en diseñar una disposición de lentes que funcione en las diferentes orientaciones. Un ejemplo simple puede combinar una cuadrícula rectangular de subpíxeles cuadrados en la visualización con una cuadrícula rectangular de microlentes (donde las direcciones de la cuadrícula de la lente están inclinadas o no inclinadas con respecto a las direcciones de la cuadrícula de píxeles) para crear múltiples vistas en ambas orientaciones de visualización. Las formas de subpíxeles deben estar preferiblemente cerca de una relación de aspecto de 1:1, ya que esto permitirá evitar un problema de anchura angular diferente para vistas individuales en orientaciones de retrato/paisaje.

65 Una posible desventaja de este enfoque es un efecto de bandas, en el cual las áreas de la matriz negra entre los subpíxeles se proyectan al espectador como un patrón regular. Parcialmente puede resolverse inclinando la matriz de

lentes. Específicamente, para reducir el efecto de bandas debido a la proyección de la matriz periódica de píxeles negros, se debe elegir una disposición de formación de vista con respecto a la dirección de direccionamiento de píxeles (filas/columnas).

5 Resumen de la invención

La invención se define por las reivindicaciones.

10 De acuerdo con un ejemplo, se proporciona una visualización autoestereoscópica, que comprende:

un panel de visualización pixelado que comprende una matriz de píxeles de un solo color o una matriz de subpíxeles de diferentes colores con grupos respectivos de subpíxeles que definen píxeles a todo color; y

15 una disposición que forma una vista que comprende una serie de elementos de lente, colocados sobre el panel de visualización, para dirigir la luz desde diferentes píxeles o subpíxeles a diferentes ubicaciones espaciales, permitiendo así que se visualicen diferentes vistas de una escena tridimensional en diferentes ubicaciones espaciales,

20 en donde los píxeles del panel de visualización forman una cuadrícula cuadrícula rectangular o paralelogramo, con una desviación de ángulo interna máxima de 90 grados de 20 grados o menos, y en donde la cuadrícula rectangular o paralelogramo se repite con los vectores de traslación básicos x e y, y la longitud de los vectores de traslación básicos x e y tienen una relación de aspecto de más corto a más largo entre 0.66 y 1, y

25 en donde la disposición de formación de vista comprende una serie bidimensional de microlentes que se repiten en una cuadrícula regular con vectores de traslación básicos p' y q';

en donde la definición de un vector adimensional p como (p<sub>x</sub>, p<sub>y</sub>), que satisface:

$$p' = p_x x + p_y y$$

$$q' = -p_y x + p_x y$$

30 y que define regiones circulares en el espacio de los componentes p<sub>y</sub> y p<sub>x</sub> del vector p como:

$$P_{n,m} = \{p \mid \|p - v\| < r_{n,m} \forall v \in \mathcal{L}_{n,m}\}$$

35 dónde

$$\mathcal{L}_{n,m} = \left\{ i + \frac{j}{n} \mid i, j \in \mathbb{Z}^2 \wedge \langle j, j \rangle = m \right\}$$

para valores enteros n y m,

40 con r<sub>n,m</sub> = r<sub>0</sub>n<sup>-γ</sup> que define el radio de cada círculo y  $\mathcal{L}_{n,m,n,m}$  que define los centros circulares,

los vectores de traslación básicos x, y, p' y q' se seleccionan con valores de manera tal que p cae en el espacio vectorial que excluye los conjuntos P<sub>1,1</sub> o P<sub>2,2</sub> o P<sub>4,4</sub> con r<sub>0</sub>=0.1 y γ=0.75.

45 En palabras, la ecuación principal de arriba dice lo siguiente:

(Línea 1) P<sub>n,m</sub> es igual al conjunto de valores de p, de modo que el modulus (es decir, longitud) del vector de diferencia desde un vector v al vector p es menor que r<sub>n,m</sub> para todos los valores del vector v en el conjunto  $\mathcal{L}_{n,m}$ . Esto define los círculos centrados en el conjunto de valores  $\mathcal{L}_{n,m}$ .

50 (Línea 2)  $\mathcal{L}_{n,m}$  es el conjunto de valores vectoriales i + j/n con i y j como vectores en el espacio vectorial bidimensional de valores enteros (es decir, enteros positivos y negativos y cero) y para la cual la función del producto interior del vector aplicada al vector j da la respuesta m. La función del producto interior del vector es, para i = [j j]<sup>T</sup> entonces ⟨i, i⟩ = i<sup>2</sup> + j<sup>2</sup>.

5 El vector  $p$  define la relación espacial entre la cuadrícula de píxeles (o subpíxel) y la cuadrícula de lentes. Por lo tanto, define una asignación entre los píxeles (o subpíxeles) y las lentes. En particular, los componentes del vector  $p$  son los términos de la transformación matricial del espacio de vector de cuadrícula de píxeles (definido por  $x$  e  $y$ ) y el espacio de vector de cuadrícula de lente (definido por  $p'$  y  $q'$ ). Nótese que el término "cuadrícula de píxeles" se utiliza para indicar la cuadrícula de píxeles (si cada píxel tiene solo un elemento direccionable), o la cuadrícula de subpíxeles (si cada píxel tiene múltiples subpíxeles direccionables de forma independiente). Los componentes del vector  $p$  a su vez definen cómo contribuyen los diferentes píxeles (o subpíxeles) a las diferentes fases de la lente y cómo la cuadrícula de lentes crea una imagen del área de la máscara negra. Por lo tanto, se puede considerar que el vector  $p$  es la forma más fundamental de definir la relación entre las lentes y los píxeles.

15 Por "vector de traslación básica" se entiende una traslación de vector desde un punto dentro de un área de píxeles o lentes a un punto correspondiente en un área de píxeles o lentes adyacentes. Las áreas de lentes y píxeles son bidimensionales, por lo que hay dos vectores de traslación -uno para cada dirección de la cuadrícula-. Para una cuadrícula rectangular, los vectores de traslación básicos están en direcciones de fila y columna ortogonal. Para una cuadrícula sesgada, los vectores de traslación básicos no son ortogonales, pero siguen las direcciones de fila y columna de la cuadrícula.

20 Las regiones circulares definen conjuntos de valores posibles para los componentes del vector  $p$  y, por lo tanto, definen regiones de características relacionadas. Al excluir las regiones definidas como  $P_{1,1}$  se evitan los problemas de bandas.

25 Por ejemplo, el centro de la región  $P_{1,1}$  incluye los valores de  $p$  que resultan de paneles monocromáticos con una relación de enteros entre la cuadrícula de píxeles y la cuadrícula de la lente. Otros diseños de panel de rutina, por ejemplo con una matriz de subpíxeles enteros debajo de cada lente, así como los diseños fraccionarios, corresponden a los valores de  $p$  que caen en el centro de las regiones  $P_{1,1}$ ,  $P_{2,2}$  o  $P_{4,4}$ .

30 De esta manera, la invención proporciona parámetros de diseño para diseños de panel de visualización que resuelven los problemas de bandas mencionados anteriormente y permiten visualizaciones 3D autoestereoscópicas multivisión giratorias con buen rendimiento.

Los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  pueden tener valores tales que  $p$  no está en el conjunto  $P_{1,1}$  con  $r_0 = 0.25$  y  $\gamma = 0.75$ .

35 Los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  pueden tener valores tales que  $p$  no está en el conjunto  $P_{2,2}$  con  $r_0 = 0.25$  y  $\gamma = 0.75$ .

Los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  pueden tener valores tales que  $p$  no está en el conjunto  $P_{4,4}$  con  $r_0 = 0.25$  y  $\gamma = 0.75$ .

40 Los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  pueden tener valores tales que  $p$  no está en el conjunto  $P_{5,5}$  con  $r_0 = 0.25$  y  $\gamma = 0.75$ .

45 Los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  pueden tener valores tales que  $p$  no está en el conjunto  $P_{8,8}$  con  $r_0 = 0.25$  y  $\gamma = 0.75$ .

Estas diferentes regiones representan un mejor rendimiento de bandas progresivamente, de modo que al excluir progresivamente más áreas en el espacio de diseño para el vector  $p$ , las opciones de diseño restantes brindan un mejor rendimiento de bandas progresivamente.

50 Los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  pueden tener valores tales que  $p$  no está en los conjuntos definidos anteriormente con  $r_0 = 0.35$ . Esto define un radio más grande de cada zona excluida, por lo tanto, un espacio de diseño restante más pequeño.

55 También hay regiones preferidas en el espacio vectorial para el vector  $p$ . En un ejemplo, los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  está en el conjunto  $P_{9,18}$  con  $r_0 = 0.35$  y  $\gamma = 0.75$ .

En otro ejemplo, los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  está en el conjunto  $P_{14,26}$  con  $r_0 = 0.35$  y  $\gamma = 0.75$ .

60 Como se mencionó anteriormente, la cuadrícula de píxeles está preferiblemente cerca del cuadrado. Por ejemplo, el rectángulo o paralelogramo puede tener una relación de aspecto de la longitud del lado más corto al lado más largo entre 0.83 y 1. El rectángulo o paralelogramo puede tener una desviación de ángulo interna máxima de 90 grados de 5 grados o menos.

El dispositivo de visualización puede usarse en un dispositivo portátil, en donde el dispositivo portátil es configurable para operar en un modo de visualización vertical y un modo de visualización horizontal. Puede ser un teléfono móvil o tableta.

