

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 529**

51 Int. Cl.:

H04N 13/00 (2008.01)

G02B 27/22 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2009 PCT/IB2009/052765**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2009 WO09156968**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2009 E 09769776 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2304966**

54 Título: **Dispositivo de visualización auto-estereoscópico**

30 Prioridad:

27.06.2008 EP 08159240

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

16.10.2019

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**DE ZWART, SIEBE T.;
WILLEMSSEN, OSCAR, H.;
HIDDINK, MARTIN, G. H.;
BERRETTY, ROBERT-PAUL M. y
KRIJN, MARCELLINUS, P. C. M.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 727 529 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 auto-estereoscópico

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo de visualización auto-estereoscópico que comprende un medio de formación de imagen, tal como un panel de visualización que tiene una matriz de píxeles de visualización y un medio de formación de una vista. El medio de formación de la vista es, o es configurable para funcionar como, una matriz de elementos de formación de vista dispuesta sobre el medio de formación de la imagen a través de la que se ven los píxeles de visualización. La invención se refiere también a un método de creación de imagen auto-estereoscópica.

Antecedentes de la invención

15 Se describe un dispositivo de visualización auto-estereoscópico conocido en el documento GB 2196166 A. Este dispositivo conocido comprende un panel de visualización de cristal líquido emisoro bidimensional que tiene una matriz de filas y columnas de píxeles de visualización que actúan como un medio de formación de la imagen para producir una visualización. Una matriz de lentes lenticulares alargadas que se extienden paralelas entre sí se superpone a la matriz de píxeles de visualización y actúa como un medio de formación de la vista. Las salidas desde los píxeles de visualización se proyectan a través de estas lentes lenticulares, lentes que funcionan para modificar las direcciones de las salidas.

20 Las lentes lenticulares se proporcionan como una lámina de elementos, cada uno de los cuales comprende un elemento de lente semicilíndrica alargada. Las lentes lenticulares se extienden en la dirección de la columna del panel de visualización, superponiéndose cada lente lenticular en un grupo respectivo de dos o más columnas adyacentes de píxeles de visualización. Un punto focal de cada lente coincide con un plano definido por la matriz de píxeles de visualización.

25 En una disposición en la que, por ejemplo, cada lente lenticular se asocia con dos columnas de píxeles de visualización, los píxeles de visualización en cada columna proporcionan una ranura vertical de una sub-imagen bidimensional respectiva. La lámina lenticular proyecta estas dos ranuras y las ranuras correspondientes desde las columnas de píxeles de visualización asociadas con las otras lentes lenticulares, a los ojos izquierdo y derecho de un usuario situado enfrente de la lámina, de modo que el usuario observa una única imagen estereoscópica.

30 En otras disposiciones, cada lente lenticular se asocia con un grupo de tres o más píxeles de visualización adyacentes en la dirección de filas. Las columnas correspondientes de los píxeles de visualización en cada grupo se disponen apropiadamente para proporcionar una ranura vertical a partir de una sub-imagen bidimensional respectiva. Cuando una cabeza del usuario se mueve de izquierda derecha se observan una serie de sucesivas, diferentes, vistas estereoscópica creando, por ejemplo, una impresión de mirar alrededor.

35 El dispositivo de visualización auto-estereoscópico anteriormente descrito produce una visualización que tiene buenos niveles de brillo. Sin embargo, un problema asociado con el dispositivo es que las vistas proyectadas por la lámina lenticular están separadas por zonas oscuras provocadas por la "imagen" de la matriz negra no emisora que define típicamente la matriz de píxeles de visualización. Estas zonas oscuras se observan claramente por un usuario como no uniformidades de brillo en la forma de bandas verticales oscuras separadas a través de la visualización. Las bandas se mueven a través de la visualización cuando el usuario se mueve de izquierda a derecha y el paso de las bandas cambia cuando el usuario se mueve hacia o separándose de la visualización.

40 Se han propuesto un cierto número de planteamientos para reducir la amplitud de las no uniformidades. Por ejemplo, la amplitud de las no uniformidades puede reducirse por la bien conocida técnica de inclinar las lentes lenticulares en un ángulo agudo con relación a la dirección de columnas de la matriz de píxeles de visualización. Sin embargo, sigue siendo difícil reducir la profundidad de la modulación de intensidad introducida por la imagen de la matriz negra por debajo del 1 %, a cuyo nivel las no uniformidades continúan siendo perceptibles y molestas para un usuario.

45 El documento JP 03 194 588 A (Nippon Telegraph & Telephone) divulga un dispositivo de visualización auto-estereoscópico en el que una matriz de lentes lenticulares proporciona la función de formación de la vista y se dispone sobre una visualización pixelada. Las lentes se desenfocan colocando su plano focal enfrente de la visualización pixelada, reduciendo de ese modo las no uniformidades de brillo provocadas por la imagen de la matriz que define los píxeles. Se proporciona una capa de difusión en el plano focal de las lentes para eliminar cualquier direccionalidad de la salida de los píxeles, reduciendo de ese modo adicionalmente las no uniformidades de brillo.

Sumario de la invención

50 En el texto de descripción mencionado a continuación, las expresiones "función de formación de la vista" y "función de reducción de la no uniformidad de brillo" pueden interpretarse también como "medio de formación de la vista" y "medio de reducción de la no uniformidad de brillo". Se ha descubierto también que la profundidad de modulación de

la intensidad introducida por la imagen de la matriz negra en los dispositivos anteriormente descritos varía en función de la potencia de enfoque de las lentes lenticulares. En general, desenfocando las lentes en un dispositivo incrementando su longitud focal produce una reducción en la profundidad de modulación de intensidad introducida por la imagen de la matriz negra. Sin embargo, el desenfoco de las lentes también da lugar a alguna interferencia cruzada entre las vistas proyectadas por las lentes lenticulares, lo que puede ser perjudicial para el efecto tridimensional percibido por el usuario. La invención está definida por las reivindicaciones.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con las reivindicaciones.

La expresión "ángulo de dispersión efectivo" se refiere al ángulo con el que las salidas de los píxeles de visualización se dispersan (es decir divergen) tal como se mide una vez que la salida se ha emitido por el módulo de formación de la vista (es decir en el aire). El ángulo de dispersión real definido por la función de reducción de la no uniformidad de brillo dependerá del índice de refracción del material en el que se proporciona la función. El ángulo de dispersión real también dependerá de si la función de reducción de la no uniformidad de brillo se proporciona antes o después de la función de formación de la vista. Por ejemplo, el ángulo de dispersión real es mayor que el ángulo de dispersión efectivo si la función de reducción de la no uniformidad de brillo se proporciona antes de la función de formación de la vista. El ángulo de dispersión real es igual al ángulo de dispersión efectivo si la función de reducción de la no uniformidad de brillo se proporciona después de la función de formación de la vista o si las funciones se proporcionan en la misma interfaz óptica.

El ángulo de dispersión efectivo es preferentemente no mayor de 1,3 veces y más preferentemente no mayor de 1,1 veces el ángulo que existiría entre vistas adyacentes proyectadas por la función de formación de la vista en ausencia de la función de reducción de la no uniformidad de brillo.

Se ha descubierto que las no uniformidades de brillo provocadas por la imagen de la matriz opaca en el dispositivo de visualización auto-estereoscópico pueden reducirse mediante la dispersión (es decir divergencia) de las salidas de los píxeles de visualización, para de ese modo "cerrar" las bandas oscuras entre vistas adyacentes. Más aún, se ha descubierto que esta técnica de dispersión es más efectiva en la reducción de las no uniformidades cuando los medios mediante los que se proporciona la función de dispersión tienen un paso que es menor que el paso de los elementos de formación de la vista.

La invención es particularmente adecuada para ver módulos de formación en los que los elementos de formación de la vista son lentes lenticulares. A través de un intervalo de ángulos de visión, se ha descubierto en la práctica que los puntos focales de lentes lenticulares definen una superficie curvada. En dispositivos de visualización auto-estereoscópicos conocidos en los que las lentes lenticulares simplemente se desenfocan para reducir las no uniformidades de brillo, los puntos focales para luz normal (perpendicular) se sitúan generalmente por detrás de un plano definido por los píxeles de visualización, pero los puntos focales para luz no normal (correspondiente a ángulos de visión mayores) coincidirá con este plano. Como consecuencia, las no uniformidades de brillo se suprimen de modo efectivo en y alrededor del ángulo de visión normal, pero no en ángulos de visión mayores.

Mediante la dispersión (es decir divergencia) de las salidas de los píxeles de visualización con un paso que es menor que el paso de las lentes lenticulares, en oposición por ejemplo a simplemente desenfocar las lentes lenticulares (mediante lo que un paso de la función de dispersión es igual al paso de las lentes lenticulares), la función de reducción de la no uniformidad de brillo se desacopla efectivamente de la función de formación de la vista y las no uniformidades de brillo pueden suprimirse por lo tanto a través de un amplio intervalo de ángulos de visión. Aunque pueden permanecer algunos efectos dependientes del ángulo de visión, estos se reducen significativamente.

Además, dicha disposición puede ser más robusta con relación a tolerancias dimensionales de los componentes ópticos, dado que pequeños errores en el ángulo de dispersión efectivo de la función de reducción de las no uniformidades de brillo no afectan significativamente al rendimiento auto-estereoscópico del dispositivo de visualización, cuyo rendimiento depende de la función de formación de la vista.

En realizaciones en las que la matriz de elementos de formación de la vista es una primera matriz de lentes lenticulares, las lentes pueden disponerse en pendiente con respecto a la dirección de columna de los píxeles de visualización, para de ese modo reducir adicionalmente las no uniformidades de brillo.

Los medios de formación de la imagen pueden ser un panel de visualización de cristal líquido que comprende una retroiluminación para producir una visualización de emisión. Pueden usarse alternativamente otros tipos de panel de visualización de emisión.

El ángulo de dispersión efectivo de la función de reducción de la no uniformidad de brillo en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista puede ser sustancialmente igual al ángulo que existiría entre vistas adyacentes proyectadas por la función de formación de la vista en ausencia de la función de reducción de la no uniformidad de brillo. Por la expresión de que el ángulo de dispersión efectivo es "sustancialmente igual a" el ángulo que existiría entre vistas adyacentes, puede requerirse en particular que el ángulo de dispersión efectivo esté en el

intervalo de 0,5 a 1,5 veces, preferentemente de 0,7 a 1,3 y más preferentemente de 0,9 a 1,1 veces, el ángulo que existiría entre vistas adyacentes proyectadas por la función de formación de la vista en ausencia de la función de reducción de la no uniformidad de brillo. De esta manera, la interferencia cruzada entre vistas proyectadas por la función de formación de la vista puede reducirse a niveles aceptables, interferencia cruzada que puede ser perjudicial para el efecto tridimensional percibido por el usuario.

En las realizaciones, las superficies focales curvadas definidas por la primera matriz de lentes lenticulares que proporcionan la función de formación de la vista pueden cada una cruzar el plano definido por la matriz de píxeles de visualización en posiciones correspondientes a un punto focal para luz no normal. De esta manera, la inevitable variación en el foco provocada por las superficies focales curvadas y la interferencia cruzada resultante, puede dispersarse a través de un amplio intervalo de ángulos de visión. En otras realizaciones, las superficies focales curvadas pueden cruzar cada una el plano definido por la matriz de píxeles de visualización en posiciones correspondientes a un punto focal para luz normal. De esta manera, la interferencia cruzada en y alrededor del ángulo de visión normal puede minimizarse, a expensas de una interferencia cruzada mayor con ángulos de visión mayores.

En un primer grupo de realizaciones, la función de reducción de la no uniformidad de brillo puede proporcionarse por una segunda matriz de lentes paralelas, tales como lentes micro-lenticulares, dispuestas a través del módulo de formación de la vista y que tienen el segundo paso.

Las lentes de la segunda matriz pueden tener un segundo paso de no más de una mitad, y preferentemente no más de un tercio, del primer paso de las lentes de la primera matriz. En general, lentes que tengan un paso más pequeño son más fáciles de fabricar, pero las lentes que tienen un paso mayor proporcionan un rendimiento funcional mejorado.

La segunda matriz de lentes puede proporcionarse en una interfaz óptica diferente a la interfaz óptica de la primera matriz, por ejemplo en diferentes superficies del sustrato.

Alternativamente, la primera y segunda matrices de lentes que proporcionan tanto la formación de la vista como la función de reducción de la no uniformidad de brillo se integran en la misma interfaz óptica, de modo que las funciones de formación de la vista y de reducción de la no uniformidad de brillo se proporcionan por refracción en la misma interfaz óptica.

En este caso, la interfaz óptica correspondiente a cada lente de la primera matriz puede comprender una pluralidad de caras planas que definen una superficie de lente poligonal, correspondiendo cada cara plana a una lente de la segunda matriz. El número de caras planas puede ser igual a un número de vistas proporcionado por el dispositivo de visualización auto-estereoscópico. El número de superficies planas, $N_{micro-lente}$, puede elegirse de alguna forma menor que N_{vistas} . Sin desear quedar ligado a teoría alguna, el número de superficies planas que da el número de no uniformidades de brillo puede venir dado por:

$$N_{vistas} \cdot \frac{1}{1 + \left| \frac{R_L \cdot N_{vistas}^2}{\Delta n \cdot p_L^2} \lambda \right|}$$

siendo Δn la diferencia de los índices de refracción de los materiales en ambos lados de la superficie de la lente, p_L el paso de las lentes poligonales, R_L el radio de curvatura de la primera matriz de lente t y λ la longitud de onda de la luz usada.

En situaciones prácticas se emite por la visualización un intervalo completo de longitudes de onda, pero un buen valor promedio para λ es 550 nm. Para diseños prácticos, el resultado de la ecuación, $N_{micro-lente}$, puede redondearse a cualquiera de los enteros más próximos al resultado de la ecuación anterior; (uno más alto que el resultado y el otro más bajo que el resultado). Preferentemente el resultado se redondea al entero más próximo. Esto tiene la ventaja de que los efectos de difracción que pueden perturbar posiblemente la función de la disposición y la visualización son tenidos en cuenta.

En ciertas realizaciones el radio de curvatura de las lentes de la segunda matriz de micro-lentes es tal que cuando la segunda matriz de lentes se integra por superposición con la primera matriz, la interfaz óptica correspondiente a cada lente de la primera matriz puede comprender a una pluralidad de caras que son planas y/o no planas y/o tienen igual o desigual paso o ancho.

En algunas realizaciones uno o más ejes ópticos de las lentes paralelas de la matriz de micro-lentes están en pendiente con respecto a uno o más ejes ópticos de las lentes de la primera matriz de lentes. Las caras pueden así estar en pendiente con respecto al eje óptico de las lentes lenticulares.

En una realización de la matriz lenticular y la matriz de micro-lentes pueden tener lentes semicilíndricas con ejes ópticos en la dirección larga.

En una realización puede haber múltiples matrices de micro-lentes que tengan lentes con diferente paso. Alternativamente puede haber solamente una segunda matriz de lentes que sea una integración de múltiples matrices de micro-lentes.

5 En un segundo grupo de realizaciones, la función de reducción de la no uniformidad de brillo puede proporcionarse mediante un difusor de luz. Puede considerarse en general que los difusores de luz tienen un paso cero.

10 El difusor de luz puede ser una superficie difusora de luz configurada para proporcionar la difusión por refracción en su superficie o interfaz o puede ser alternativamente un difusor de dispersión de luz configurado para proporcionar la difusión mediante la dispersión de la luz. Difusores superficiales adecuados incluyen difusores holográficos, micro-difusores y difusores tramados, cuyo diseño y fabricación es bien conocido para los expertos en la materia.