5 Breve descripción de las figuras.

Ahora se describirán realizaciones de la invención, puramente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

10 La Figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de visualización autoestereoscópico conocido;

La Figura 2 es una vista esquemática en sección transversal del dispositivo de visualización mostrado en la Figura 1;

15 Las Figuras 3a-e muestra diversas cuadrículas de píxeles posibles;

La Figura 4 muestra una cuadrícula de lentes superpuesta sobre una matriz de píxeles cuadrados, con un vector de paso  $p$  que define la relación entre ellos;

20 La Figura 5 es una explicación gráfica de los parámetros utilizados para caracterizar la matriz de píxeles y la cuadrícula de lentes.

La Figura 6 muestra una gráfica de bandas visibles para un vector de paso  $p$  dado;

25 La Figura 7 muestra una primera caracterización posible de regiones a partir de la gráfica de la Figura 6;

La Figura 8 muestra una segunda caracterización posible de las regiones de la gráfica de la Figura 6;

30 Las Figuras 9a-d muestra simulaciones de representación de rayos de la estructura de píxeles 3D para el diseño de píxeles 2D de la Figura 3(c) para diferentes diseños de lentes;

Las Figuras 10a-d son un gráfico de la luminosidad ( $L^*$ ) en función de las fases de la lente en dos dimensiones, para los mismos ejemplos que en las Figuras 9a-d; y

35 Las Figuras 11a-d muestran la desviación de color graficada para los mismos ejemplos que en las Figuras 9a-d;

Nótese que las Figuras 3a-e y 4 están destinadas a mostrar cuadrículas de píxeles cuadrados y lentes, y que las Figuras 5 a 8 están destinadas a mostrar regiones circulares. Cualquier distorsión de las representaciones cuadradas, y circulares es el resultado de una reproducción de imagen inexacta.

40 Descripción detallada de las realizaciones

La invención proporciona una visualización autoestereoscópica, que comprende un panel de visualización pixelado que comprende una matriz de píxeles de un solo color o una matriz de subpíxeles de diferentes colores y una disposición de formación de vista que comprende una matriz de elementos de lente. Los píxeles forman una cuadrícula cuadrada (o casi cuadrada), y las lentes también se repiten en una cuadrícula cuadrada (o casi cuadrada). Se define un vector  $p$  que se relaciona con un mapeo entre la cuadrícula de píxeles y la cuadrícula de la lente. Las regiones en el espacio de bidimensión para este vector  $p$  son identificadas, lo que da un rendimiento de banda bueno o malo, y se seleccionan las mejores regiones de rendimiento de banda.

50 En la descripción a continuación, los diseños del panel de visualización se discuten con píxeles en una cuadrícula cuadrada esencialmente cuadrada regular de 4 partes, sobre la cual hay un modulador de luz que también tiene elementos en una cuadrícula simétrica de 4 partes regular. A los efectos de la explicación, se necesitan algunas definiciones. En particular, se debe definir un sistema de coordenadas del panel (es decir, la cuadrícula de píxeles), y un sistema de coordenadas de la disposición de formación de la vista debe definirse en términos de coordenadas geométricas (físicas) y coordenadas lógicas que son relativas al sistema de coordenadas del panel.

60 La Figura 3 muestra diversas posibles cuadrículas de píxeles. Cada ejemplo muestra la celda 30 unitaria más pequeña (es decir, el conjunto más pequeño de subpíxeles 31 que se repite para formar el patrón de subpíxeles, como se definió anteriormente) y un píxel 32 que utiliza la definición empleada en esta descripción. Un píxel 32 es la disposición cuadrada más pequeña de todos los colores primarios, de modo que el tamaño y la forma del píxel son los mismos en las dos orientaciones ortogonales.

65 Los subpíxeles se muestran como cuadrados. Sin embargo, la forma real del subpíxel puede ser diferente. Por ejemplo, la apertura real del píxel será típicamente una forma irregular, ya que, por ejemplo, puede depender del tamaño y la posición de los elementos del circuito del píxel, como el transistor de conmutación en el caso de un panel de

visualización de matriz activa. Es la forma de la cuadrícula de píxeles lo que es importante en lugar de la forma precisa de píxeles individuales o subpíxeles.

También se muestran los vectores paso de píxeles  $x$  e  $y$ . Estos son vectores de traslación entre centros de píxeles adyacentes en la dirección de la fila y la dirección de la columna, respectivamente. Las letras en la celda 30 unitaria más pequeña indican los colores primarios: R=rojo, G= verde, B=azul, W=blanco.

La Figura 3(a) muestra una celda unitaria RGGB y un píxel RGGB, la Figura 3(b) muestra una celda unitaria RGBGBGRG y un píxel RGBG, la Figura 3(c) muestra una celda unitaria RGBW y un píxel RGBW, la Figura 3(d) muestra una celda de unidad RGBWBWRG y un píxel RGBW, y la Figura 3(d) muestra una celda de unidad W y un píxel de W.

Una cuadrícula de píxeles se define en función de los dos vectores  $x$  y  $y$ , en lo sucesivo denominados vectores de paso de píxeles. Los vectores forman una matriz de cuadrícula  $X = [x \ y]$  con unidades de longitud (por ejemplo, metros). Existen múltiples definiciones posibles de un píxel, incluida la celda unitaria más pequeña; sin embargo, para esta descripción, el píxel es aproximadamente cuadrado. Por lo tanto, se debe elegir  $X$  para formar una región aproximadamente cuadrada de subpíxeles. Como se muestra en las Figuras 3(a) a (d), para las visualizaciones en color, la definición de píxeles resulta simplemente en una región con  $2 \times 2$  subpíxeles. Cuando la celda unitaria es más grande, como en las Figuras 3(b) y (d), el grupo de píxeles aparece girado o reflejado para formar la celda unitaria más grande, pero también en estos casos  $X$  sigue siendo una región  $2 \times 2$ . Para visualizaciones monocromáticas, el píxel es la región de un solo subpíxel.

Los píxeles no necesitan ser perfectamente cuadrados. Pueden ser aproximadamente cuadrados, lo que significa que una rotación sobre cualquier ángulo, una transparencia total o limitada está dentro del alcance. La relación de aspecto se define como:

$$a = \frac{|x|}{|y|}$$

y el ángulo de la cuadrícula es:

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\langle x, y \rangle}{\sqrt{\langle x, x \rangle \langle y, y \rangle}}$$

La transparencia se expresa entonces como  $|\theta - 90^\circ|$ . Por lo tanto, para una cuadrícula aproximadamente cuadrada, se mantiene que  $\approx 1$  y  $|\theta - 90^\circ| \approx 0^\circ$ .

Por ejemplo,  $a$  está preferiblemente entre 0.9 y 1.1 y  $\theta$  está entre 80 y 100 grados (por supuesto, si un par de ángulos de esquina está en 80 grados, entonces el otro par estará en 100 grados).

Para definir la cuadrícula de la lente, se pueden definir los vectores de paso de la lente.

La Figura 4 muestra una cuadrícula de lentes 42 superpuesta sobre una matriz de píxeles cuadrados 40 con  $2 \times 2$  subpíxeles 31 por píxel 32 (como en las Figuras 3(a) y (c)). Uno de cada grupo de píxeles de cuatro subpíxeles se resaltan los puntos 31. (es decir, se muestra en blanco). Los vectores  $x$  e  $y$  son los vectores de paso de píxel de esa cuadrícula como se explicó anteriormente. La cuadrícula de lentes 42 comprende una matriz de microlentes con lentes 44 esféricas organizadas en una cuadrícula cuadrada. Los vectores  $p'$  y  $q'$  son los vectores de paso de esa cuadrícula. Están formados por una combinación lineal de los vectores de paso de píxel.

En lugar de los vectores de paso de lente físicos en unidades de metros, los vectores de paso de lente lógicos y sin dimensiones se pueden definir como:

$$\mathbf{p} = (p_x, p_y)$$

y

$$\mathbf{q} = (-p_y, p_x)$$

para el  $p_x$  elegido y  $p_y$ .

Los vectores de paso geométricos (físicos)  $p'$  y  $q'$  (por ejemplo, en metros) se definen en términos de los vectores de paso lógico de la lente como:

$$\mathbf{p}' = X\mathbf{p} = p_x \mathbf{x} + p_y \mathbf{y},$$

$$\mathbf{q}' = X\mathbf{q} = -p_y\mathbf{x} + p_x\mathbf{y}.$$

5 Las deformaciones en la cuadrícula de píxeles deben reflejarse en deformaciones iguales de la cuadrícula de la lente. Observe que  $\langle p, q \rangle = 0$  pero no necesariamente  $\langle p', q' \rangle = 0$ , ya que no requerimos  $\langle x, y \rangle = 0$ . Similarmente  $|p| = |q|$  pero no necesariamente  $|p'| = |q'|$ .

10 Para los fines de esta descripción, las regiones se definen  $P_{n,m}$  para valores enteros  $n$  y  $m$ . Estas regiones consisten en múltiples círculos, ellos mismos organizados en una cuadrícula de círculos.

Dicha región se define por:

$$P_{n,m} = \left\{ \mathbf{p} \mid \|\mathbf{p} - \mathbf{v}\| < r_{n,m} \quad \forall \mathbf{v} \in \mathcal{L}_{n,m} \right\}$$

15 donde

$$\mathcal{L}_{n,m} = \left\{ \mathbf{i} + \frac{\mathbf{j}}{n} \mid \mathbf{i}, \mathbf{j} \in \mathbb{Z}^2 \wedge \langle \mathbf{j}, \mathbf{j} \rangle = m \right\}.$$

20 El término  $\mathbf{p}-\mathbf{v}$  especifica la longitud del vector de  $\mathbf{v}$  a  $\mathbf{p}$  y, por lo tanto, la desigualdad define un conjunto de círculos con un centro definido por  $\mathbf{v}$ .  $\mathbf{v}$  es en sí mismo un conjunto de vectores definidos por el conjunto de  $L$  términos. Esto tiene un número discreto de miembros como resultado de las condiciones puestas en los valores enteros que forman los vectores bidimensionales  $\mathbf{i}$  y  $\mathbf{j}$ .