15 El difusor de luz puede disponerse para dispersar las salidas de los píxeles de visualización sustancialmente solo en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista. De esta manera, puede evitarse un difuminado innecesario en la dirección paralela a los ejes de los elementos de formación de la vista.

20 Alternativamente, el difusor de luz puede disponerse para dispersar las salidas de los píxeles de visualización con diferentes ángulos de dispersión en primer y segundo planos perpendiculares. El difusor de luz puede girarse a continuación con respecto a la matriz de elementos de formación de la vista, de modo que el primer y segundo planos perpendiculares definan ángulos agudos con los ejes de los elementos de formación de la vista. De esta manera, puede ajustarse la cantidad de dispersión en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método de creación de imagen auto-estereoscópica de acuerdo con las reivindicaciones.

30 El ángulo de dispersión efectivo de la función de reducción de la no uniformidad de brillo en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista puede ser sustancialmente igual al ángulo que existiría entre vistas adyacentes proyectadas por los elementos de formación de la vista en ausencia de la función de la dispersión adicional.

La matriz de elementos de formación de la vista paralelos puede ser una primera matriz de lentes lenticulares paralelas.

35 La función de reducción de la no uniformidad de brillo puede proporcionarse por una segunda matriz de lentes, tal como micro-lentes lenticulares y la primera y segunda matrices pueden integrarse en la misma interfaz óptica o pueden proporcionarse en diferentes interfaces ópticas respectivas.

40 Alternativamente, la función de reducción de la no uniformidad de brillo puede proporcionarse mediante un difusor de luz. Puede considerarse en general que los difusores de luz tienen un paso cero.

El difusor de luz puede disponerse para dispersar las salidas de los píxeles de visualización sustancialmente solo en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista. De esta manera, puede evitarse un difuminado innecesario en la dirección paralela a los ejes de los elementos de formación de la vista.

45 Alternativamente, el difusor de luz puede disponerse para dispersar las salidas de los píxeles de visualización con diferentes ángulos de dispersión en primer y segundo planos perpendiculares. De esta manera, puede ajustarse la cantidad de dispersión en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista.

50 Breve descripción de los dibujos

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

55 La Fig. 1 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de visualización auto-estereoscópico; La Fig. 2 es una vista en sección transversal esquemática del dispositivo de visualización mostrado en la Fig. 1 para explicación de su modo de funcionamiento;

Las Figs. 3A, 3B y 3C son diagramas para la explicación de técnicas para reducir no uniformidades de brillo en la salida del dispositivo de visualización mostrado en la Fig. 1;

60 Las Figs. 4A y 4B son diagramas adicionales para explicar cómo pueden reducirse las no uniformidades de brillo en la salida del dispositivo de visualización mostrado en la Fig. 1;

La Fig. 5A es una vista en sección transversal esquemática mostrando, para un intervalo de ángulos de visión, los puntos focales de una lente lenticular de otro dispositivo de visualización auto-estereoscópico y las Figs. 5B, 5C y 5D son diagramas para explicar el efecto de los puntos focales sobre el funcionamiento del dispositivo de visualización auto-estereoscópico;

65 La Fig. 6 es un gráfico que muestra no uniformidades de brillo en función del ángulo de visión para el dispositivo de visualización auto-estereoscópico al que se refieren las Figs. 5A a 5D;

La Fig. 7 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un primer dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención;

La Fig. 8 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un segundo dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención;

5 La Fig. 9 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un tercer dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención;

La Fig. 10 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un cuarto dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención;

10 La Fig. 11 es un gráfico que muestra no uniformidades de brillo en función del ángulo de visión para los dispositivos de visualización auto-estereoscópicos de acuerdo con la invención mostrados en las Figs. 7 a 10;

La Fig. 12 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un quinto dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención;

La Fig. 13 es un gráfico que muestra no uniformidades de brillo en función del ángulo de visión para el quinto dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención mostrado en la Fig. 12;

15 Las Figs. 14A y 14B son diagramas para explicar modificaciones al quinto dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención mostrado en la Fig. 12;

Las Figs. 15A, 15B y 15C muestran secciones transversales de dos matrices de micro-lentes para contra-muaré en el que la Fig. 15A representa dos matrices de micro-lentes separadas, La Fig. 15B representa las mismas dos matrices de micro-lentes que en la Fig. 15A, pero integradas en unas matrices de micro-lentes y la Fig. 15C representa una lenticular con las matrices de micro-lentes de o bien la Fig. 15A o bien la Fig. 15B integradas dentro de la lente lenticular.

La Fig. 16 representa una vista frontal de una visualización 15 en 3D basada en una lenticular en pendiente enfrente de un panel de visualización sub-pixelado.

25 La Fig. 17 muestra la intensidad de la luz de visualización en función del ángulo de visión para diversas visualizaciones basándose en la Fig. 16 con o sin micro-lentes y con o sin tener en cuenta la difracción en la determinación del número de micro-lentes o facetas.

La Fig. 18 muestra la intensidad de la luz de visualización en función del ángulo de visión para diversas visualizaciones basándose en la Fig. 16 con un número de micro-lentes y facetas planas determinado teniendo en cuenta la difracción y con y sin ancho desigual de las micro-lentes o facetas planas.

30 Las Figs. 19A y 19B muestran respectivamente la distribución angular de la intensidad en una única vista para la combinación de una lenticular con una matriz de micro-lentes que da como resultado facetas no planas si se combina y secciones transversales de dos matrices de micro-lentes con y sin matrices de micro-lentes.

La Fig. 20 muestra un número de disposiciones alternativas para matrices de micro-lentes.

35 Las Figs. 21A, 21B y 21C son diagramas para explicar un sexto dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de las realizaciones

40 La invención proporciona un dispositivo de visualización auto-estereoscópico multi-vista del tipo que tiene un medio de formación de la imagen y un módulo de formación de la vista. El dispositivo puede tener también un medio de accionamiento dispuesto para accionar los medios de formación de la imagen con datos de vídeo para la pluralidad de vistas.

45 El medio de formación de la imagen tiene una matriz de píxeles de visualización para producir una visualización, estando los píxeles de visualización espacialmente definidos mediante una matriz opaca.

50 El módulo de formación de la vista se dispone en alineación con los medios de formación de la imagen y proporciona al menos dos funciones ópticas, concretamente una función de formación de la vista y una función de reducción de la no uniformidad de brillo.

55 La función de formación de la vista modifica la dirección de las salidas de los píxeles de visualización de modo que las salidas de grupos de los píxeles de visualización se proyecten en diferentes direcciones respectivas como una pluralidad de vistas. La función de formación de la vista se proporciona mediante una matriz de elementos de formación de la vista paralelos dispuestos a través del módulo de formación de la vista y que tienen un primer paso.

60 La función de reducción de la no uniformidad de brillo dispersa las salidas de los píxeles de visualización de modo que las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz opaca se reducen. La función de reducción de la no uniformidad de brillo define un segundo paso a través del módulo de formación de la vista menor que el primer paso y define además un ángulo de dispersión efectivo en un plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista sustancialmente igual o menor que el ángulo entre pistas adyacentes proyectadas por la función de formación de la vista.

65 La Fig. 1 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de visualización auto-estereoscópico 1 conocido multi-vista. El dispositivo conocido 1 comprende un panel de visualización de cristal líquido 3 del tipo de matriz activa que actúa como un medio de formación de la imagen para producir la visualización.

El panel de visualización 3 tiene una matriz ortogonal de píxeles de visualización 5 dispuestos en filas y columnas. Por razones de claridad, solo se muestra un pequeño número de píxeles de visualización 5 en la figura. En la práctica, el panel de visualización 3 podría comprender aproximadamente un millar de filas y diversos millares de columnas de los píxeles de visualización 5.

5 La estructura del panel de visualización de cristal líquido 3 es completamente convencional. En particular, el panel 3 comprende un par de sustratos de vidrio transparentes separados, entre los que se proporciona un nemático retorcido alineado u otro material de cristal líquido. Los sustratos llevan patrones de electrodos de óxido de zinc estaño (ITO) transparentes sobre sus superficies enfrentadas. Se proporcionan también capas de polarización sobre las superficies exteriores de los sustratos.

10 Cada píxel de visualización 5 comprende electrodos opuestos sobre los sustratos, con el material de cristal líquido intercalado entre ellos. La forma y disposición de los píxeles de visualización 5 se determina por la forma y disposición de los electrodos y una disposición de matriz negra proporcionada sobre el frente del panel 3. Los píxeles de visualización 5 están regularmente separados entre sí por espacios.

15 Cada píxel de visualización 5 se asocia con un elemento de conmutación, tal como un transistor de película delgada (TFT) o diodo de película delgada (TFD). Los píxeles de visualización se manejan para producir la visualización proporcionando señales dirigidas a los elementos de conmutación y se conocerán por los expertos en la materia esquemas de direccionamiento adecuados.

20 El panel de visualización 3 se ilumina mediante una fuente de luz 7 que comprende, en este caso, una retroiluminación plana que se extiende sobre el área de la matriz de píxeles de visualización. La luz desde la fuente de luz 7 es dirigida a través del panel de visualización 3, siendo manejados los píxeles de visualización 5 individuales para modular la luz y producir la visualización.

25 El dispositivo de visualización 1 también comprende una lámina lenticular 9, dispuesta sobre el lado de visualización del panel de visualización 3, lo que realiza una función de formación de la vista. La lámina lenticular 9 comprende una fila de lentes lenticulares 11 que se extienden paralelas entre sí en la dirección de la columna del panel de visualización 3, de las que solo se muestra una con dimensiones exageradas por razones de claridad. Las lentes lenticulares 11 tienen puntos focales que coinciden aproximadamente con un plano del panel de visualización 3 y actúan como elementos de formación de la vista para realizar una función de formación de la vista.

30 Las lentes lenticulares 11 tienen la forma de elementos cilíndricos convexos y actúan como medios de dirección de la salida de luz para proporcionar diferentes imágenes, o vistas, desde el panel de visualización 3 a los ojos de un usuario situado enfrente del dispositivo de visualización 1.

35 El dispositivo de visualización auto-estereoscópico 1 mostrado en la Fig. 1 es capaz de proporcionar diferentes perspectivas de vistas en diferentes direcciones. En particular, cada lente lenticular 11 se superpone a un pequeño grupo de píxeles de visualización 5 en cada fila. Las lentes lenticulares 11 proyectan cada píxel de visualización 5 de un grupo en una dirección diferente, de modo que formen las diversas vistas diferentes. Cuando la cabeza del usuario se mueve de izquierda a derecha, sus ojos recibirán unas diferentes de entre las diversas vistas, cada vez.

40 La Fig. 2 muestra el principio de funcionamiento de una disposición de imagen de tipo lenticular como se ha descrito anteriormente y muestra la fuente de luz 7, panel de visualización 3 y lámina lenticular 9. La disposición proporciona tres vistas 201, 202 y 203 proyectada cada una en diferentes direcciones. Cada píxel del panel de visualización 3 es accionado con información para una vista específica.

45 El dispositivo de visualización auto-estereoscópico anteriormente descrito produce una visualización que tiene buenos niveles de brillo. Sin embargo, un problema asociado con el dispositivo es que las vistas proyectadas por la lámina lenticular 9 están separadas por zonas oscuras provocadas por la "imagen" de la matriz negra no emisora que define la matriz de píxeles de visualización. Estas zonas oscuras se observan claramente por un usuario como no uniformidades de brillo en la forma de bandas verticales oscuras separadas a través de la visualización. Las bandas se mueven a través de la visualización cuando el usuario se mueve de izquierda a derecha y el paso de las bandas cambia cuando el usuario se mueve hacia o separándose de la visualización. Las bandas son particularmente problemáticas en dispositivos que tienen una elevada proporción de su área de visualización como matriz negra, tales como visualizaciones de alta resolución diseñadas para aplicaciones móviles.

50 Las no uniformidades de brillo provocadas por la imagen de la matriz negra se ilustran en la Fig. 3A, que muestra trazados generalizados de intensidad de brillo contra ángulo de visión para el dispositivo de visualización mostrado en las Figs. 1 y 2. El trazado superior muestra las contribuciones de las vistas individuales 301, contribuciones que tienen cada una intensidad de brillo constante, interpuestas entre bandas negras producidas por la imagen de la matriz negra, bandas que tienen intensidad de brillo cero. La transición entre vistas y bandas negras es una transición en escalón. El trazado inferior 302 muestra el efecto acumulado de las contribuciones de las vistas individuales, es decir los niveles de brillo observados por el usuario moviéndose a través de la parte frontal de la visualización. Puede verse a partir del trazado inferior que hay una modulación significativa de la intensidad de brillo.

Se han propuesto un cierto número de planteamientos para reducir la amplitud de las no uniformidades. Por ejemplo, la amplitud de las no uniformidades puede reducirse por la bien conocida técnica de inclinar las lentes lenticulares 11 en un ángulo agudo con relación a la dirección de columnas de la matriz de píxeles de visualización. Las no uniformidades de brillo resultantes se ilustran en la Fig. 3B. En esta figura, el trazado superior 303 muestra de nuevo las contribuciones de las vistas individuales interpuestas entre las bandas negras provocadas por la imagen de la matriz negra. Puede verse que la transición entre vistas y bandas negras es gradual, cambiando la intensidad de brillo con una tasa constante. El trazado inferior 304 muestra el efecto acumulado de las contribuciones de las vistas individuales y puede verse que la profundidad de modulación de la intensidad introducida por la imagen de la matriz negra se reduce significativamente. Sin embargo, continúa siendo difícil reducir esta profundidad de modulación de la intensidad por debajo del 1 %, a cuyo nivel las no uniformidades continúan siendo perceptibles y molestas para un usuario.

Aunque la técnica de poner en pendiente las lentes lenticulares 11 puede servir para reducir las no uniformidades de brillo percibidas provocadas por la imagen de la matriz negra, pueden conseguirse ventajosamente reducciones significativas adicionales mediante el desenfoque de las lentes lenticulares 11. De acuerdo con esta técnica, las longitudes focales de las lentes lenticulares 11 se extienden de modo que sus puntos focales reposen más allá del plano del panel de visualización 3. Las no uniformidades de brillo resultantes se ilustran en la Fig. 3C. En el trazado superior 305, puede verse que la transición entre vistas y bandas negras es gradual, cambiando la intensidad con una tasa variable. El trazado inferior 306 muestra el efecto acumulado de las contribuciones de las vistas individuales y puede verse que la profundidad de modulación de la intensidad introducida por la imagen de la matriz negra casi se elimina completamente.

La reducción adicional en las no uniformidades de brillo obtenida por desenfoque de las lentes lenticulares 11 llega a expensas de la introducción de alguna interferencia cruzada entre las vistas, lo que es perjudicial para el rendimiento tridimensional percibido del dispositivo. Esta interferencia cruzada se incrementa en general cuando se desenfocan las lentes lenticulares 11.

La Fig. 4A muestra un dispositivo de visualización auto-estereoscópico del tipo descrito anteriormente, en el que las lentes lenticulares 11 se han puesto en pendiente y desenfocado para minimizar las no uniformidades de brillo percibidas provocadas por la imagen de la matriz negra. Para lentes lenticulares 11 ideales, las no uniformidades de brillo pueden minimizarse extendiendo la longitud focal de las lentes lenticulares de modo que proporcionen un plegado de la distribución angular (campo lejano) con una función de bloque, función que tiene un ancho igual a un múltiplo del ángulo entre vistas adyacentes proyectadas por las lentes. Para mantener la interferencia cruzada en niveles aceptablemente bajos, se selecciona una función de bloque que tenga un ancho igual al ángulo ϕ entre vistas adyacentes proyectadas por las lentes, como se muestra en la Fig. 4B.