25 Aquí  $r_{n,m} = r_0 n^{-\gamma}$  es el radio de cada círculo. Este radio disminuye así al aumentar  $n$ .  $\mathcal{L}_{n,m}$  define el conjunto de centros, y  $\langle \mathbf{i}, \mathbf{i} \rangle$  denota el producto interno, de manera que cuando  $\mathbf{i} = [i \ j]^T$  entonces  $\langle \mathbf{i}, \mathbf{i} \rangle = i^2 + j^2$ . También se define la abreviatura  $P_n = P_{n,n}$ . Nótese que hay enteros  $k$  para los que no hay combinaciones posibles de enteros  $\mathbf{i}$  y  $\mathbf{j}$  para los que  $\langle \mathbf{j}, \mathbf{j} \rangle = k$  se cumple. Como consecuencia, los conjuntos  $P_3, P_6$  y  $P_7$  están vacíos.

30 Como ejemplo, el conjunto  $P_5$  puede ser explorado comenzando con  $\mathcal{L}_{n,m}$

Con  $\mathbf{i} \in \mathbb{Z}^2$  se indica que todos  $\mathbf{i} = [i \ j]^T$  donde  $i$  y  $j$  son enteros (negativo, cero o positivo). El conjunto de soluciones a  $\mathbf{j} \in \mathbb{Z}^2 \wedge \langle \mathbf{j}, \mathbf{j} \rangle = 5$  es:

$$\mathbf{j} \in \left\{ \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -2 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 \\ -2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} \right\}.$$

35 Hay una explicación gráfica de  $\mathbf{j}$  y  $\mathbf{j}/n$  como enteros Gaussianos y la cuadrícula recíproca de los mismos, respectivamente, que se muestra en la Figura 5.

40 Cada punto en la Figura 5(a) está marcado con la coordenada del entero Gaussiano

$$\mathbf{g} = a + \mathbf{i}b$$

donde

$$45 \quad \mathbf{i}^2 = -1$$

y la norma  $N(\mathbf{g}) = a^2 + b^2$ . La Figura 5(b) consta de los mismos puntos pero las coordenadas de los puntos se dividen por su norma, por lo que corresponden a  $\mathbf{j}/n$  en lugar de  $\mathbf{j}$ .

50 Cualquier combinación  $\mathbf{i} + \frac{\mathbf{j}}{n}$  del conjunto de soluciones para  $\mathbf{j}$  que se muestra arriba está en  $\mathcal{L}_{n,m}$



Dos ejemplos son  $\left[3\frac{2}{5} \quad 2\frac{1}{5}\right]^T$  y  $\left[1\frac{4}{5} \quad \frac{2}{5}\right]^T$ . La región  $P_5$  consiste entonces en regiones circulares con esos centros y el radio  $r_5 = r_0\gamma$ . Nótese que hay ocho círculos  $P_5$  alrededor de cada círculo  $P_1$  porque hay ocho soluciones para  $\mathbf{j} \in \mathbb{Z}^2 \wedge \langle \mathbf{j}, \mathbf{j} \rangle = 5$ .

5 Con el fin de minimizar los problemas de bandas para visualizaciones giratorias con píxeles en una cuadrícula aproximadamente cuadrada, se presenta un diseño de visualización en donde una serie de disposiciones de formación de vista (normalmente una matriz de microlentes) forma una cuadrícula cuadrada que se puede describir por la dirección  $\mathbf{p}$  en términos de coordenadas de píxeles donde  $\mathbf{p}$  se elige fuera de las regiones  $P_n$  que dan lugar a bandas.

10 Para analizar el problema de las bandas, se han utilizado dos modelos. El primer modelo se basa en un análisis de las frecuencias espaciales tanto en la estructura de píxeles como en la estructura de la lente, y el segundo se basa en el trazado de rayos.

15 El primer modelo utiliza ecuaciones de Moiré y una función de visibilidad para estimar la cantidad de bandas visibles para un vector de paso  $\mathbf{p}$  dado.

20 Este modelo da como resultado un mapa como el de la Figura 6, donde las áreas más brillantes indican más bandas (en una escala de registro). La Figura 6 traza el  $p_y$  versus  $p_x$ . Debe entenderse que el mapa real depende de parámetros tales como el ángulo visual de las lentes micro y la estructura de píxeles. El mapa en la Figura 6 se genera para el caso de un píxel con un área de emisión única con una apertura de  $1/8$  de la superficie total del píxel, una función de dispersión del punto de la lente Gaussiana (PSF) que se escala con la apertura de la lente, y un ángulo visual constante de la lente de 20 segundos de arco.

25 Como consecuencia de la escala de PSF, se pueden ver más componentes de bandas para  $|\mathbf{p}|$  (en la parte superior izquierda de la Figura 6) debido al enfoque más preciso. Se ha observado que la fuerza de diversos "BLOBS" de bandas depende de la estructura real de píxeles (véase Figura 3) pero la posición de los BLOBS es siempre la misma.

30 La invención se basa en parte en el reconocimiento de que la mayor parte de la estructura en este mapa de bandas se puede explicar utilizando las áreas de  $P_n$ , donde  $P_n$  con  $n$  mayor corresponde a áreas más pequeñas. La mayoría de las áreas con bandas significativas se explican mediante  $P_1 \dots P_8$ .

35 Al ajustar un radio  $r_0 = 0.35$  y  $\gamma = 0.75$  a este mapa, se obtiene la imagen que se muestra en la Figura 7. En otras situaciones, puede haber menos bandas y, como consecuencia,  $r_0 = 0.25$  es lo suficientemente estricto. La Figura 8 muestra los resultados de ajustar un radio  $r_0 = 0.25$  al mapa de la Figura 5.

En las Figuras 7 y 8, las regiones preferidas también se representan, a saber,  $P_{9,18}$  y  $P_{14,26}$ . Estas regiones se describen mejor mediante  $r_0 = 0.35$ .

40 La invención se basa en evitar las zonas que dan lugar a bandas, es decir, evitar ciertos rangos de valores del vector  $\mathbf{p} = (p_x, p_y)$ .

45 Las primeras zonas que deben evitarse son las regiones  $P_1$  (es decir,  $P_{1,1}$ ) que dan lugar a la mayor banda. En la Figura 8, con valores de radio más pequeños, la zona excluida es más pequeña. Por lo tanto, una primera zona para excluir se basa en  $r_0=0.25$ .

Las zonas que se han de excluir al diseñar la relación entre la cuadrícula de píxeles y la cuadrícula de lentes son:

1.  $\mathbf{p} \notin P_1$  con radio  $r_0 = 0.25$  y  $\gamma = 0.75$ ,
- 50 2. Como directamente arriba y también  $\mathbf{p} \notin P_2$ ,
3. Como directamente arriba y también  $\mathbf{p} \notin P_4$ ,
- 55 4. Como directamente arriba y también  $\mathbf{p} \notin P_5$ ,
5. Como directamente arriba y también  $\mathbf{p} \notin P_8$ ,
6. Cualquiera de los anteriores pero con radio  $r_0 = 0.35$ .

60 Dentro del espacio que queda al excluir las regiones, hay algunas regiones que son de particular interés porque las bandas son especialmente bajas para una amplia gama de parámetros. Estas regiones son:

1.  $\mathbf{p} \in P_{9,18}$  con radio  $r_0 = 0.35$ ,

2.  $p \in P_{14,26}$  con radio  $r_0 = 0.35$ .

Preferiblemente, los subpíxeles están en una cuadrícula cuadrada, pero son posibles pequeñas variaciones. La

5 relación de aspecto se limita preferiblemente a  $\frac{2}{3} \leq a \leq \frac{3}{2}$ , o más preferiblemente a  $\frac{5}{6} \leq a \leq \frac{6}{5}$ . La transparencia de la cuadrícula de un cuadrado/rectángulo a un rombo/paralelogramo es preferiblemente a  $|\theta - 90^\circ| \leq 20^\circ$ , o incluso a  $|\theta - 90^\circ| \leq 5^\circ$ .

10 Una alternativa para las ecuaciones de Moiré para ilustrar la invención es trazar con rayos un modelo de una visualización con una lente que muestra una imagen completamente blanca.

La Figura 9 muestra tal representación para el diseño de píxeles 2D a partir de la Figura 3(c). Cualquier representación de un diseño sin bandas parecería ser en promedio en blanco, mientras que para un diseño con bandas, la intensidad y/o el color dependen de la posición del espectador (es decir, la fase de la lente).

15 La Figura 9(a) muestra representaciones para un diseño de lente en una región  $P_1$  para una fase de lente. Aunque no se muestra en la versión de la Figura 9(a), faltan el primario blanco y la mayor parte del azul. La Figura 9(b) muestra representaciones para un diseño de lente en una región  $P_2$  para una fase de lente donde es visible una cantidad superior a la media de la matriz negra. La Figura 9(c) muestra representaciones para un diseño de lente en una región  $P_4$  para una fase de lente donde casi no se ve ninguna matriz negra. La Figura 9(d) muestra representaciones para un diseño de lente en un centro  $P_{14,26}$  con (virtualmente) una distribución igual de primarios dentro de este parche para esta y todas las demás fases.

25 Un parche como el que se muestra en la Figura 9 se puede representar para varias fases de lentes, ya que diferentes fases de lentes (lo que significa la posición de la lente que es responsable de generar la vista a un lugar de visualización particular) dan lugar a diferentes distribuciones de subpíxeles. Más efectivo es calcular el valor de color medio CIE 1931 XYZ que se calcula para cada parche. A partir de esa media, se puede calcular el valor del color CIE  $L^*a^*b^*$  que proporciona medios cuantitativos para comparar los efectos de la banda perceptiva.

30 En este espacio de color perceptivo, la distancia  $L_2$  entre dos valores de color (indicada como  $\Delta E$  a continuación) es indicativa de la diferencia percibida entre esos colores.

El objetivo es blanco correspondiente a  $(L^*, a^*, b^*) = (100, 0, 0)$ .

35 En la Figura 10, la luminosidad ( $L^*$ ) se representa como una función de las fases de la lente en dos dimensiones, correspondientes a diferentes vistas proyectadas por las lentes a diferentes posiciones del observador, para los mismos ejemplos que en la Figura 9. La variable de fase de la lente adimensional tiene Valores en el rango de (0,1). Debido a la periodicidad de la cuadrícula de píxeles y la cuadrícula de la lente, las fases 0 y 1 de la lente corresponden a las mismas vistas generadas. Debido a que la visualización utiliza una matriz de microlentes 2D, la propia fase de la lente también es 2D.

40 En la Figura 11, se representa nuevamente el error de color ( $\Delta E$ ) para los mismos ejemplos. Dependiendo de la situación,  $\Delta E \approx 1$  es visible. El ejemplo sin-bandas en las Figuras 10(d) y 11(d) aparece como  $L^* = 100$  y  $\Delta E \approx 0$  respectivamente, mientras que los otros ejemplos tienen bandas claramente ya que el color varía con la posición del espectador (es decir, la fase de la lente).

Debido a que la visualización utiliza una matriz de microlentes 2D, la fase del objetivo también es 2D.

50 Los gráficos se pueden resumir tomando el valor de la raíz-cuadrada-media (RMS) de  $\Delta E$  en todo el espacio de la fase.

En la siguiente tabla, esto se ha hecho para una lista de puntos que corresponden a regiones que, según el modelo de bandas explicado anteriormente, deben excluirse o incluirse.

Región	$p_x$	$p_y$	$\Delta E_{RMS}$
$P_1$	6.000	2.000	111.576
$P_2$	7.000	3.000	63.375
$P_4$	6.000	3.000	12.723
$P_5$	7.200	3.600	3.609

(continuación)

Región	$p_x$	$p_y$	$\Delta E_{RMS}$
P <sub>5</sub>	7.600	3.200	5.738
P <sub>8</sub>	6.500	2.500	2.289
P <sub>8</sub>	4.500	4.500	1.495
P <sub>9,18</sub>	7.333	3.333	0.467
P <sub>9,18</sub>	2.600	2.600	1.308
P <sub>9,18</sub>	3.350	3.350	0.796
P <sub>9,18</sub>	3.400	3.400	0.871
P <sub>14,26</sub>	6.143	3.286	0.180
P <sub>14,26</sub>	7.286	2.143	0.185
Entre dos círculos P <sub>14,26</sub>	6.000	3.286	0.155
Entre dos círculos P <sub>5</sub>	7.000	3.600	0.611
Entre dos círculos P <sub>5</sub>	5.000	3.400	0.289

5 De esta tabla queda claro que los dos modelos son en gran medida consistentes en términos de predicción de bandas. Las áreas positivas tienen valores bajos de  $\Delta E_{RMS}$ , y las áreas negativas más grandes (con los ordinales más bajos) tienen los valores más altos de  $\Delta E_{RMS}$ .

El primer modelo anterior proporciona una visión general del efecto de bandas, mientras que el segundo modelo proporciona más detalles y visualización.

10 La invención es aplicable al campo de las visualizaciones 3D autoestereoscópicas, más específicamente a las visualizaciones autoestereoscópicas multivisión giratorias de paralaje completo.

15 La invención se refiere a la relación entre la cuadrícula de píxeles y la cuadrícula de lentes. Se puede aplicar a cualquier tecnología de visualización.

20 Los expertos en la técnica pueden entender y realizar otras variaciones de las realizaciones divulgadas al practicar la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o pasos, y el artículo indefinido "un" o "uno", "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que ciertas medidas se reciten en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar para obtener ventajas. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.

**REIVINDICACIONES**

1. Una visualización autoestereoscópica, que comprende:

5 un panel (3) de visualización pixelado que comprende una matriz de píxeles de un solo color o una matriz de subpíxeles de diferentes colores con grupos respectivos de subpíxeles que definen conjuntamente píxeles a todo color; y

10 una disposición (42) de conformación de vista que comprende una matriz de elementos (44) de lente, colocados sobre el panel de visualización, para dirigir la luz de diferentes píxeles o subpíxeles a diferentes ubicaciones espaciales, permitiendo así diferentes vistas de una escena tridimensional para mostrarse en diferentes ubicaciones espaciales,

15 en donde los píxeles del panel de visualización forman una cuadrícula rectangular o en paralelogramo, con una desviación de ángulo interna máxima de 90 grados de 20 grados o menos, y en donde la cuadrícula rectangular o en paralelogramo se repite con los vectores de traslación básicos  $x$  e  $y$ , y la longitud de los vectores de traslación básicos  $x$  e  $y$  tiene una relación de aspecto del más corto al más largo entre 0.66 y 1; y

en donde la disposición de formación de vista comprende una matriz bidimensional de lentes (44) que se repiten en una cuadrícula regular con vectores de traslación básicos  $p'$  y  $q'$ ;

20 en donde la definición de un vector sin dimensiones  $p$  como  $(p_x, p_y)$ , que satisface

$$p' = p_x x + p_y y$$

$$q' = -p_y x + p_x y$$

25 y que define regiones circulares en el espacio de los componentes  $p_y$  y  $p_x$  del vector  $p$  como:

$$P_{n,m} = \{p \mid \|p - v\| < r_{n,m} \forall v \in \mathcal{L}_{n,m}\}$$

donde

$$\mathcal{L}_{n,m} = \left\{ i + \frac{j}{n} \mid i, j \in \mathbb{Z}^2 \wedge \langle j, j \rangle = m \right\}$$

30 para valores enteros  $n$  y  $m$ ,

con  $r_{n,m} = r_0 n^{-\gamma}$  que define el radio de cada círculo,  $\mathcal{L}_{n,m}$  que define los centros del círculo,

35 los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  se seleccionan con valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye los conjuntos  $P_{1,1}$  o  $P_{2,2}$  o  $P_{4,4}$  con  $r_0=0.1$  y  $\gamma=0.75$ .

40 2. Una visualización como se reivindica en la reivindicación 1, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto  $P_{1,1}$  con  $r_0=0.25$  y  $\gamma=0.75$ .

3. Una visualización como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto  $P_{2,2}$  con  $r_0=0.25$  y  $\gamma=0.75$ .

45 4. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto  $P_{4,4}$  con  $r_0=0.25$  y  $\gamma=0.75$ .

50 5. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto  $P_{5,5}$  con  $r_0=0.1$  y  $\gamma=0.75$ .

6. Una visualización como se reivindica en la reivindicación 5, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto  $P_{5,5}$  con  $r_0=0.25$  y  $\gamma=0.75$ .

55 7. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$  y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto  $P_{8,8}$  con  $r_0=0.25$  y  $\gamma=0.75$ .

- 5 8. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$ , y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  cae en el espacio vectorial que excluye el conjunto o conjuntos con  $r_0=0.35$ .
9. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$ ,  $q'$  tienen valores tales que  $p$  está en el conjunto  $P_{9,18}$  con  $r_0=0.35$  y  $\gamma=0.75$ .
- 10 10. Una visualización como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que los vectores de traslación básicos  $x$ ,  $y$ ,  $p'$ , y  $q'$  tienen valores tales que  $p$  está en el conjunto  $P_{14,26}$  con  $r_0=0.35$  y  $\gamma=0.75$ .
- 15 11. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que los vectores de traslación básicos  $x$  e  $y$  de la cuadrícula de píxeles tienen una relación de aspecto de la longitud del más corto al más largo entre 0.83 y 1.
12. Una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que la cuadrícula de píxeles de rectángulo o paralelogramo tiene una desviación de ángulo interna máxima de 90 grados de 5 grados o menos.
- 20 13. Un dispositivo portátil que comprende una visualización como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en donde el dispositivo portátil es configurable para operar en un modo de visualización vertical y un modo de visualización horizontal.
14. Un dispositivo portátil según la reivindicación 13, que comprende un teléfono móvil o tableta.