Como puede verse en la Fig. 4A, el desenfoque de las lentes lenticulares 11 sirve para dispersar, o extender, las salidas de los píxeles de visualización 5 correspondientes a cada vista, para de esa forma nivelar las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra.

Se ha descubierto que, en la práctica, la disposición descrita con referencia a las Figs. 4A y 4B anteriores solo es efectiva en la reducción de las no uniformidades de brillo para ángulos de visión en y alrededor del ángulo de visión normal (perpendicular). Para ángulos de visión mayores, las no uniformidades de brillo tienden a incrementarse de nuevo a niveles en los que hay distracción para un usuario. La causa de este efecto dependiente del ángulo de visión se describirá ahora con referencia a las Figs. 5A a 5D.

La Fig. 5A es una vista en sección transversal esquemática mostrando, para un intervalo de ángulos de visión, los puntos focales de una lente lenticular 11 del dispositivo de visualización auto-estereoscópico descrito anteriormente con referencia a las Figs. 4A y 4B. Para luz colimada, la longitud focal de un diseño de lente práctico varía con el ángulo de incidencia de la luz. Así, en la práctica, los puntos focales de las lentes 11 definen una "superficie focal" curvada 13, como se muestra en la figura.

Con el ángulo de visión normal, la lente 11 se desenfoca de modo que el punto focal 15 reposa más allá del plano del panel de visualización 3. En particular, el punto focal 15 se dispone de modo que proporcione un plegado de la distribución angular con una función de bloque que tiene un ancho igual al ángulo entre vistas adyacentes proyectadas por la lente 11, ϕ . Esta función se ilustra en la Fig. 5B y es la misma que la explicada anteriormente con referencia a las Figs. 4A y 4B. Así, en y alrededor del ángulo de visión normal, las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra se eliminan casi completamente y la profundidad de modulación es tal como se muestra en la Fig. 3C.

En algún ángulo de visión mayor, el punto focal 17 de la lente 11 coincide sustancialmente con el plano del panel de visualización 3. En este ángulo de visión, el punto focal 17 proporciona sustancialmente un no plegado de la distribución angular, como se muestra por la función de bloque estrecha mostrada Fig. 5C. Así, en y alrededor de este ángulo de visión, las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra son apenas reducidas y la profundidad de modulación es similar a la que se muestra en la Fig. 3B.

En algún ángulo de visión incluso mayor, el punto focal 19 de la lente 11 reposa enfrente del plano del panel de visualización 3. En este ángulo de visión, el punto focal 19 proporciona un plegado significativo de la distribución angular, como se ilustra por la función de bloque mostrada en la Fig. 5D. Así, en y alrededor de este ángulo de visión, las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra se eliminan casi completamente y la profundidad de modulación es sustancialmente cero, tal como se muestra en la Fig. 3C.

La Fig. 6 es un gráfico que muestra no uniformidades de brillo en función del ángulo de visión para el dispositivo de visualización auto-estereoscópico al que se refieren las Figs. 5A a 5D. El trazado inferior 601 muestra las contribuciones de intensidad de brillo individuales de las vistas individuales interpuestas entre las bandas negras producidas por la imagen de la matriz negra. El trazado superior 602 muestra el efecto acumulado de las contribuciones de las vistas individuales, es decir los niveles de brillo observados por el usuario moviéndose a través de la parte frontal de la visualización. Puede verse a partir del trazado superior que la profundidad de modulación de intensidad es baja en y alrededor de los ángulos de visión normales, pero se incrementa a niveles significativos y perturbadores con ángulos de visión en el intervalo entre 10° y 35° . Con ángulos de visión mayores de 35° , la profundidad de modulación de intensidad vuelve a niveles más bajos.

Así, incluso aunque las lentes lenticulares 11 de un dispositivo de visualización auto-estereoscópico podrían desenfocarse para minimizar las no uniformidades de brillo, esencialmente mediante la extensión de la longitud focal de las lentes 11, para aplicaciones prácticas habrá aún un intervalo de ángulos de visión para los que las lentes lenticulares 11 estarán sustancialmente en foco y consecuentemente para las que las no uniformidades de brillo serán significativas y perturbadoras para un usuario.

La presente invención reconoce este problema y lo resuelve proporcionando una función de reducción de las no uniformidades de brillo de acuerdo con la que las salidas de los píxeles de visualización se dispersan (es decir divergen) para "cerrar" las bandas negras producidas por la imagen de la matriz negra. La función de reducción de las no uniformidades de brillo define un paso que es menor que el paso de las lentes lenticulares que proporcionan los medios de formación de la vista. De esta manera, las funciones de formación de la vista y de reducción de las no uniformidades de brillo pueden desacoplarse y las salidas de los píxeles de visualización correspondientes a las diferentes vistas pueden dispersarse suficientemente, para un amplio intervalo de ángulos de visualización, para así minimizar las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra.

La Fig. 7 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un primer dispositivo de visualización auto-estereoscópico 101 de acuerdo con la invención. Con referencia a esta figura, el primer dispositivo 101 de acuerdo con la invención es similar en su estructura general al dispositivo 1 descrito anteriormente con referencia a las Figs. 1 y 2. Así, el dispositivo 101 comprende un panel de visualización 103 que realiza una función de formación de la imagen, una fuente de luz (no mostrada) para el panel de visualización 103 y una lámina lenticular que realiza una función de formación de la vista. El panel de visualización 103 y la fuente de luz en particular son idénticos a los descritos anteriormente.

El dispositivo 101 mostrado en la Fig. 7 es también similar al dispositivo descrito anteriormente con referencia a las Figs. 4A a 5D. Así, las lentes lenticulares 111 de un dispositivo 101 están en pendiente en un ángulo agudo con relación a la dirección de columnas del panel de visualización 103. Las lentes lenticulares 111 difieren de las del dispositivo 1 descrito con referencia a las Figs. 4A a 5D en que sus puntos focales (para luz colimada incidente normalmente) coinciden con el plano del panel de visualización 103, es decir las lentes 111 se diseñan para estar en el foco. Así, la longitud focal de la lente (para luz colimada incidente normalmente), f_{lente} , es igual a la separación entre los planos del panel de visualización 103 y lámina lenticular 109, d_{lente} .

El dispositivo 101 mostrado en la Fig. 7 también difiere del dispositivo 1 descrito con referencia a las Figs. 4A a 5D en que comprende adicionalmente un difusor holográfico 121 formado sobre un sustrato de vidrio 123 para proporcionar una función de reducción de las no uniformidades de brillo. El difusor holográfico 121 se dispone sobre y en alineación con la lámina lenticular 109, de modo que el sustrato de vidrio 123 mire al exterior desde la lámina lenticular 109.

El difusor holográfico 121 y el sustrato de vidrio 123 se configuran conjuntamente de modo que dispersen (es decir diverjan) las salidas de los píxeles de visualización proyectadas por la lámina lenticular 109 con una función de bloque ideal. En particular, un ángulo de dispersión efectivo del difusor holográfico 121 y sustrato de vidrio 123, ϕ_a , en un plano perpendicular a los ejes de las lentes lenticulares se configura para que sea igual al ángulo ϕ entre vistas adyacentes proyectadas por la lámina lenticular 109. El ángulo de dispersión real del difusor holográfico 121, ϕ'_a , es ϕ dividido por el índice de refracción n del sustrato de vidrio 123.

Esta dispersión de las salidas de los píxeles de visualización minimiza las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra, mientras que al mismo tiempo restringe la interferencia cruzada a niveles aceptables. Debido a que la función de reducción de las no uniformidades de brillo proporcionada por el difusor holográfico 121 no depende del ángulo de visión, o es solo ligeramente dependiente del ángulo de visión, las no uniformidades de brillo se minimizan para un amplio intervalo de ángulos de visión.

El difusor holográfico 121 y el sustrato de vidrio 123 se configuran también de modo que transmitan las salidas de los píxeles de visualización proyectadas por la lámina lenticular 109 sustancialmente sin dispersión en el plano paralelo a los ejes de las lentes lenticulares. De esta manera, puede evitarse un difuminado innecesario de las vistas.

5 El diseño y fabricación de difusores holográficos adecuados será bien conocido para los expertos en la materia.

La Fig. 8 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un segundo dispositivo de visualización auto-estereoscópico 201 de acuerdo con la invención. Con referencia a esta figura, el segundo dispositivo 201 de acuerdo con la invención tiene la misma estructura que el primer dispositivo 101 descrito con referencia a la Fig. 7, excepto en que la función de reducción de la no uniformidad de brillo se proporciona mediante un difusor holográfico 221 intercalado entre un par de sustratos de vidrio 223a, 223b, difusor holográfico 221 y sustratos de vidrio 223a, 223b que se proporcionan entre el panel de visualización 203 y la lámina lenticular 209.

El segundo dispositivo 201 mostrado en la Fig. 8 también funciona de una forma similar al dispositivo 101 descrito con referencia a la Fig. 7. Sin embargo, la dispersión de las salidas de los píxeles de visualización por el difusor holográfico 221, para la finalidad de minimizar no uniformidades de brillo, tiene lugar previamente a la proyección de las salidas en diferentes direcciones por la lámina lenticular 209.

Así, el ángulo de dispersión efectivo del difusor holográfico 221 y sustratos de vidrio 223a, 223b, ϕ_d , en un plano perpendicular a los ejes de las lentes lenticulares se configura de nuevo para ser igual al ángulo ϕ entre vistas adyacentes proyectadas por la lámina lenticular 109. Suponiendo un medio homogéneo entre los píxeles de visualización y el difusor holográfico 221 y entre el difusor holográfico 221 y la lámina lenticular 209, el ángulo de dispersión real del difusor holográfico 121, ϕ'_d viene dado por la siguiente ecuación:

$$\phi'_d = \frac{\phi}{n} \cdot \frac{d_{lente}}{d_{dif}}$$

en la que n es el índice de refracción del medio de vidrio homogéneo, d_{lente} es la separación entre los planos del panel de visualización 203 y la lámina lenticular 209 y d_{dif} es la separación entre los planos del panel de visualización 203 y el difusor holográfico 221.

La Fig. 9 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un tercer dispositivo de visualización auto-estereoscópico 301 de acuerdo con la invención. Con referencia a esta figura, el tercer dispositivo 301 de acuerdo con la invención tiene la misma estructura que el primer dispositivo 101 descrito con referencia a la Fig. 7, excepto en que la función de reducción de la no uniformidad de brillo se proporciona mediante una matriz de micro-lentes lenticulares 321 estrechamente espaciadas formadas sobre un sustrato de vidrio 323. La matriz de micro-lentes 321 se dispone sobre y en alineación con la lámina lenticular 309, de modo que el sustrato de vidrio 323 mire al exterior desde la lámina lenticular 309.

La matriz de micro-lentes 321 se forma como una lámina de micro elementos lenticulares que tienen un paso $P_{micro-lente}$ que es una fracción muy pequeña del paso de los elementos lenticulares de la lámina lenticular 309. En particular, 36 micro-lentes se superponen a cada lente de la lámina lenticular 309.

La matriz de micro-lentes 321 y el sustrato de vidrio 323 se configuran para dispersar las salidas de los píxeles de visualización proyectadas por la lámina lenticular 309 con una función de bloque ideal. En particular, un ángulo de dispersión efectivo de la matriz de micro-lentes 321 y sustrato de vidrio 323, ϕ_d , en un plano perpendicular a los ejes de las lentes lenticulares se configura para que sea igual al ángulo ϕ entre vistas adyacentes proyectadas por la lámina lenticular 309. El ángulo de dispersión real de la matriz de micro-lentes 321, ϕ'_d es ϕ_d dividido por el índice de refracción n del sustrato de vidrio 323.

Las micro-lentes pueden tener longitudes focales positivas o negativas, $f_{micro-lente}$, y satisfacer el siguiente requisito:

$$\frac{P_{micro-lente}}{|f_{micro-lente}|} = \phi_d$$

La dispersión de las salidas de los píxeles de visualización minimiza las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra, mientras que al mismo tiempo restringe la interferencia cruzada a niveles aceptables. Debido a que la función de reducción de las no uniformidades de brillo proporcionada por la matriz de micro-lentes 321 no depende del ángulo de visión, o es solo ligeramente dependiente del ángulo de visión, las no uniformidades de brillo se minimizan para un amplio intervalo de ángulos de visión.

La matriz de micro-lentes 321 y el sustrato de vidrio 323 se configuran también de modo que transmitan las salidas de los píxeles de visualización proyectadas por la lámina lenticular 309 sustancialmente sin dispersión en el plano paralelo a los ejes de las lentes lenticulares. De esta manera, puede evitarse un difuminado innecesario de las vistas.

La Fig. 10 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un cuarto dispositivo de visualización auto-estereoscópico 401 de acuerdo con la invención. Con referencia a esta figura, el cuarto dispositivo 401 de acuerdo con la invención tiene la misma estructura que el tercer dispositivo 301 descrito con referencia a la Fig. 9, excepto en que la matriz de micro-lentes 421 que proporciona la función de reducción de la no uniformidad de brillo se dispone entre el panel de visualización 403 y la lámina lenticular 409.

El cuarto dispositivo 401 mostrado en la Fig. 10 también funciona de una forma similar al dispositivo 301 descrito con referencia a la Fig. 9. Sin embargo, la dispersión de las salidas de los píxeles de visualización por la matriz de micro-lentes 421, para la finalidad de minimizar no uniformidades de brillo, tiene lugar previamente a la proyección de las salidas en diferentes direcciones por la lámina lenticular 409.

Así, el ángulo de dispersión efectivo de la matriz de micro-lentes 421, ϕ'_d , en un plano perpendicular a los ejes de las lentes lenticulares se configura de nuevo para ser igual al ángulo ϕ entre vistas adyacentes proyectadas por la lámina lenticular 109. El ángulo de dispersión real de la matriz de micro-lentes 421, ϕ'_d es compensado tanto por el índice de refracción n del sustrato de vidrio 423 como por el hecho de que la función de reducción de la no uniformidad de brillo se proporciona antes de la función de formación de la vista.

La Fig. 11 es un gráfico que muestra no uniformidades de brillo en función del ángulo de visión para los dispositivos de visualización auto-estereoscópicos descritos con referencia a las Figs. 7 a 10. El trazado inferior 1101 muestra las contribuciones de intensidad de brillo individuales de las vistas individuales interpuestas entre las bandas negras producidas por la imagen de la matriz negra. El trazado superior 1102 muestra el efecto acumulado de las contribuciones de las vistas individuales, es decir los niveles de brillo observados por el usuario moviéndose a través de la parte frontal de la visualización. Puede verse a partir del trazado superior que la profundidad de modulación de intensidad se minimiza simultáneamente a través de un amplio intervalo de ángulos de visión, incluyendo los del intervalo entre 10° y 35° .

La Fig. 12 es una vista en sección transversal esquemática que muestra un quinto dispositivo de visualización auto-estereoscópico 501 de acuerdo con la invención. Con referencia a esta figura, el tercer dispositivo 501 de acuerdo con la invención tiene la misma estructura que el primer dispositivo 101 descrito con referencia a la Fig. 7, excepto en que las funciones de reducción de la no uniformidad de brillo y formación de la vista se proporcionan en la misma interfaz óptica.

En particular, una segunda matriz de lentes que proporciona la función de reducción de la no uniformidad de brillo y que tiene un segundo paso se mezcla con una primera matriz de lentes que proporciona la función de formación de la vista y que tiene un primer paso mayor que el segundo paso. Para dicha disposición, usando simple óptica geométrica, puede deducirse la siguiente aproximación:

$$R_{micro-lente} \cdot N_{micro-lente} = R \cdot N_{vistas}$$

en la que $R_{micro-lente}$ es el radio de las lentes de la segunda matriz, $N_{micro-lente}$ es el número de lentes de la segunda matriz por lente de la primera matriz, R es el radio de las lentes de la primera matriz y N_{vistas} es el número de vistas proporcionadas por el dispositivo.

Si $N_{micro-lente}$ se selecciona para que sea igual a N_{vistas} entonces el radio de las lentes de la primera y segunda matrices R , $R_{micro-lente}$ son el mismo. La geometría resultante se ilustra en la Fig. 12, que muestra una matriz simple de lentes sustancialmente poligonales 521 que proporciona las funciones tanto de formación de la vista como de reducción de la no uniformidad de brillo. Cada superficie plana 522 de cada lente poligonal 521 corresponde a una lente de la segunda matriz, matriz que proporciona la función de reducción de la no uniformidad de brillo. El dispositivo 501 proporciona cinco vistas.

La dispersión de las salidas de los píxeles de visualización por las superficies planas minimiza las no uniformidades de brillo producidas por la imagen de la matriz negra, mientras que al mismo tiempo restringe la interferencia cruzada a niveles aceptables. Debido a que la función de reducción de las no uniformidades de brillo proporcionada por la matriz de lentes poligonales 521 no depende del ángulo de visión, o es solo ligeramente dependiente del ángulo de visión, las no uniformidades de brillo se minimizan para un amplio intervalo de ángulos de visión.

En algunos casos, la óptica geométrica simple se queda corta para determinar correctamente el número requerido de superficies planas, $N_{micro-lente}$, y han de tenerse en cuenta efectos de difracción. Al hacer esto el número de superficies planas, $N_{micro-lente}$, puede elegirse de alguna forma menor que N_{vistas} . Sin desear quedar ligado a teoría alguna, el número de superficies planas que da el mínimo de no uniformidades de brillo puede venir dado por:

$$N_{vistas} \cdot \frac{1}{1 + \left| \frac{R_L \cdot N_{vistas}^2}{\Delta n \cdot p_L^2} \lambda \right|}$$

siendo $\Delta n = n_1 n_2$ la diferencia de los índices de refracción n_1 y n_2 de los materiales en ambos lados de la superficie de la lente, p_L el paso de las lentes poligonales y λ la longitud de onda de la luz usada y R_L es el radio de curvatura de las primeras lentes.

En situaciones prácticas se emite por la visualización un intervalo completo de longitudes de onda, un buen valor promedio de λ es 550 nm para la finalidad del cálculo anterior. Alternativamente, la longitud de onda usada para el cálculo es uno de los límites del espectro de luz usado para visualización. Para diseños prácticos, el resultado de la ecuación, $N_{micro-lente}$, puede redondearse a ambos de los enteros más próximos superior o inferior al valor resultante. Preferentemente el resultado se redondea al entero más próximo. Una guía práctica es diseñar una visualización usando el cálculo anterior cuando el valor del módulo en el denominador es mayor que aproximadamente 0,1.

La matriz de lentes poligonales 521 se configura también de modo que transmita las salidas de los píxeles de visualización proyectadas por la lámina lenticular 509 sustancialmente sin dispersión en el plano paralelo a los ejes de la primera matriz de lentes. De esta manera, puede evitarse un difuminado innecesario de las vistas.

La Fig. 13 es un gráfico que muestra no uniformidades de brillo en función del ángulo de visión para el quinto dispositivo de visualización auto-estereoscópico 501 de acuerdo con la invención mostrado en la Fig. 12.

El trazado inferior 1301 muestra las contribuciones de intensidad de brillo individuales de las vistas individuales interpuestas entre las bandas negras producidas por la imagen de la matriz negra. El trazado superior 1302 muestra el efecto acumulado de las contribuciones de las vistas individuales, es decir los niveles de brillo observados por el usuario moviéndose a través de la parte frontal de la visualización. Puede verse a partir del trazado superior que la profundidad de modulación de intensidad se minimiza simultáneamente a través de un amplio intervalo de ángulos de visión, incluyendo los del intervalo entre 10° y 35° .

Las Figs. 14A y 14B son diagramas para explicar modificaciones al quinto dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la invención mostrado en la Fig. 12. Estas figuras muestran curvas envolventes mediante las que se define la geometría de las lentes poligonales. Las curvas envolventes son segmentos de círculos, aunque pueden proporcionarse también curvas envolventes no circulares. La geometría de las lentes poligonales se define mediante el muestreo de la curva envolvente a intervalos fijos $p_{muestra}$. En una realización preferente, se aplica la relación siguiente:

$$p_{muestra} = p_{lente} \cdot (n / N_{vistas})$$

en la que p_{lente} es el paso de las lentes poligonales, n es un entero positivo y N_{vistas} es el número de vistas proporcionadas por el dispositivo.

En algunas realizaciones, la intersección entre curvas envolventes adyacentes define un punto de muestreo para las lentes poligonales, como se muestra en la Fig. 14A. En otras realizaciones, los puntos de muestreo no coinciden con la intersección entre curvas envolventes adyacentes, como se muestra en la Fig. 14B.

En una sexta realización de acuerdo con la invención un dispositivo tiene una combinación de no una sino más de una matriz de micro-lentes adicionales para proporcionar la función de no uniformidad de brillo. Por ejemplo pueden estar presentes dos matrices de micro-lentes.

En el ejemplo particular de la Fig. 15A el dispositivo de acuerdo con la invención tiene dos matrices de micro-lentes 1501 y 1502 de las que las micro-lentes tienen un radio de curvatura doble que el de las lentes lenticulares (primera matriz de lentes también señalada por la matriz de lentes de formación de la vista) y su curva superficial de refracción es opuesta a la de las lentes lenticulares ($R_{micro-lentes} = -2R_L$). Mientras que las micro-lentes ML1 de la matriz 1501 tienen un paso P_{ML1} que es 5 veces más pequeño que el paso de las lentes lenticulares P_L (el), las lentes ML2 de la matriz de lentes 1502 tienen un paso P_{ML2} que es 3,5 veces más pequeño que P_L . Los contornos de las secciones transversales de estas matrices de lentes se indican en la Fig. 15A en donde el eje vertical, representa la dimensión z de una sección transversal de una lente (la dirección en la que se mide el grosor de la lente) y un eje horizontal representa la dimensión x de ancho de una lente. Por lo tanto, en este ejemplo $P_L = 0,8$ mm, $P_{ML1} = 0,8/5$ mm y $P_{ML2} = 0,8/3,5$ mm.

En una variación adicional de la presente realización, estas dos matrices de lentes 1501 y 1502 pueden integrarse en una matriz de micro-lentes por superposición de las dos matrices de micro-lentes. En ese caso el contorno de la matriz de lentes simple que resulta se representa por 1503 en la Fig. 15B. En una variación adicional más, las dos matrices de lentes pueden integrarse conjuntamente y también con la matriz de lentes lenticulares (primera matriz de lentes de

formación de la vista). En ese caso el contorno de la matriz de lentes lenticulares resultante es tal que muestra facetas planas con ancho desigual (medido en la dirección x), tal como puede observarse a partir de la sección transversal de la lente de la Fig. 15C.

5 El efecto del uso de múltiples matrices de micro-lentes tal como se ha descrito en los párrafos anteriores se indica con referencia a las Figs. 16 y 17. La Fig. 16 muestra una disposición en vista frontal de una visualización de 15 vistas de 42 pulgadas en 3D (full-HD: 1920x1080 píxeles) con una lenticular (primera matriz de lentes) en pendiente en un ángulo de $\arctan(1/6)$ con respecto a la dirección de columnas de los subpíxeles. Las líneas 1601 indican los bordes de la matriz lenticular (primera matriz de lentes). Con referencia a la Fig. 12, las particularidades de la matriz lenticular son las siguientes: $n_1 = 1,52$, $n_2=1$ (es decir aire), el paso lenticular $P_L=0,798$ mm y el radio de curvatura de las lentes lenticulares $R_L=3,0373$ mm. Con referencia a la Fig. 16, la visualización se diseña para tener 15 vistas, es decir $N_{vistas}=15$, en cuya figura, para un número de subpíxeles 1 a 15, se indica su contribución a la vista por los números 1 a 15. La matriz negra 1602 supone hasta el 25 % del paso de subpíxel medido tanto en la dirección vertical como horizontal. En cálculos posteriores $\lambda=550$ nm como la longitud de onda de diseño, salvo que se indique lo contrario.

15 La Fig. 17 muestra gráficos de intensidad calculados tal como se ven por un observador cuando mira a una cierta localización sobre la visualización en función del ángulo en el que se mira a esta localización. Los gráficos de la Fig. 17 son los resultados de trazado de rayos teniendo en cuenta la difracción en la denominada aproximación de Fresnel-Kirchhoff. La intensidad del tráfico 1701 (línea de puntos) no es constante lo que es típico para interferencia de muaré (bandas) en una visualización tal como sin hacer uso de la presente invención. La perturbación de muaré tal como se representa por la desviación estándar representada por el valor de sigma es en este caso 1,2 %. Cuando se aplica la invención usando simple óptica geométrica el número de lentes en la segunda matriz o el número de caras planas en la lenticular que se requeriría que fuera igual al número de vistas, es decir 15. Tal como puede verse en la Fig. 17, el gráfico 1602 (línea continua) que representa esta solución casi se superpone a la línea de puntos 1701, es decir la mejora es solo pequeña cuando el sigma se reduce a 1,16 %. Esto es debido al hecho de que en este caso la óptica geométrica simple no es suficiente y debe tenerse en cuenta la difracción durante la determinación del número de micro-lentes o caras planas. Esto puede realizarse de acuerdo con la fórmula dada en el presente documento anteriormente mediante la reducción del número de micro-lentes o el incremento de su paso. Los gráficos 1603 a 1605 representan diversas situaciones en las que $N = 6$ a 8. La fórmula dada anteriormente, que tiene en cuenta la difracción, da como resultado un dispositivo que tiene un número de micro-lentes por lenticular o un número de caras planas por lenticular de $N = 7$, que es muy próximo al óptimo obtenido con $N = 6$. Como puede verse la mejora es mayor que sin tener en cuenta la difracción dado que el valor de sigma cae ahora por debajo de 0,8 % para $N = 8$, 0,41 % para $N = 7$ y en el mejor caso $N = 6$ incluso para 0,34 %.

35 El gráfico de $N = 6$ se reproduce en la Fig. 18 y se indica por 1801. También se dibuja el gráfico 1802 que representa un dispositivo que tiene las dos micro matrices tal como se ha descrito con referencia a la Fig. 15. Así, una de las dos micro matrices tiene $N_1 = 5$ y la otra tiene $N_2 = 3,5$. En este caso, la cantidad de muaré se reduce incluso adicionalmente tal como se observa desde un valor de sigma incluso más bajo 0,05 %.

40 La disposición optimizada de la Fig. 15, funciona bien para la longitud de onda de diseño de $\lambda=550$ nm (=verde), pero también a otras longitudes de onda en el espectro visible tales como $\lambda=630$ nm (=rojo) y $\lambda=470$ nm (=azul). El valor de sigma con estas tres longitudes de onda es aproximadamente el mismo.

45 En realizaciones adicionales de la invención una matriz lenticular estándar con superficie de refracción curvada y sin facetas se combina con una o más matrices de lentes de tal manera que el radio de curvatura de las micro-lentes difiera (en magnitud) del de las lentes lenticulares. Cuando dichas micro-lentes se combinan físicamente en la matriz lenticular, la matriz lenticular no acabaría teniendo facetas planas, sino facetas curvadas.

50 Sin desear quedar ligado a teoría alguna, la óptica geométrica requiere que la separación angular entre dos vistas $\Delta\theta$ sea igual al paso de la micro-lente de la matriz de micro-lentes dividida por la longitud focal de la matriz de micro-lentes f , es decir $\Delta\theta = P_{ML}/f_{ML}$. En una aproximación, la longitud focal es igual al radio de curvatura de la micro-lente R_{ML} dividida por la diferencia en el índice de refracción de los materiales n_1 y n_2 que forman la superficie de refracción de la micro-lente, i.e. $f_{ML} = |R_{ML}/(n_1 - n_2)|$. Obsérvese que cuando las micro-lentes se incorporan de modo que dan como resultado una lenticular con facetas, los índices de refracción se refieren también a los materiales de las lentes con facetas. Suponiendo que hay N micro-lentes (o facetas) por lente lenticular y observando que el paso de la lente lenticular es igual al número de facetas por el paso de la micro-lente, $P_L = N P_{ML}$, puede deducirse que:

$$\Delta\theta = P_L \left| \frac{(n_1 - n_2)}{N R_{ML}} \right|$$

60 Por lo tanto, para conseguir una cierta separación angular entre dos vistas contiguas, de acuerdo con la óptica geométrica no importa si hay muchas micro-lentes N en combinación con un pequeño radio de curvatura de cada micro-lente R_{ML} , o pocas micro-lentes en combinación con un gran radio de curvatura R_{ML} . En la práctica, como se ha descrito anteriormente en el presente documento, el fenómeno de difracción se convierte en importante cuando las

micro-lentes son pequeñas, es decir tienen un pequeño ancho (en relación con la longitud de onda de la luz usada). Un planteamiento preferido puede ser por lo tanto elegir el número más pequeño de micro-lentes (o facetas) que sea aceptable desde un punto de vista de la percepción, percepción que se relaciona entre otras cosas con la separación angular deseada entre las vistas. En consecuencia, el número N de facetas se fija en un valor, que si la difracción es de importancia, se realiza preferentemente usando la ecuación dada anteriormente para tener en cuenta la difracción. Después de fijar N, se determina y establece el radio de curvatura R_{ML} de las micro-lentes, o de las facetas si las micro-lentes se incorporan en la lenticular. Este procedimiento puede, dependiendo de las elecciones realizadas para conseguir la mejor experiencia de visión según se desee por la percepción, dar como resultado un dispositivo que tenga matrices de micro-lentes integradas en la lenticular, de modo que las facetas de la lenticular no sean planas sino curvadas.

Las Figs. 19A y 19B muestran el perfil de intensidad de una única vista y la forma de lenticulares con y sin micro-lentes integradas con finalidades comparativas. En la Fig. 19A el gráfico 1901 se refiere a $N = 0$, es decir lenticular regular con una forma de sección transversal de acuerdo con el gráfico 1904 de la Fig. 19B. El gráfico 1902 se refiere a la matriz de micro-lentes $N=6$ con $R_m=-R_l=-3,0373$ mm, donde todas las micro-lentes tienen igual ancho. Cuando dichas micro-lentes se incorporan en la matriz lenticular, las lentes de la matriz lenticular tienen facetas planas. El gráfico indica la más baja cantidad de muaré de 0,34 % conseguido con dichas micro-lentes o facetas. El gráfico 1903 se refiere a $N = 3$ con $R_{ML} = -10$ mm e igual ancho que las micro-lentes. Cuando se integra en las lentes lenticulares, esto da como resultado facetas no planas, de modo que la forma de sección transversal de una lenticular con micro-lentes integradas está de acuerdo con el gráfico 1905 de la Fig. 19B. La cantidad de muaré de 0,17 % es incluso más baja que la del ejemplo que tiene facetas planas. Más aún, como se observa por los resultados mostrados en la Fig. 19A, ventajosamente, la ampliación de la vista individual obtenida con un dispositivo que corresponde a una lenticular con facetas no planas (gráfico 1903) es considerablemente menor que el de las vistas obtenidas con un dispositivo correspondiente a lenticulares con facetas planas (gráfico 1902).