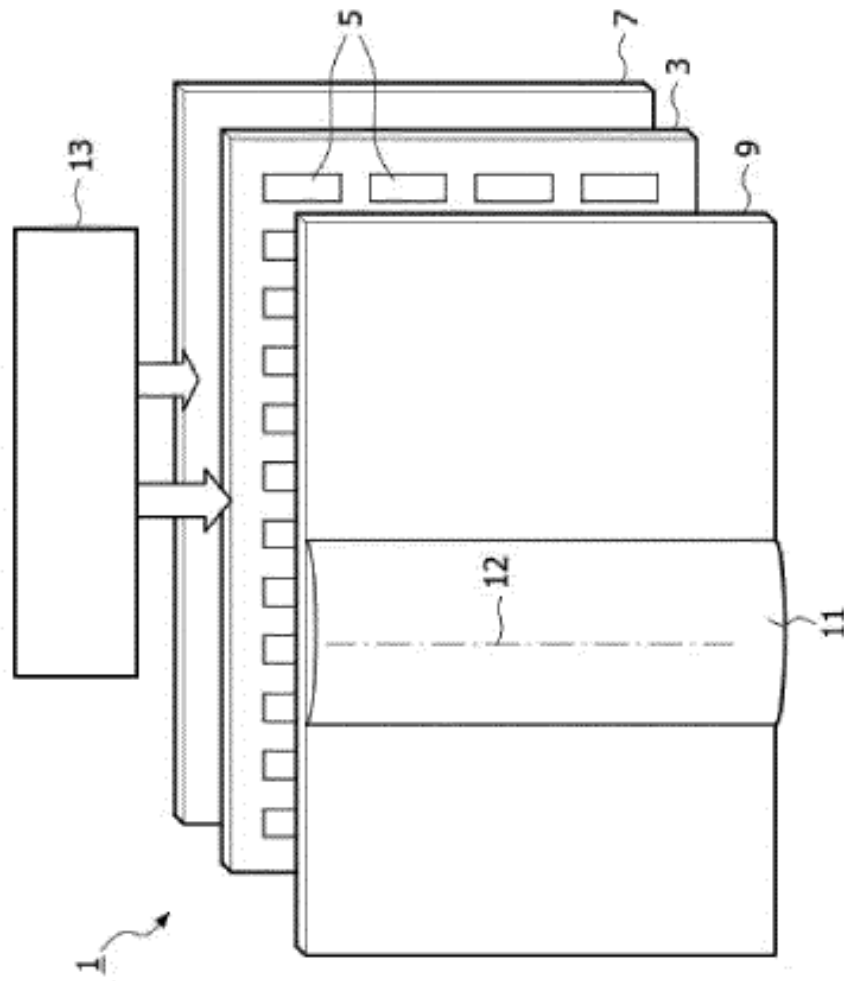


FIG. 1

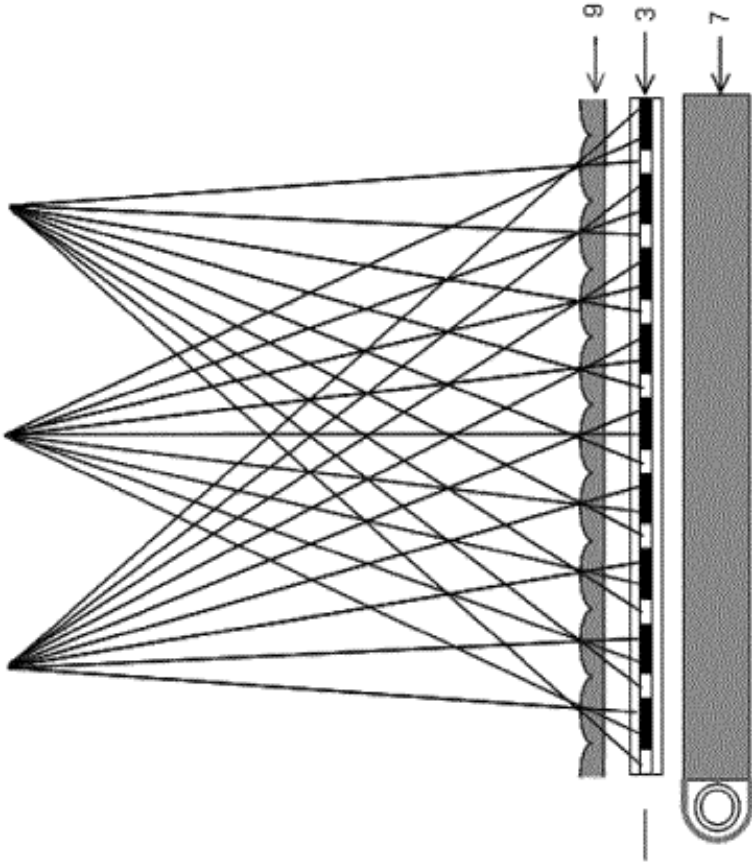


FIG. 2

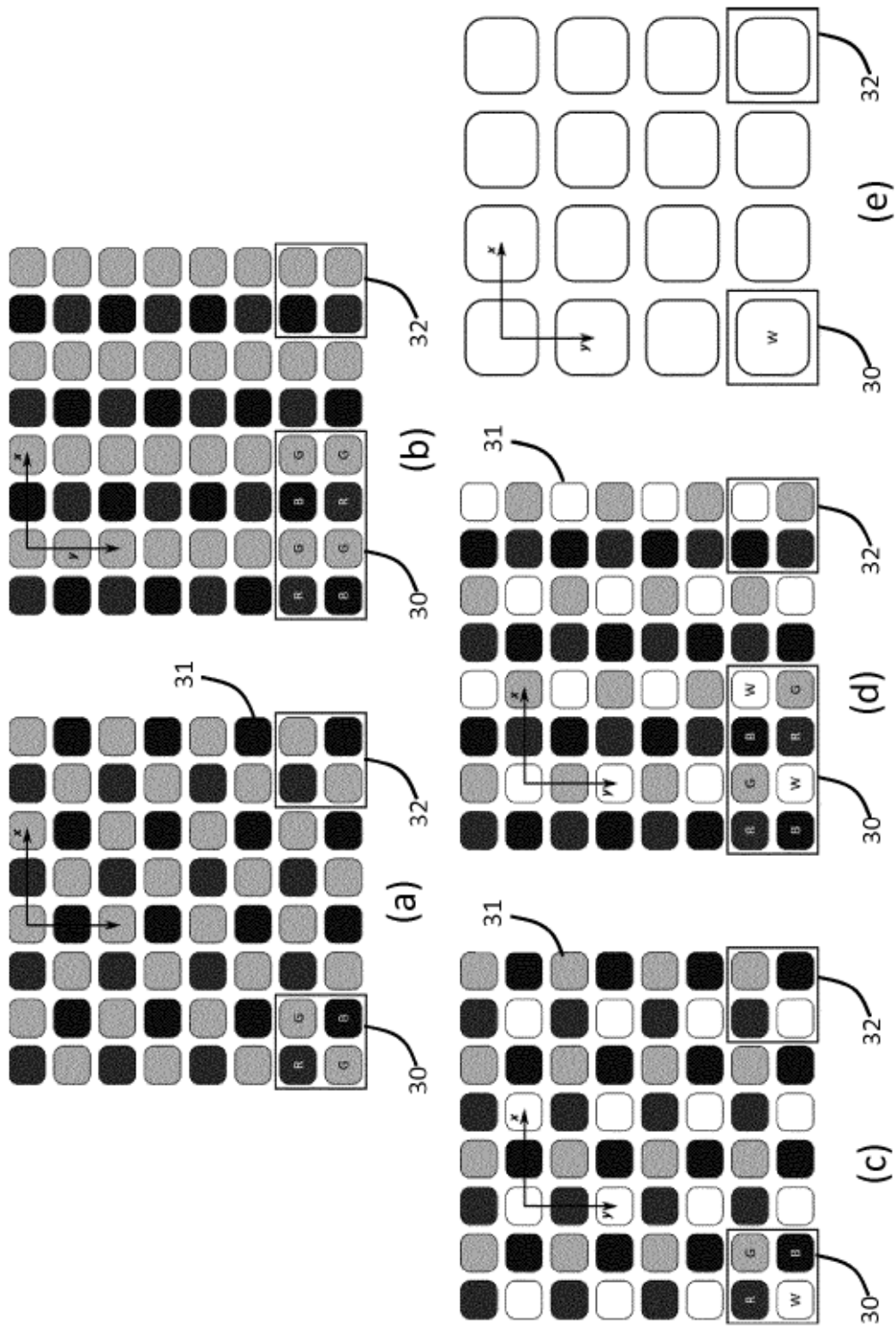


FIG. 3



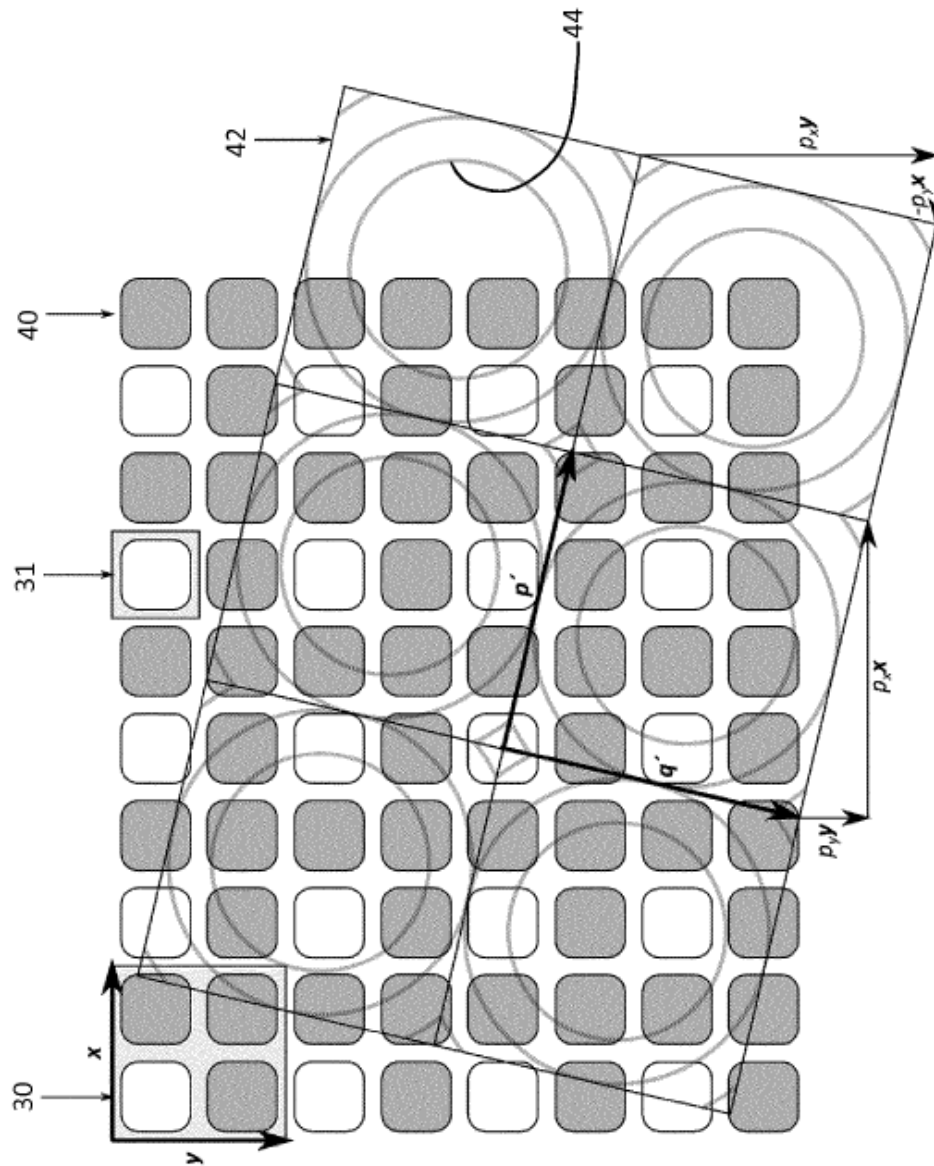


FIG. 4

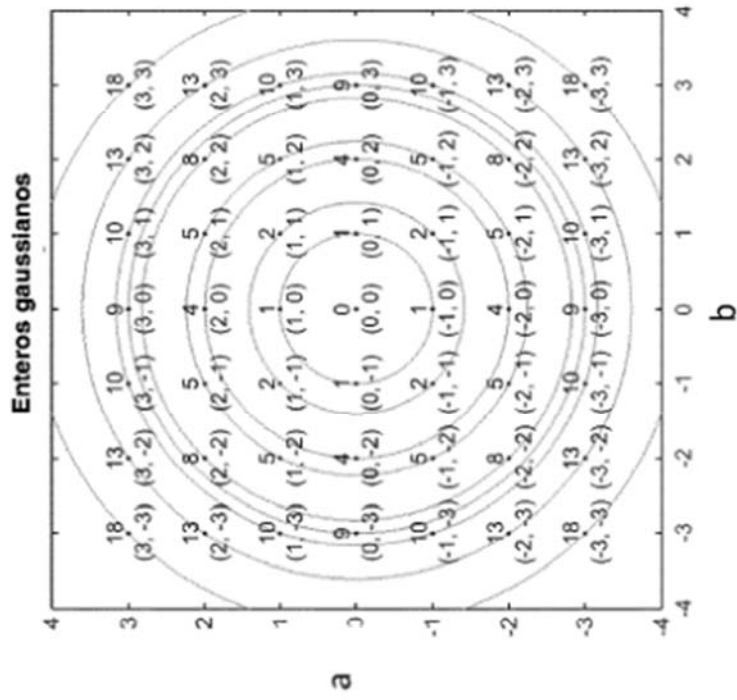
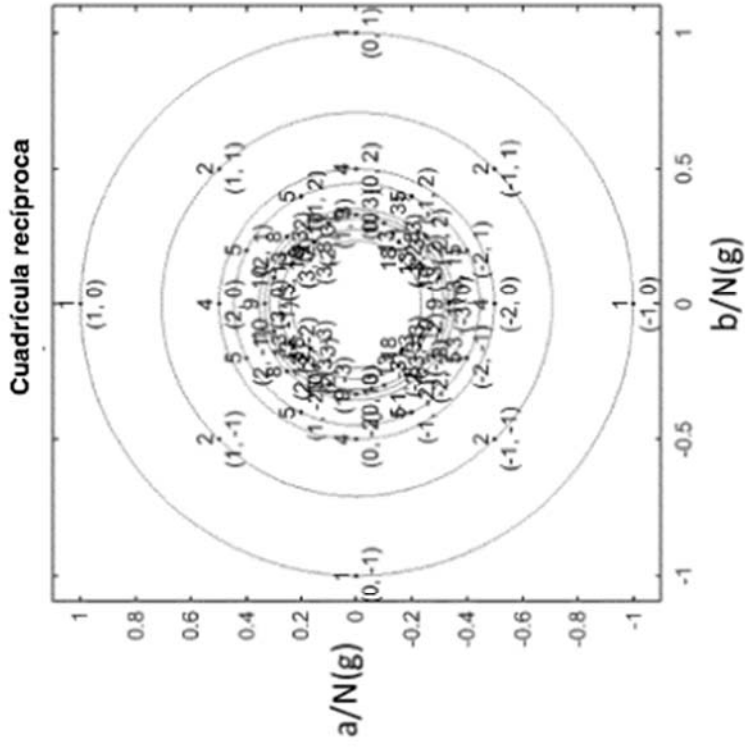