En general, se prefiere, pero no es obligatorio en algunos casos, que el número de micro-lentes o un número de facetas se mantenga tan pequeño como sea posible, mientras se adapta el radio de curvatura de dichas micro-lentes para minimizar el muaré. En esta forma la difracción está más limitada. Preferentemente, $N > 1$ y $N < 10$. Más preferido es un dispositivo con $N > 2$ y $N < 5$.

Estará claro que pueden usarse combinaciones de las realizaciones descritas anteriormente. Así, con referencia a la Fig. 20, micro-lentes contiguas en un dispositivo pueden tener la misma intensidad pero signo opuesto (lentes cóncavas y convexas) tal como se representa en una matriz de micro-lentes 2001. Esto reduce la difracción cuando el período de las micro-lentes se amplía, si las micro-lentes tienen el mismo paso, el período se duplica. Alternativamente, las micro-lentes pueden tener el mismo paso, pero diferente intensidad o tener la misma intensidad y diferente paso o tener diferente intensidad y paso.

En otra realización de acuerdo con la invención, el patrón de micro-lentes está en pendiente con respecto a los lenticulares o cuando se integran las facetas integradas en las lenticulares se ponen en pendiente en orientación con respecto a la orientación de la lenticular. En caso de que haya unas pocas facetas para cada lente, el patrón espacial de píxeles dentro de cada vista tal como se observa por un observador puede tener una distribución no favorable; no favorable en el sentido de que el patrón no es agradable de mirar debido a, por ejemplo, la aparición de patrones de ruido en color. El efecto puede nivelarse mediante la pendiente de las micro-lentes o el patrón de facetas con respecto a las lentes lenticulares.

Las lentes no necesitan ser esféricas, es decir pueden usarse lentes esféricas para reducir las aberraciones como es conocido en la técnica.

Las una o más matrices de micro-lentes pueden separarse de las matrices de lentes lenticulares o integrarse con la matriz de lentes lenticulares que da como resultado la lenticular con facetas. Esta última tendrá ventajas en que solo ha de fabricarse una matriz de lentes y el dispositivo resultante será más delgado y/o más ligero de peso.

Aunque muchos de los ejemplos se han descrito comenzando a partir de una lenticular en pendiente. La invención con un efecto similar puede usarse para lenticulares no en pendiente o cualquier otro tipo de lenticular dentro del alcance del campo de la invención.

Las lentes de la invención pueden fabricarse usando técnicas de ablación y/o técnicas de moldeo como es conocido en la técnica.

Las Figs. 21B a 21C son diagramas para explicar un dispositivo de visualización auto-estereoscópico adicional 601 de acuerdo con la invención. Con referencia a esta figura, el sexto dispositivo 601 de acuerdo con la invención tiene la misma estructura que el primer dispositivo 101 descrito con referencia a la Fig. 7, excepto en que el difusor holográfico 621 proporciona diferentes ángulos de dispersión 625, 627 efectivos en el primer y segundo planos perpendiculares $x'-z$, $y'-z$. En particular, como se ilustra en la Fig. 21B, el ángulo de dispersión efectivo 625 en el primer plano $x'-z$ es de $0,5^\circ$ y el ángulo de dispersión efectivo 627 en el segundo plano $y'-z$ es de 5° . El difusor holográfico 621 puede configurarse para proporcionar otros ángulos de dispersión efectivos, siendo el único requerimiento que el ángulo de dispersión efectivo en un plano sea más pequeño que el ángulo ϕ entre vistas adyacentes proyectadas por la lámina

lenticular 609 y el ángulo de dispersión efectivo en el otro plano sea mayor que el ángulo ϕ .

Además, el difusor holográfico 621 se gira alrededor del eje z (extendiéndose dentro de la página) de modo que los ejes y de la lente lenticular y el eje y' del difusor holográfico 621 definen conjuntamente el ángulo x. De esta manera, pueden ajustarse las características del difusor. Por ejemplo, cuando se gira el difusor holográfico 621, la función de plegado se convierte a una forma trapezoidal, como se ilustra en la Fig. 21C. Cuando el ancho 629 a la mitad del máximo iguala el ángulo entre las vistas ϕ , las no uniformidades de brillo provocadas por la imagen de la matriz negra se minimizan.

Así como proporcionar el ajuste de la característica de dispersión, la disposición descrita con referencia a las Figs. 21A a 21C permite que se fabrique una única capa de difusor holográfico para una pluralidad de diferentes dispositivos de visualización auto-estereoscópicos, estando la capa girada en diferentes ángulos para adaptarse a los parámetros específicos de cada visualizador. Por ejemplo, pueden conseguirse ángulos de dispersión en el intervalo desde 0,5° a 5° usando el difusor holográfico 621 descrito con referencia a las Figs. 21A y 21B.

Se ha descrito anteriormente una realización preferida de la invención. Sin embargo, se entenderá por los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención.

Se concibe que la lámina lenticular pueda implementarse adicionalmente por otros medios, por ejemplo mediante el empleo de lentes de índice graduado (GRIN) o células que comprenden materiales electro-ópticos tales como cristal líquido. Las lentes de la lámina lenticular no necesitan estar en pendiente.

Se han descrito anteriormente realizaciones de la invención que comprenden un difusor holográfico. En otras realizaciones, el difusor holográfico puede sustituirse por otros tipos de difusor superficial, tales como difusores tramados o difusores de dispersión.

Las reflexiones Fresnel (pérdidas) en la interfaz con el aire de los difusores superficiales, reflexiones que pueden provocar una reducción del contraste con luz del día del dispositivo de visualización auto-estereoscópico, pueden reducirse mediante la interfaz del difusor superficial con un medio que tenga un índice de refracción apropiadamente coincidente.

En realizaciones en las que el panel de visualización es un panel de visualización de cristal líquido, la salida linealmente polarizada puede aprovecharse para mejorar el contraste a la luz del día del dispositivo. Esto puede conseguirse haciendo la capa de dispersión sensible a la dirección de la polarización.

Por ejemplo, un difusor superficial que tenga un índice de refracción de n_{dif} puede interrelacionarse con un medio birrefringente, tal como un material de cristal líquido, que se caracteriza por índices de refracción ordinarios y extraordinarios n_o , n_e . n_o puede adaptarse al índice de refracción del difusor, siendo n_e más alto que el índice de refracción del difusor. El medio birrefringente se orienta a continuación de modo que el índice de refracción extraordinario se aplicará a la luz desde el visualizador, de modo que esta luz se someta a difusión en dos direcciones. La luz ambiente que cae sobre el visualizador no está polarizada, de modo que se aplican igualmente los índices de refracción ordinario y extraordinario. Así, solo la mitad de la luz ambiente encontrará una interfaz y será parcialmente reflejada, reduciendo de ese modo el contraste con luz de día. La otra mitad de la luz ambiente no encontrará una interfaz y no se reflejará por tanto. Dicha realización mejora el contraste con luz de día en un factor de dos.

También se conciben otras realizaciones que comprenden medios birrefringentes.

En algunas realizaciones, primera y segunda matrices de lentes que proporcionan las funciones de formación de la vista y reducción de las no uniformidades de este brillo se mezclan en una única interfaz óptica, tal como en la realización descrita anteriormente que comprende una matriz de lentes poligonales. En otras de dichas realizaciones, primera y segunda matrices de lentes que tienen radios no iguales pueden mezclarse para proporcionar una matriz de lentes no poligonales, por ejemplo que tengan una geometría similar a "rueda de cadena". La primera y segunda matrices de lentes pueden girarse también relativamente entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico que comprende:

5 un medio de formación de la imagen que tiene una matriz bidimensional de píxeles de visualización (103) para producir una visualización, estando definidos espacialmente los píxeles de visualización (103) por una matriz opaca; y
 un módulo de formación de la vista dispuesto sobre y en alineación con el medio de formación de la imagen, comprendiendo el módulo de formación de la vista al menos dos medios ópticos que son un medio de formación de la vista (111) y un medio de reducción de las no uniformidades de brillo (121 y 123),
 10 en el que los medios de formación de la vista están adaptados para modificar la dirección de las salidas de los píxeles de visualización (103) de modo que las salidas de grupos de los píxeles de visualización (103) se proyecten en diferentes direcciones respectivas como una pluralidad de vistas, estando provisto el medio de formación de la vista con una matriz de elementos de formación de la vista paralelos (111) en la forma de lentes lenticulares que se extienden en la dirección de la columna, en el que las lentes lenticulares se disponen a través del módulo de formación de la vista y tiene un primer paso,
 15 y en el que el medio de reducción de las no uniformidades de brillo se localiza con una separación respecto al plano de los píxeles de visualización (103) y adaptado para dispersar las salidas de los píxeles de visualización (103) de modo que se reducen las no uniformidades de brillo que se producirían de otra forma por la imagen de la matriz opaca, definiendo los medios de reducción de las no uniformidades de brillo un segundo paso a través del módulo de formación de la vista de cero o menos que el primer paso, caracterizado por que
 20 cada una de las lentes lenticulares define una superficie focal curvada que tiene un punto focal para luz colimada incidente normalmente que coincide con el plano de los píxeles de visualización (103) y los medios de producción de no uniformidades de brillo definen adicionalmente un ángulo de dispersión efectivo en un plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista (111) en el intervalo de 0,5 a 1,5 veces el ángulo que existiría entre vistas adyacentes proyectadas por los medios de formación de la vista en ausencia de los medios de reducción de las no uniformidades de brillo.

2. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios de reducción de las no uniformidades de brillo se proporcionan por al menos una segunda matriz de lentes dispuesta a través del módulo de formación de la vista y que tiene el segundo paso.

3. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la segunda matriz de lentes es una matriz de lentes lenticulares paralelas proporcionadas en una interfaz óptica diferente a la interfaz óptica de la primera matriz.

4. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 2, en el que primera y segunda matrices de lente se integran en la misma interfaz óptica, de modo que los medios de formación de la vista y de reducción de las no uniformidades de brillo se proporcionan por refracción en la misma interfaz óptica.

5. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la interfaz óptica correspondiente a cada lente de la primera matriz comprende una pluralidad de caras planas o no planas que definen una superficie de lente poligonal, correspondiendo cada cara plana o no planas a una lente de la segunda matriz.

6. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el número de caras planas, $N_{micro-lente}$, comprendido en cada lente de la primera matriz es igual a uno cualquiera de los enteros más

$$N_{vistas} \cdot \frac{1}{1 + \left| \frac{R_L \cdot N_{vistas}^2}{\Delta n \cdot p_L^2} \lambda \right|}$$

próximos al valor dado por
 50 R_L el radio de curvatura de la primera matriz de lentes, N_{vistas} el número de vistas proporcionadas por el módulo de formación de la vista, Δn la diferencia de los índices de refracción de los materiales en ambos lados de la interfaz óptica, p_L el primer paso de la primera matriz de lentes y λ la longitud de onda típica de la luz usada.

7. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios de reducción de las no uniformidades de brillo se proporcionan mediante un difusor de luz dispuesto a través del módulo de formación de la vista.

8. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el difusor de luz se dispone para dispersar las salidas de los píxeles de visualización sustancialmente solamente en el plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista.

9. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el difusor de luz se dispone para dispersar las salidas de los píxeles de visualización con diferentes ángulos de dispersión en primer y segundo planos perpendiculares.

- 5 10. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el difusor de luz se gira a continuación con respecto a la matriz de elementos de formación de la vista, de modo que el primer y segundo planos perpendiculares definen ángulos agudos con los ejes de los elementos de formación de la vista.
- 5 11. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el difusor de luz es un difusor de luz holográfico.
- 10 12. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada una de las superficies focales definidas por la primera matriz de lentes (111) cruza el plano definido por la matriz de los píxeles de visualización (103) en posiciones correspondientes a los puntos focales para la luz que pasa a través de la lente en una dirección que no es normal al plano definido por la matriz de píxeles de visualización (103).
- 15 13. Un dispositivo de visualización auto-estereoscópico de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el segundo paso es igual al primer paso dividido por el número de vistas proporcionadas por el dispositivo.
14. Un método de creación de imagen auto-estereoscópica que comprende:
- 20 formar una imagen usando una matriz bidimensional de píxeles de visualización (103), estando definidos espacialmente los píxeles de visualización (103) por una matriz opaca; y
formar la imagen en una pluralidad de vistas proyectadas en diferentes direcciones respectivas usando una matriz de elementos de formación de la vista paralelos (111) en la forma de lentes lenticulares que se extienden en la dirección de la columna, en el que las lentes lenticulares se disponen sobre y a través de la matriz de píxeles de visualización (103), modificando los elementos de formación de la vista (111) la dirección de las salidas desde los
25 píxeles de visualización (103), teniendo los elementos de formación de la vista (111) un primer paso, en el que las salidas de los píxeles de visualización (103) se dispersan adicionalmente de modo que se reducen las no uniformidades de brillo que se producirían en caso contrario por la imagen de la matriz opaca mediante los elementos de formación de la vista, estando localizada la función de dispersión con una separación respecto al plano de los píxeles de visualización (103) y definiendo un segundo paso menor que el primer paso, caracterizado por que
30 cada una de las lentes lenticulares define una superficie focal curvada que tiene un punto focal para luz colimada incidente normalmente que coincide con el plano de los píxeles de visualización (103) y la función de dispersión que define adicionalmente un ángulo de dispersión efectivo en un plano perpendicular a los ejes de los elementos de formación de la vista (111) en el intervalo de 0,5 a 1,5 veces el ángulo que existiría entre vistas adyacentes
35 proyectadas por los medios de formación de la vista en ausencia de la dispersión adicional.