FIG. 5

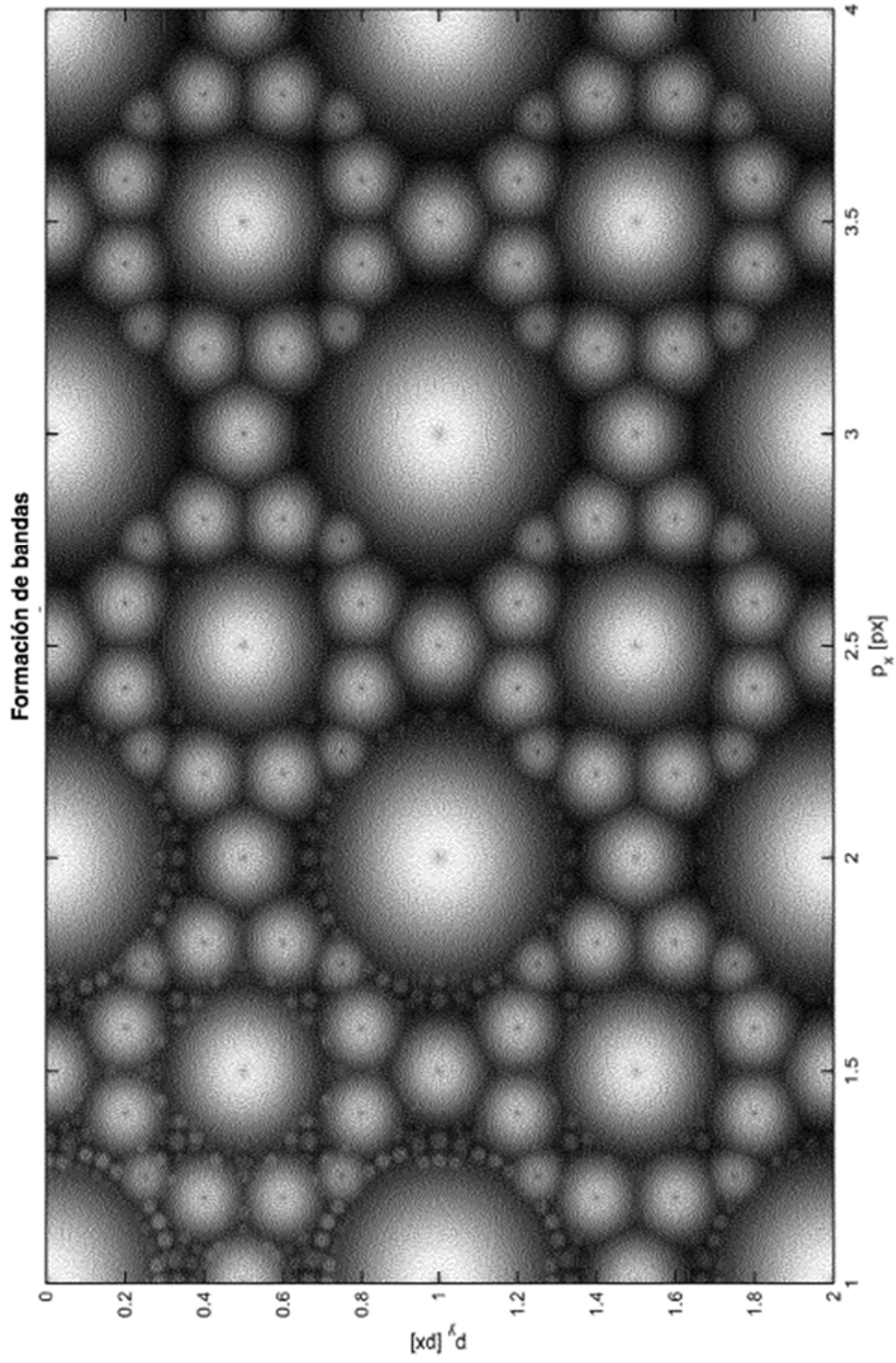


FIG. 6

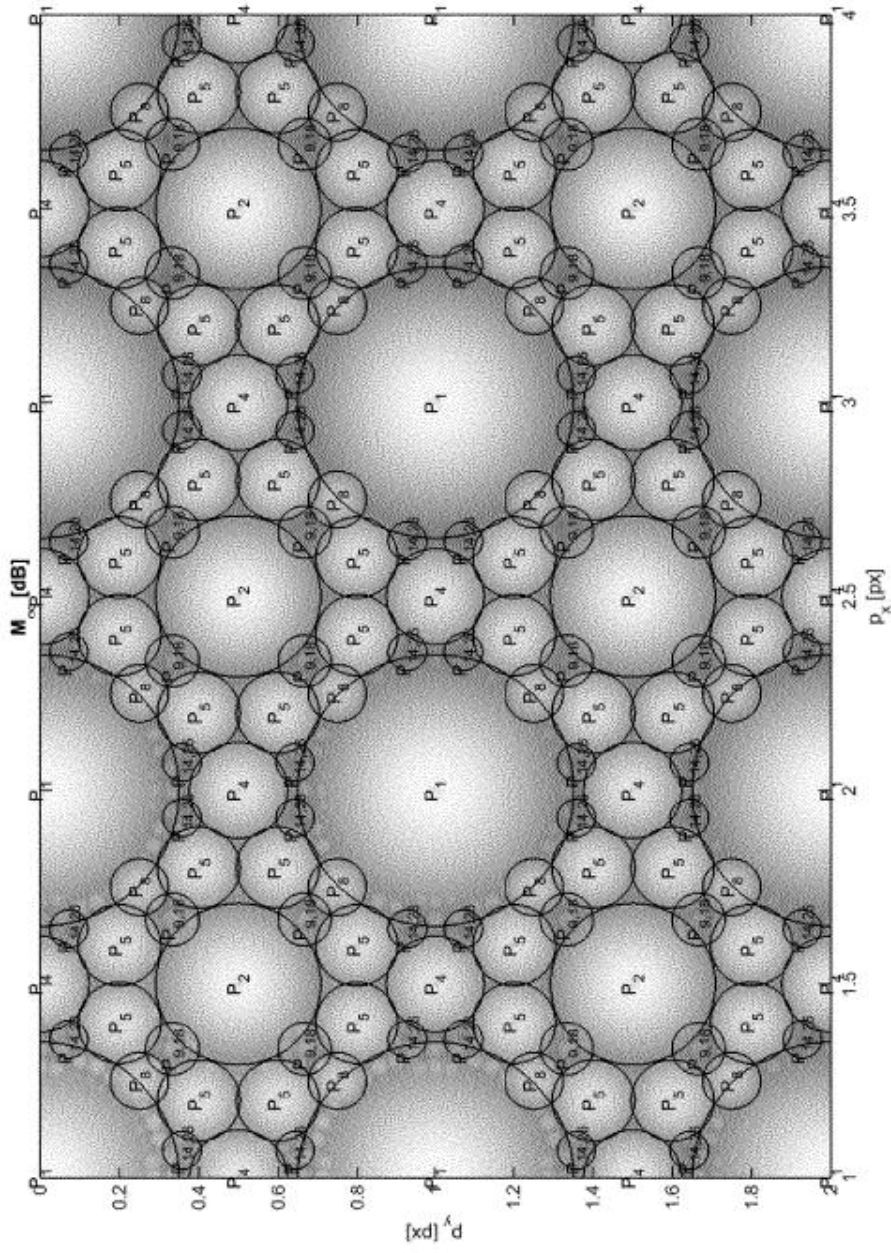


FIG. 7

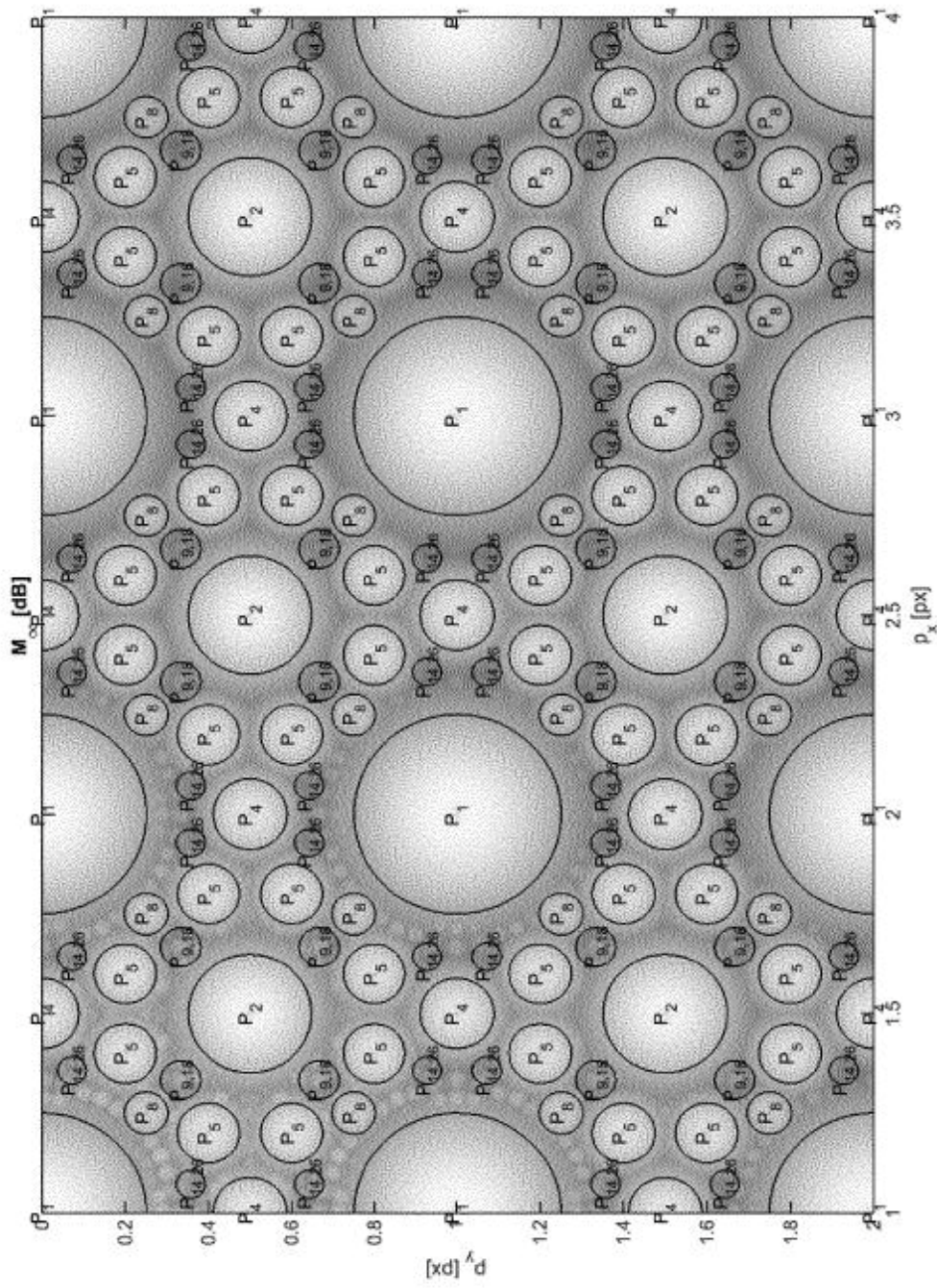