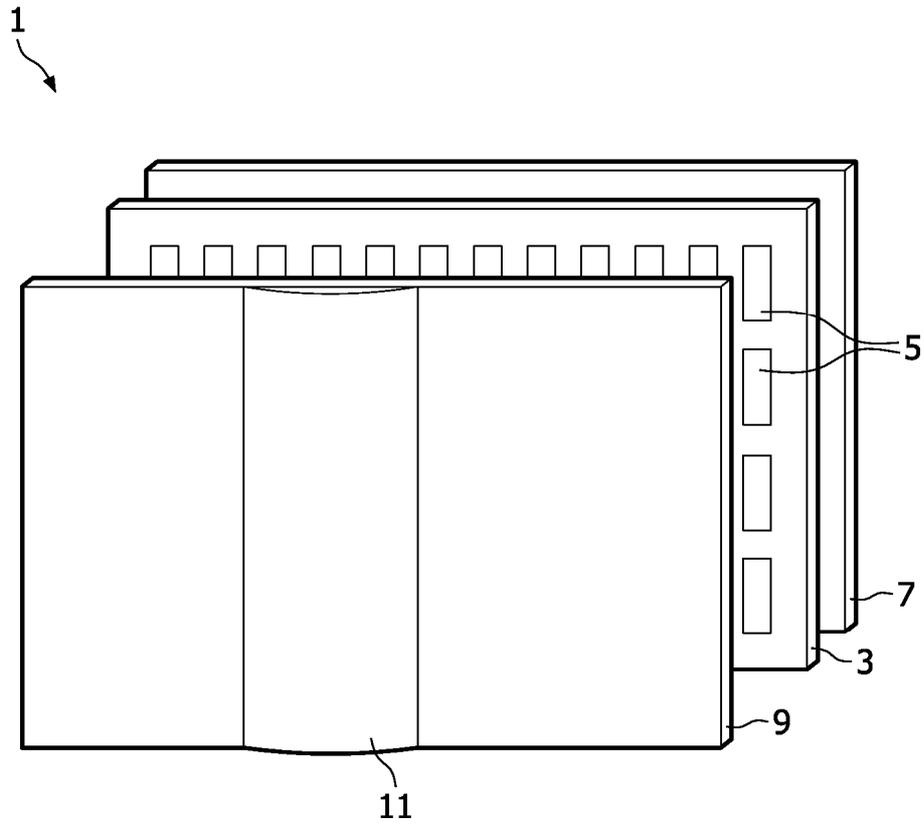


FIG. 1

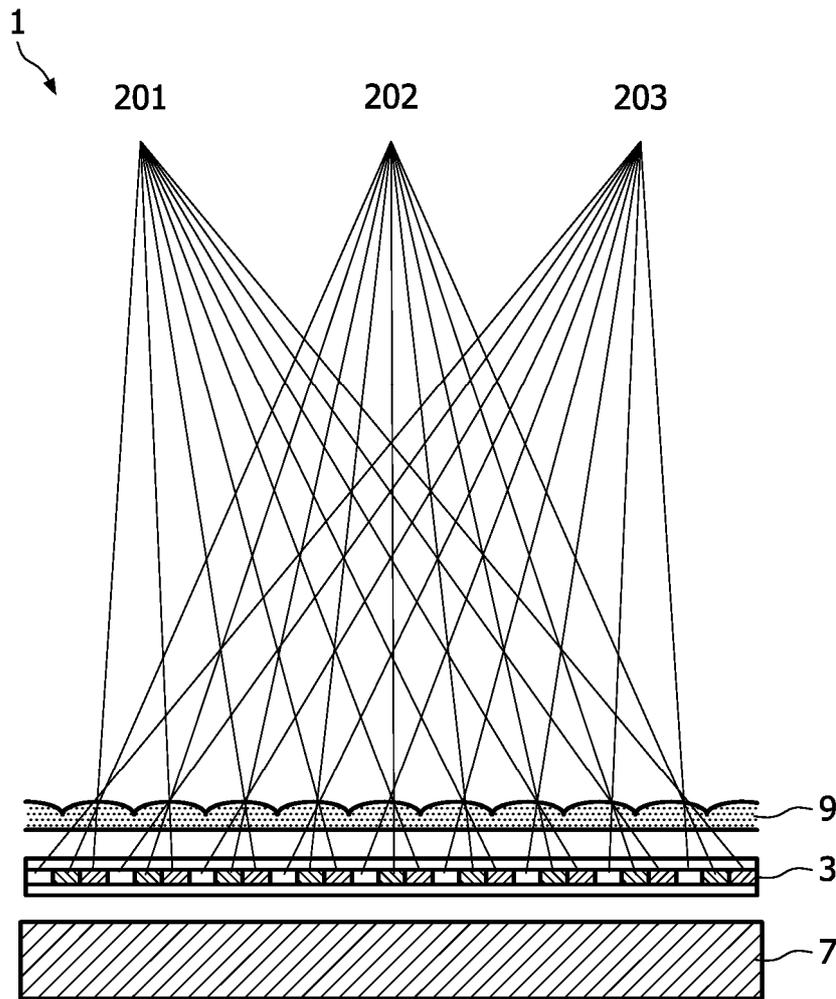


FIG. 2

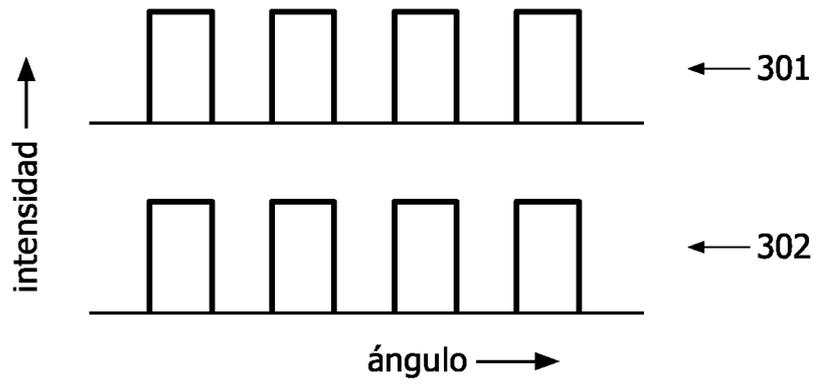


FIG. 3A

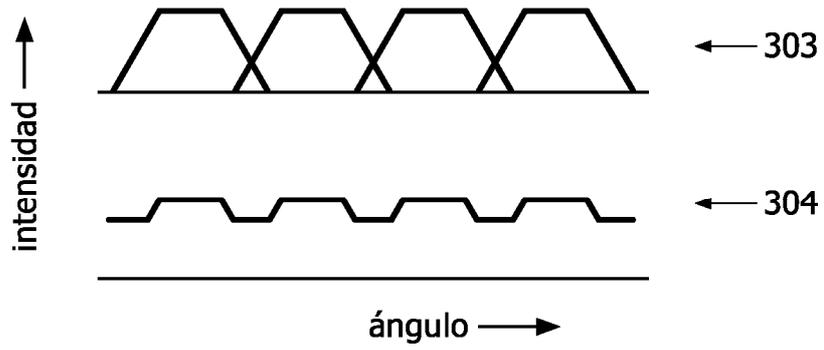


FIG. 3B

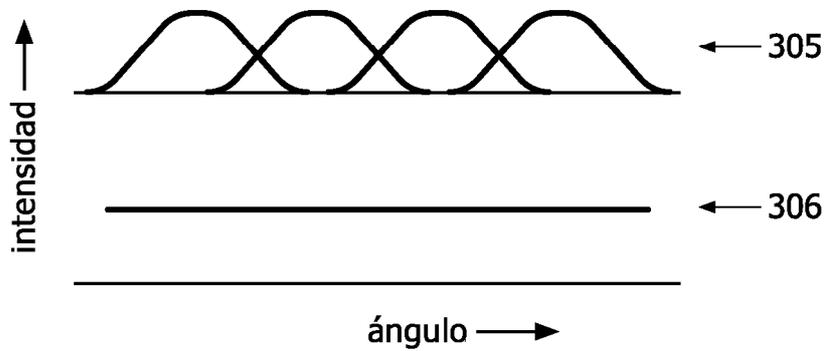


FIG. 3C

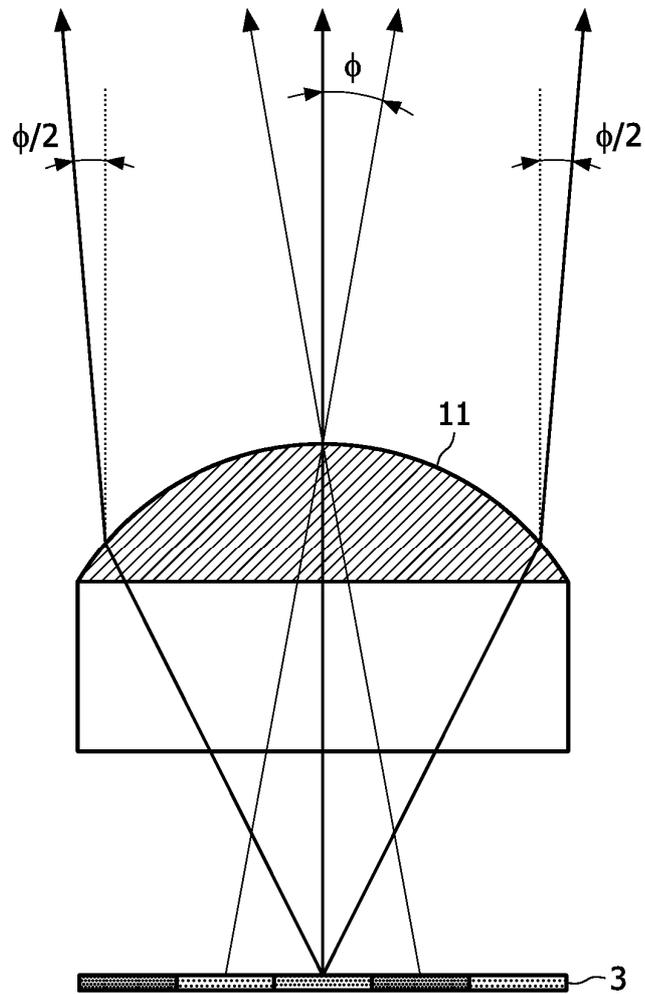


FIG. 4A

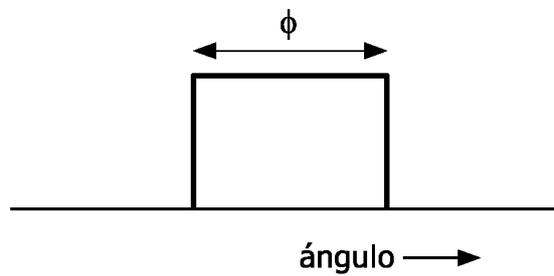


FIG. 4B

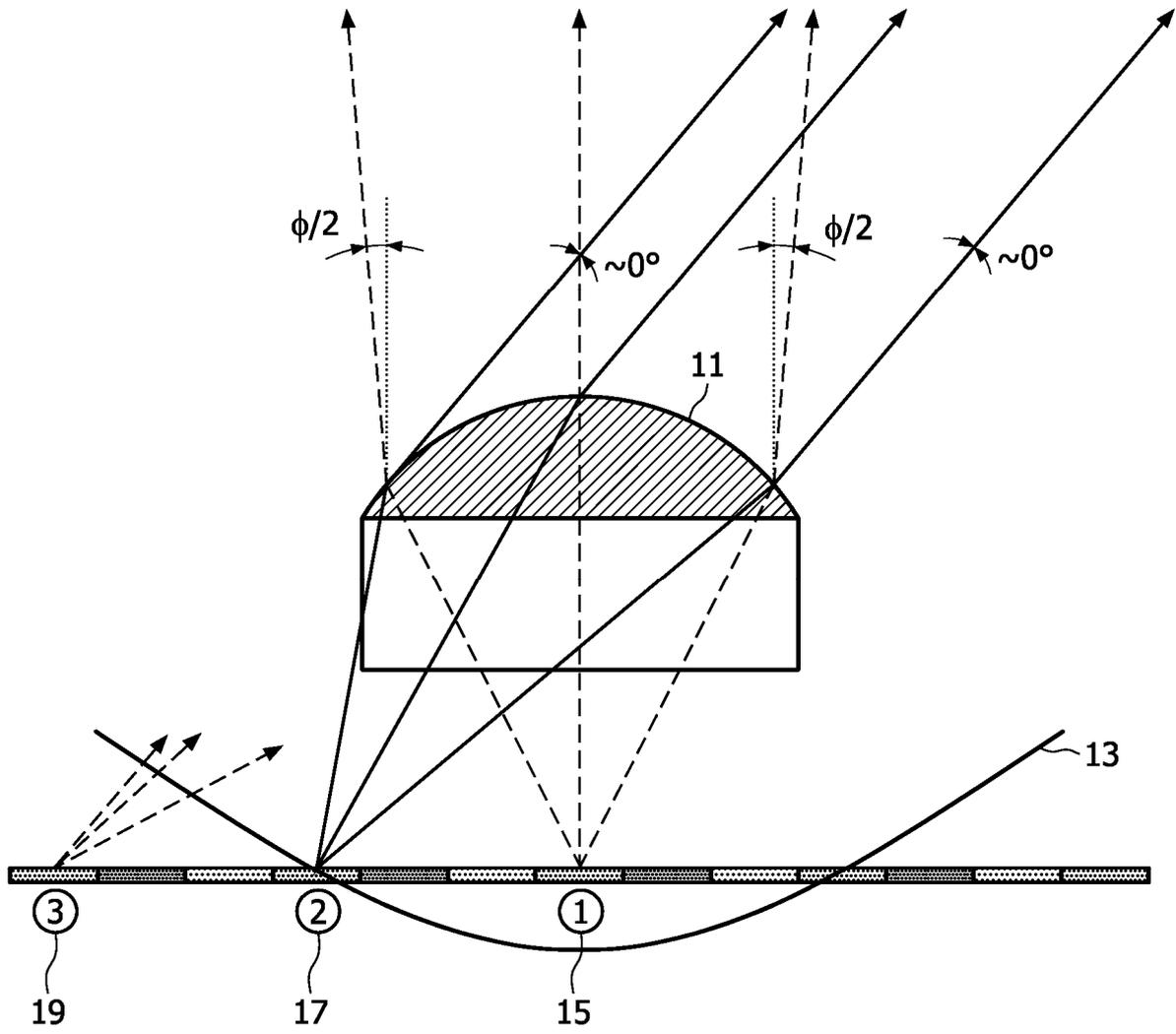


FIG. 5A

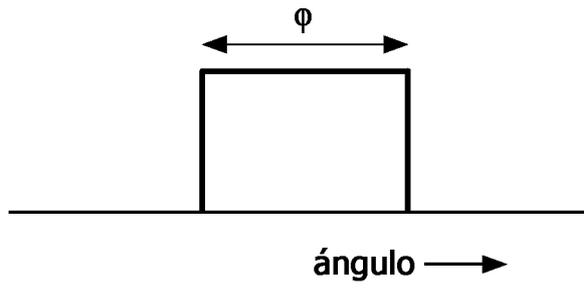


FIG. 5B

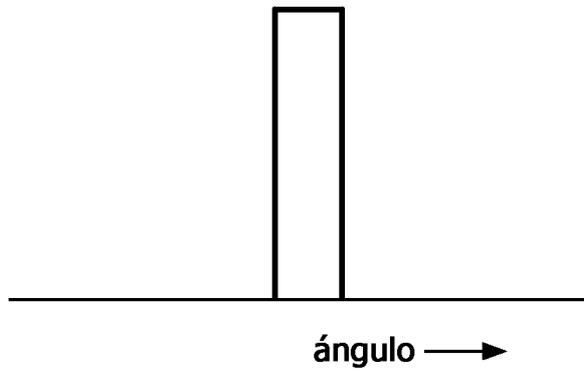


FIG. 5C



FIG. 5D

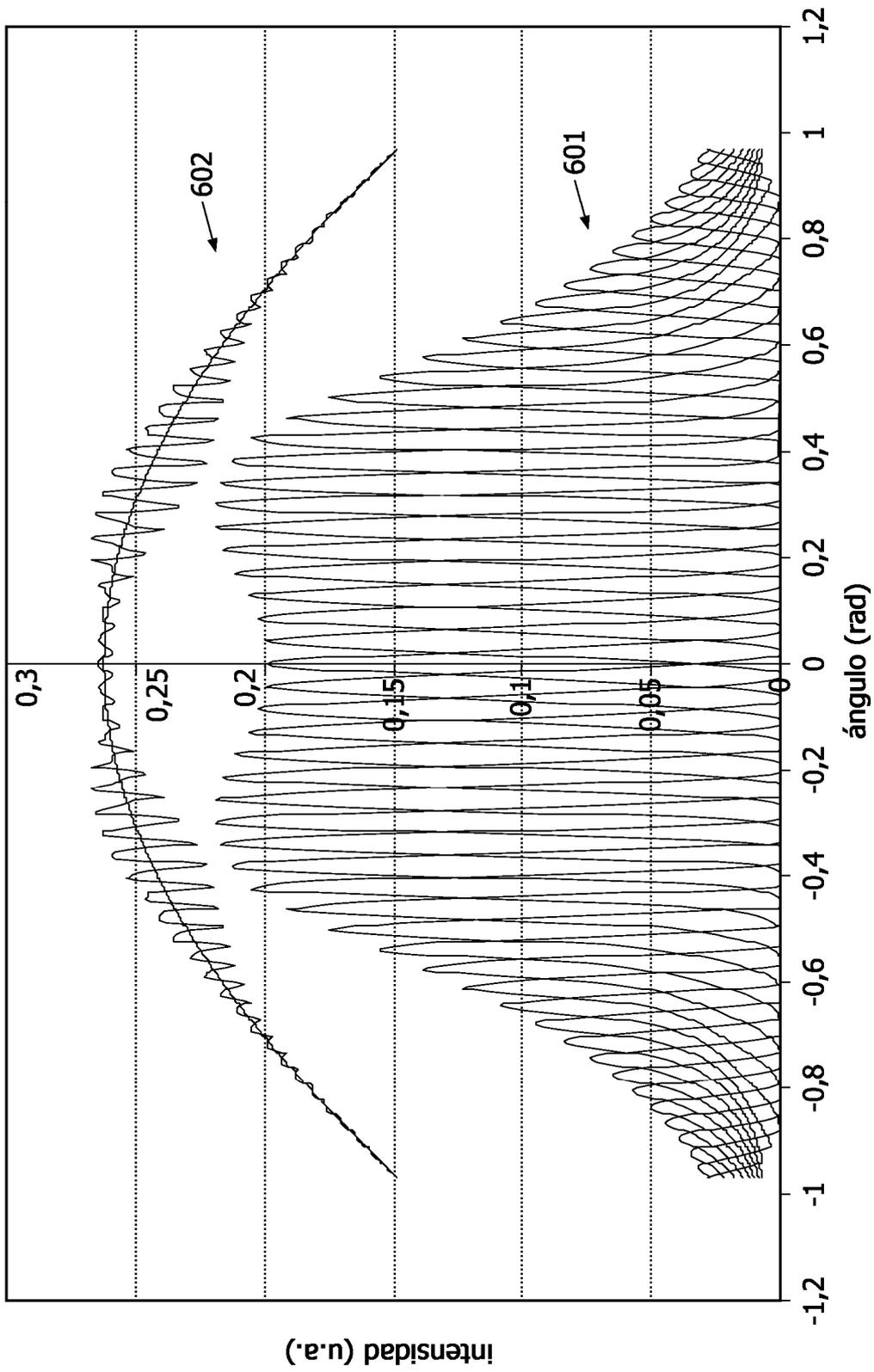


FIG. 6

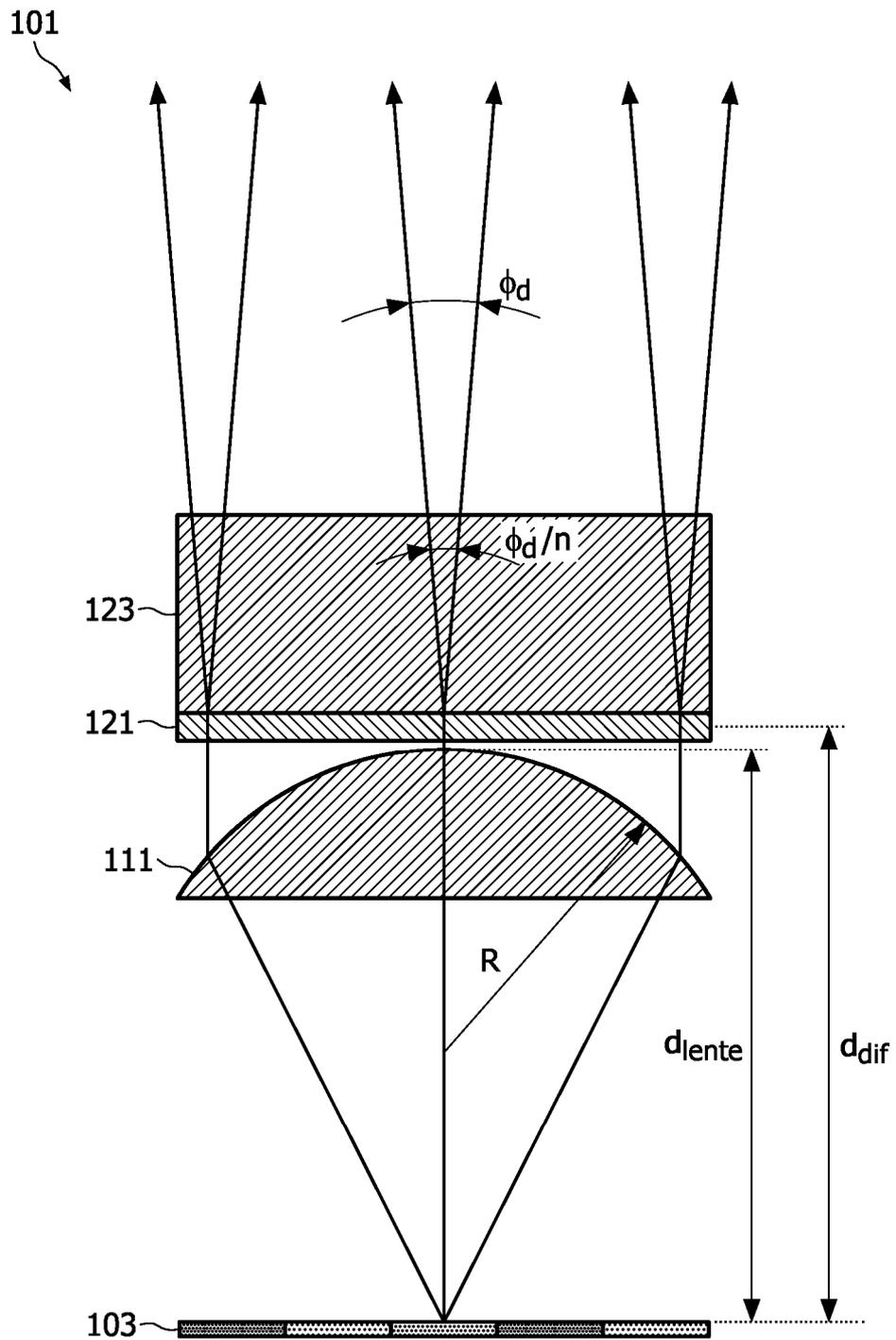


FIG. 7

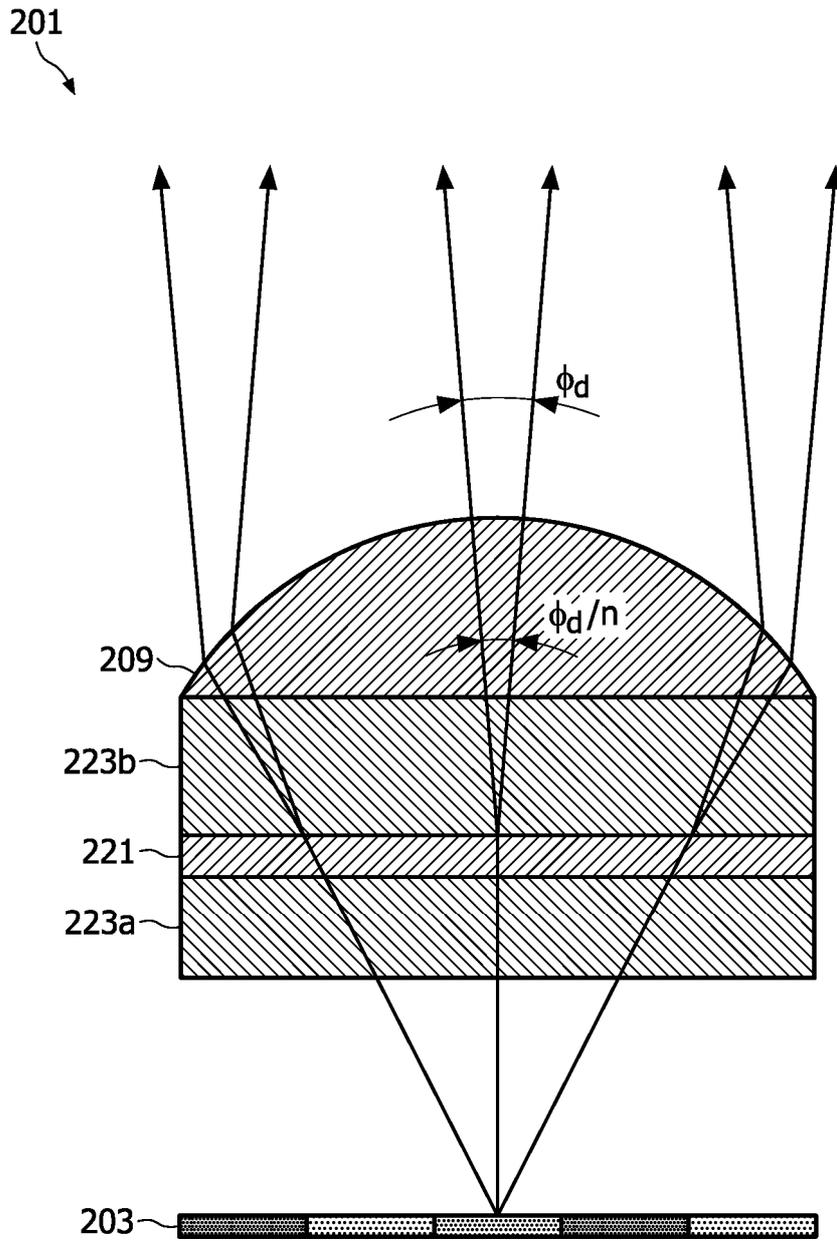


FIG. 8