FIG. 8

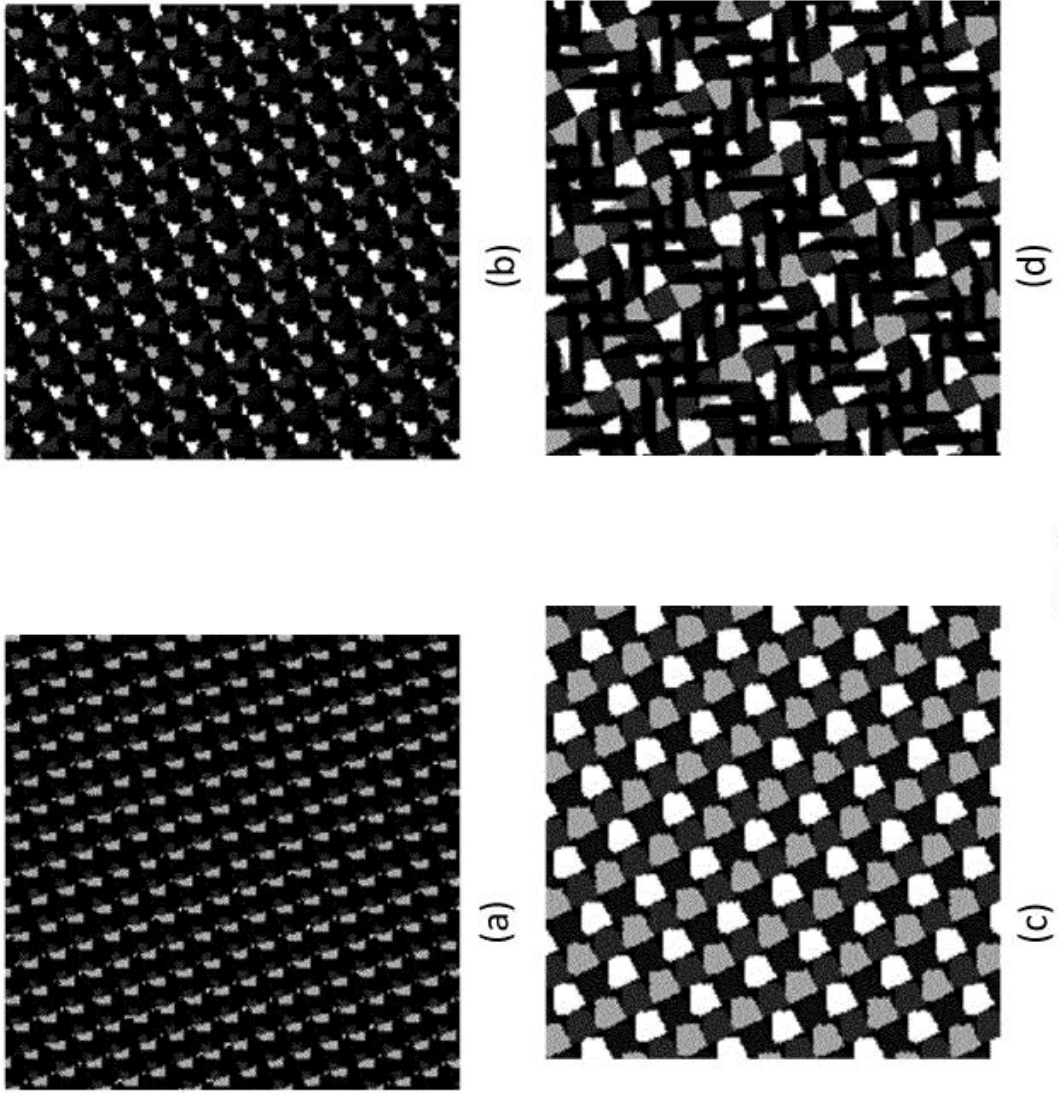


FIG. 9

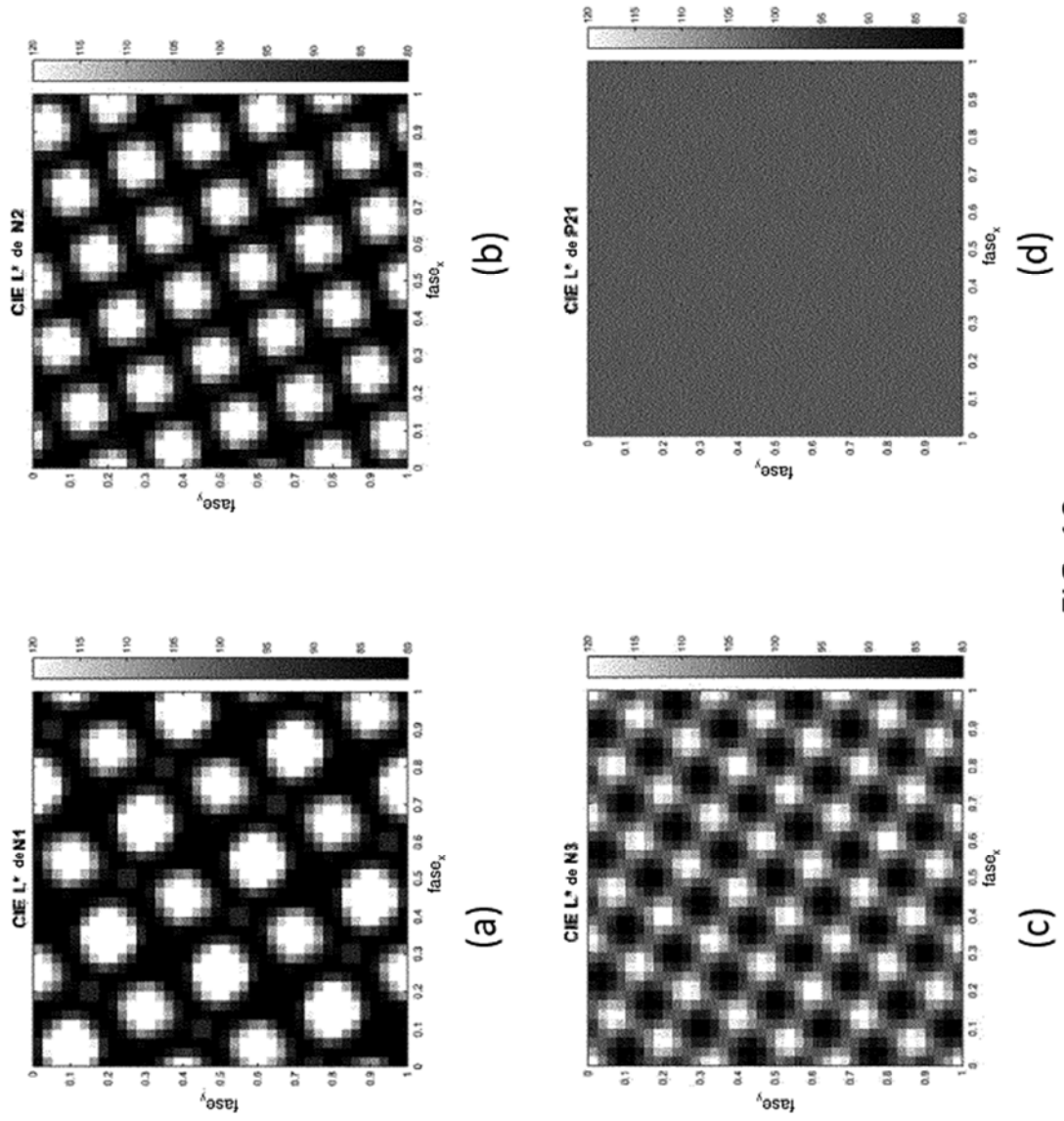


FIG. 10

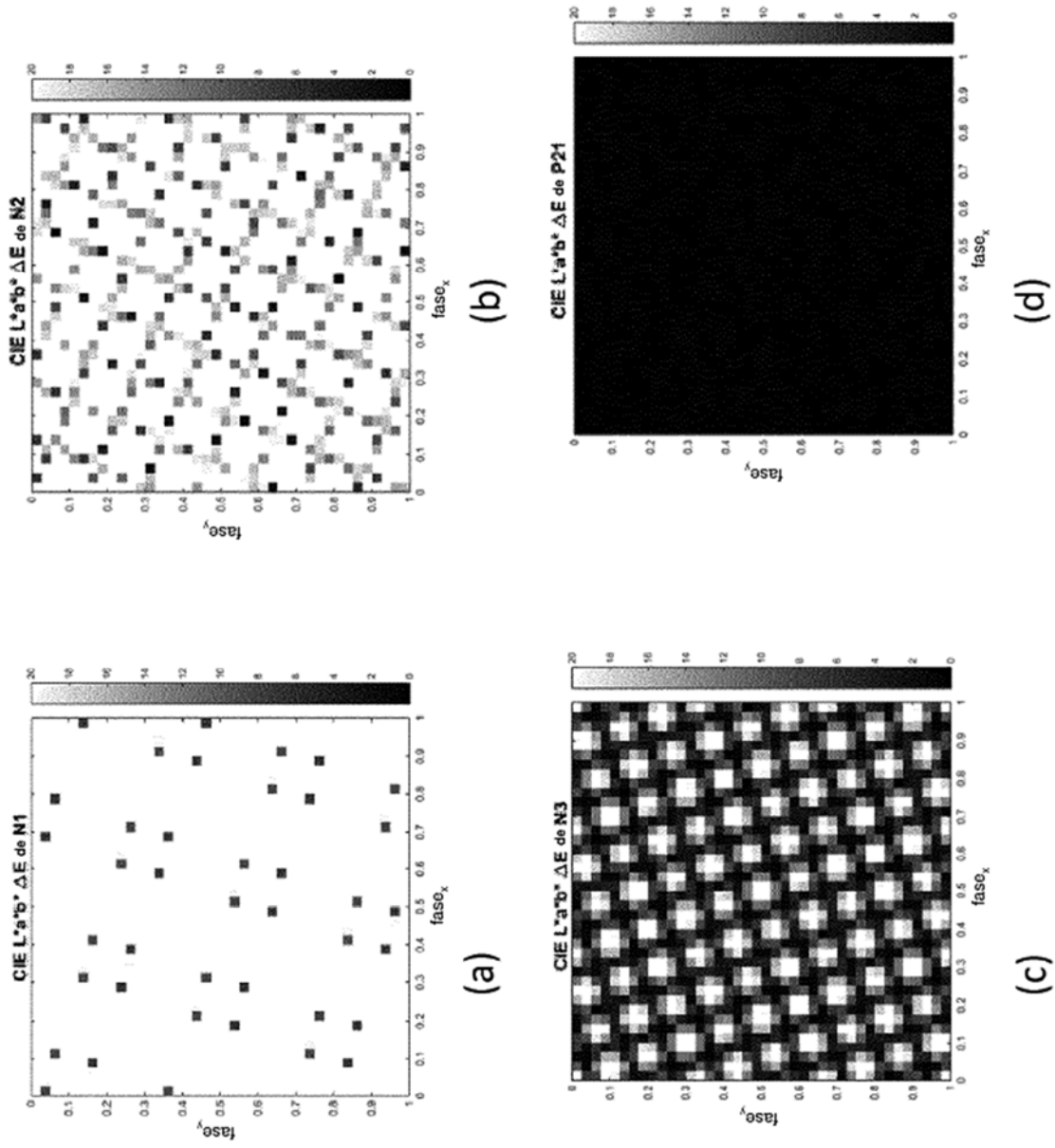


FIG. 11