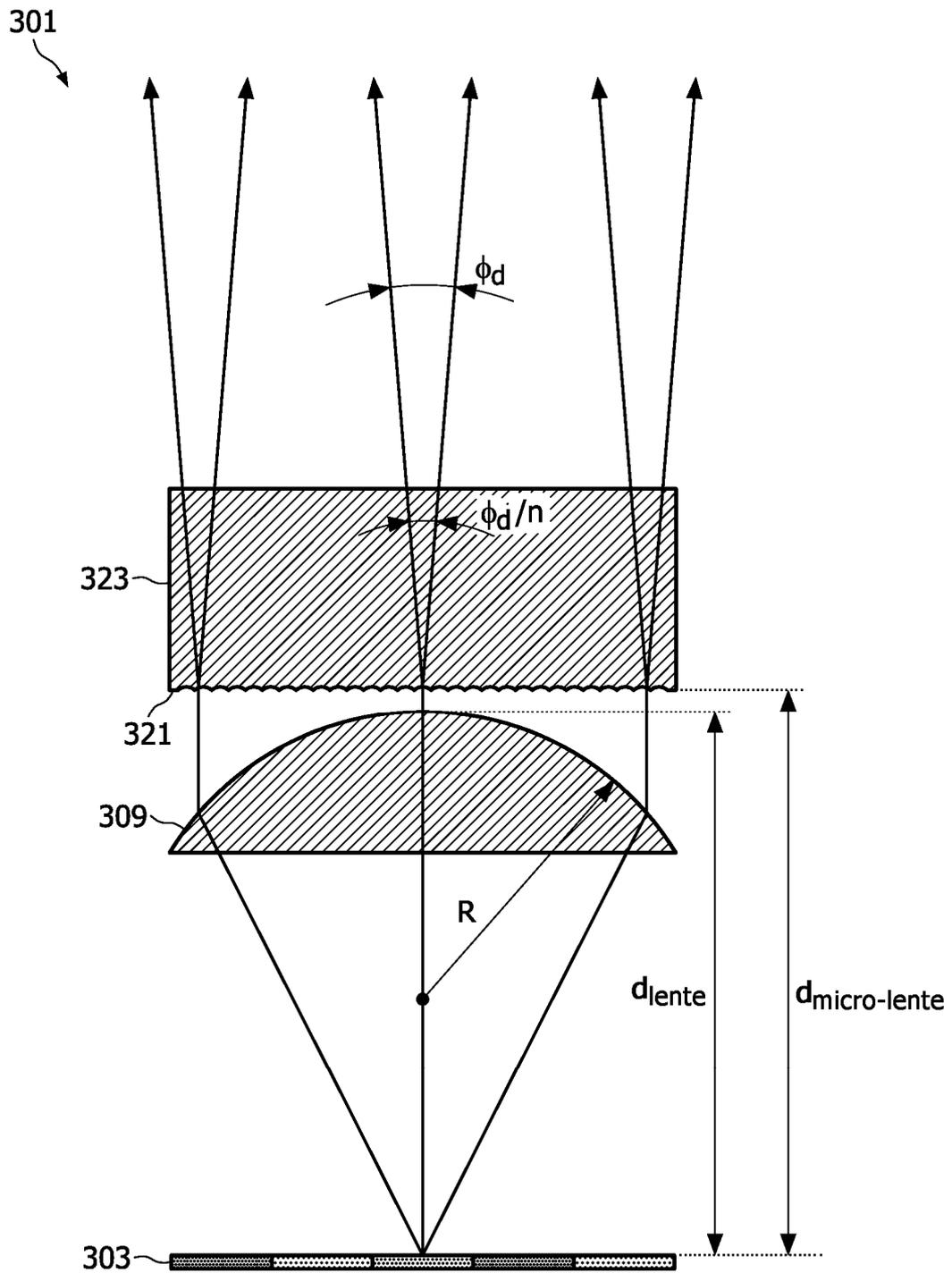


FIG. 9

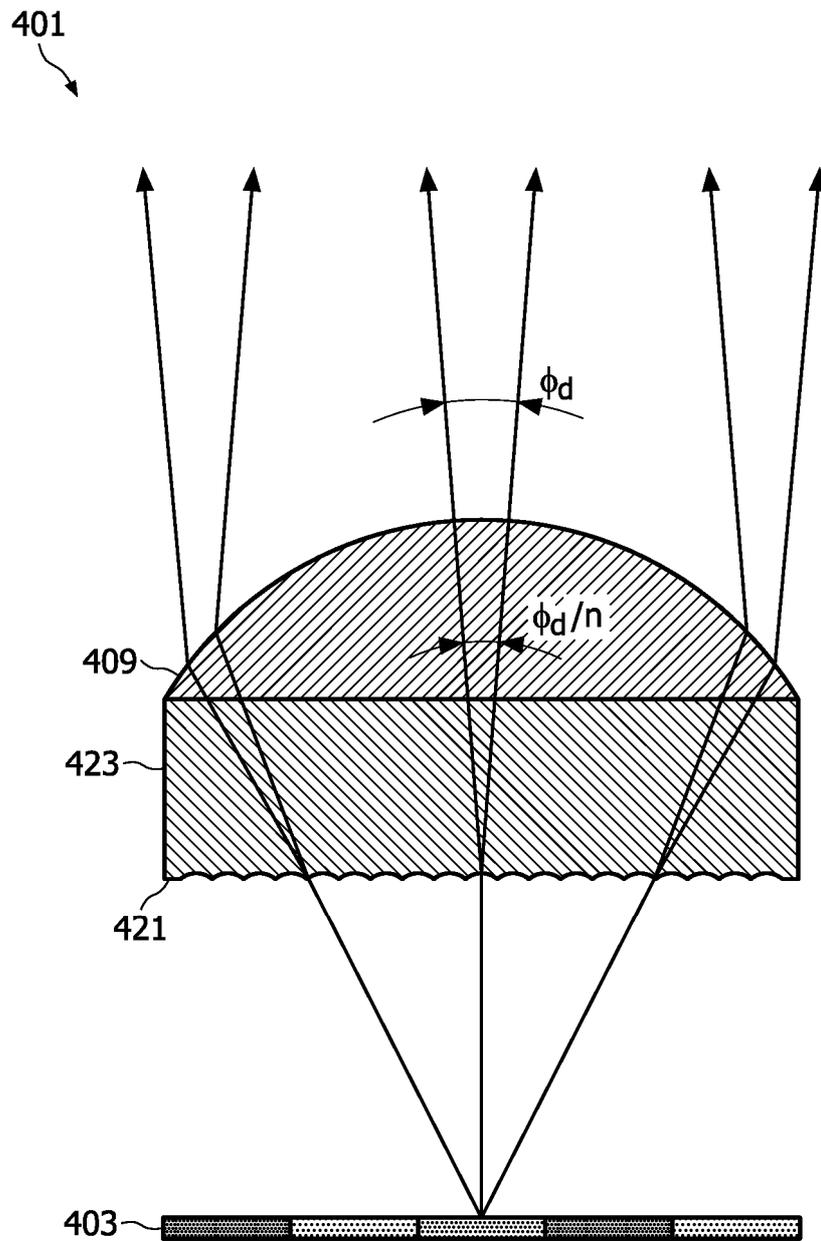


FIG. 10

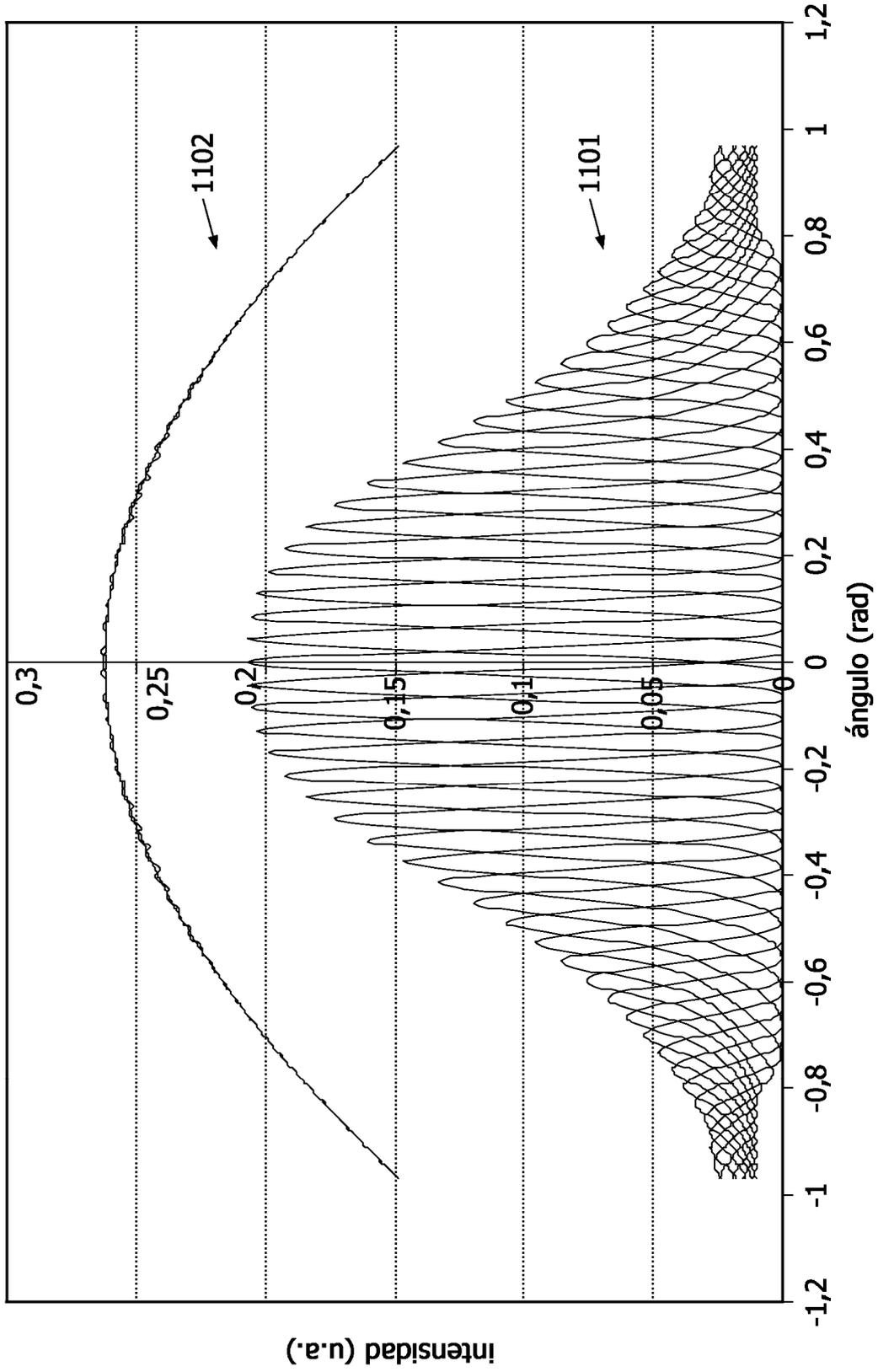


FIG. 11

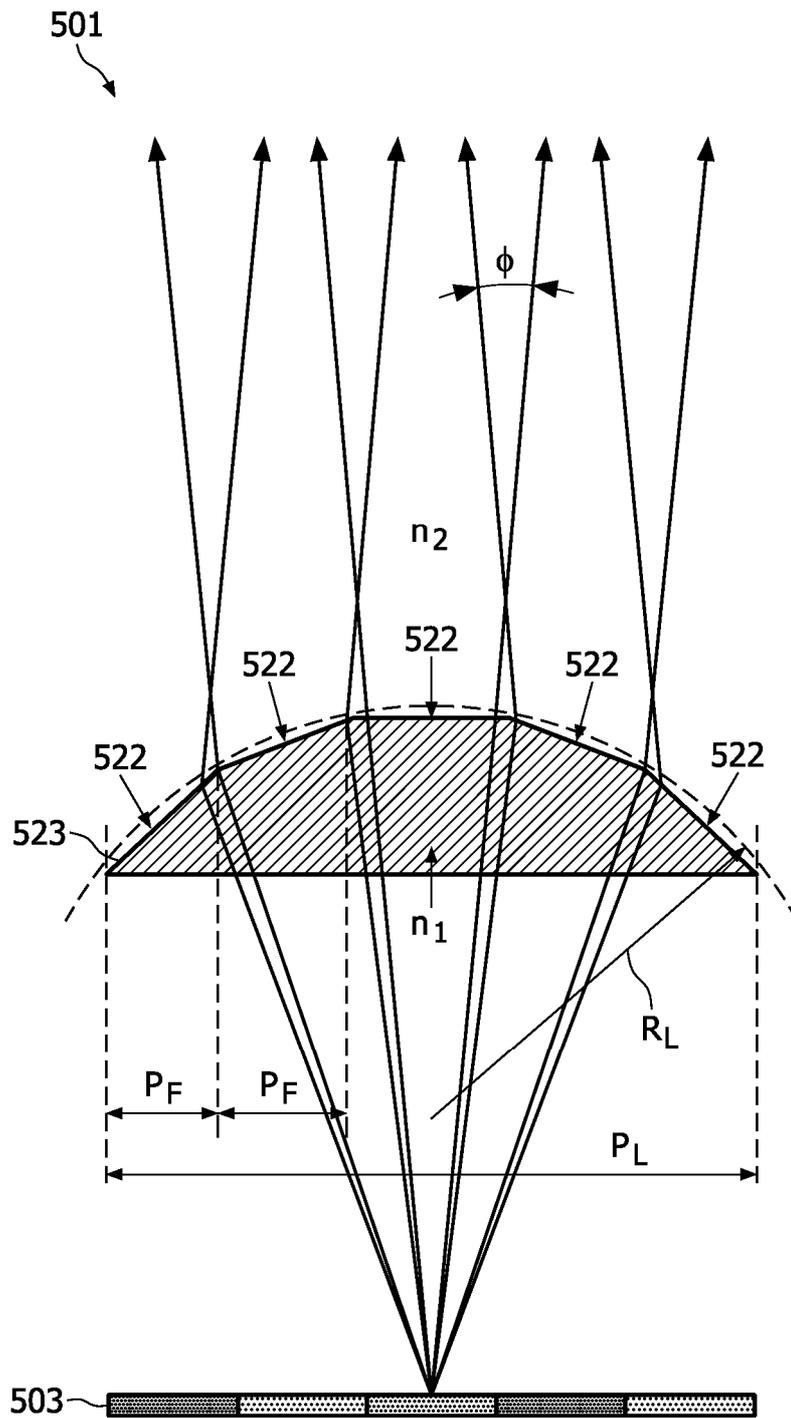


FIG. 12

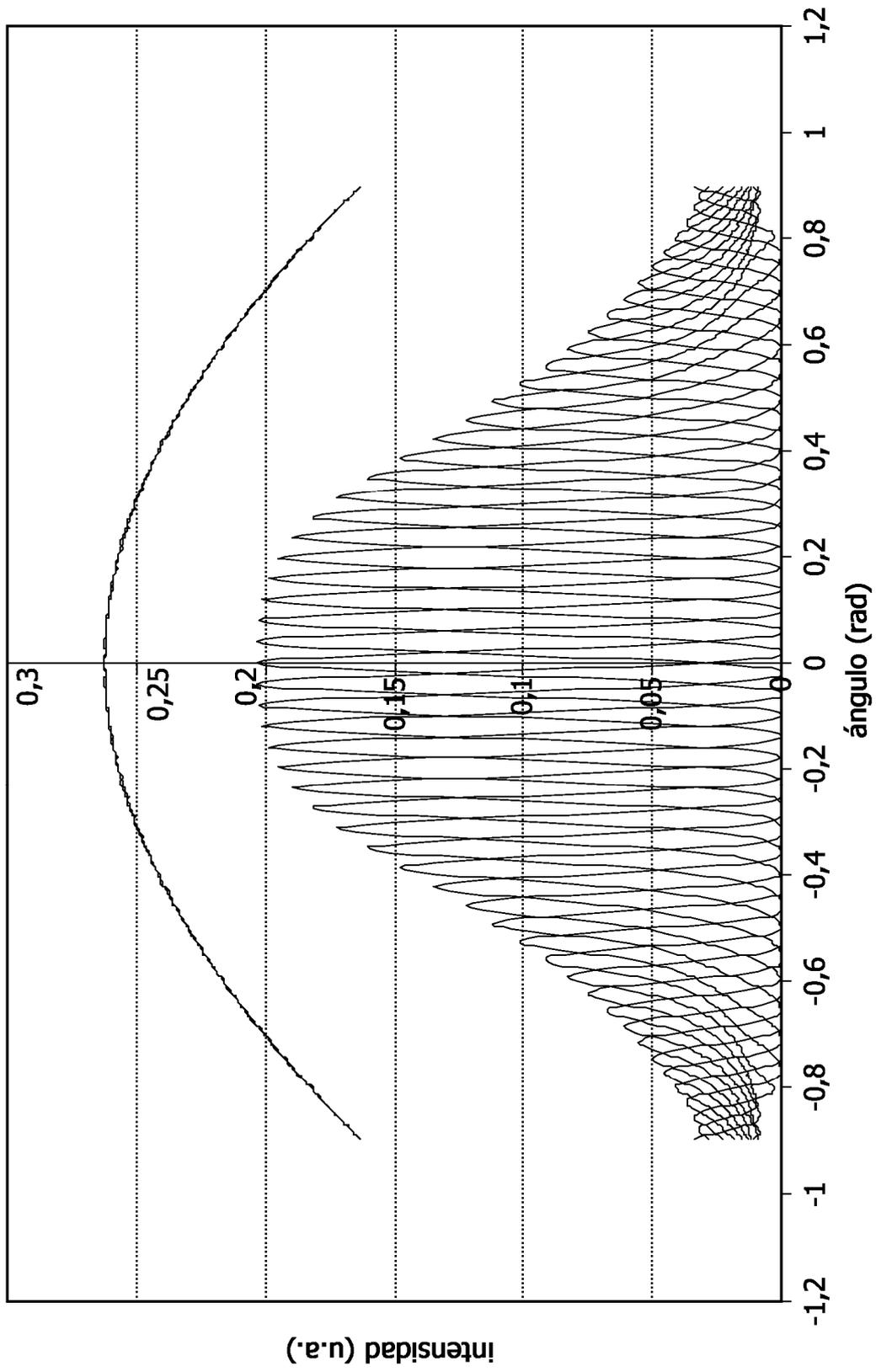


FIG. 13

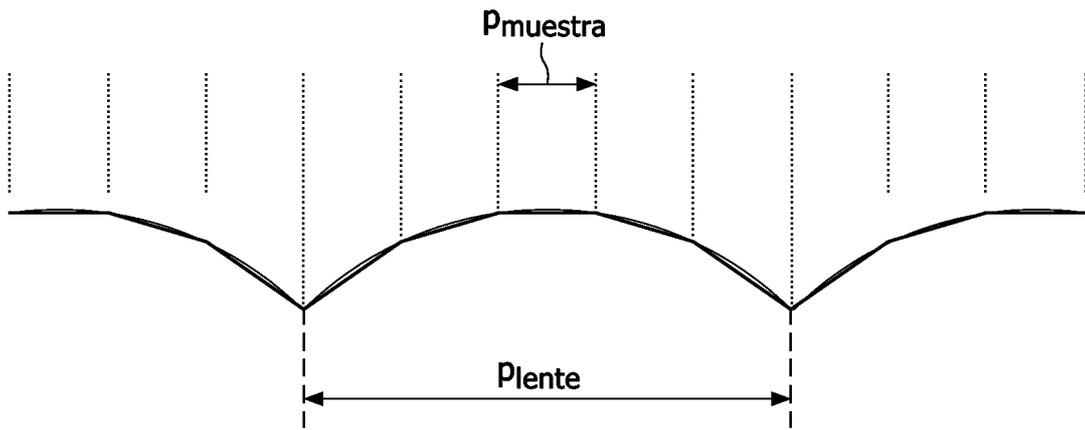


FIG. 14A

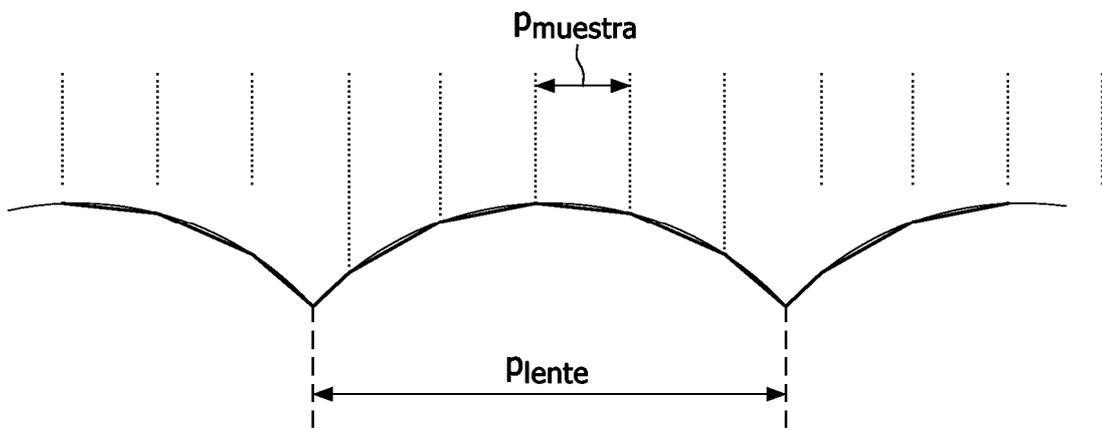
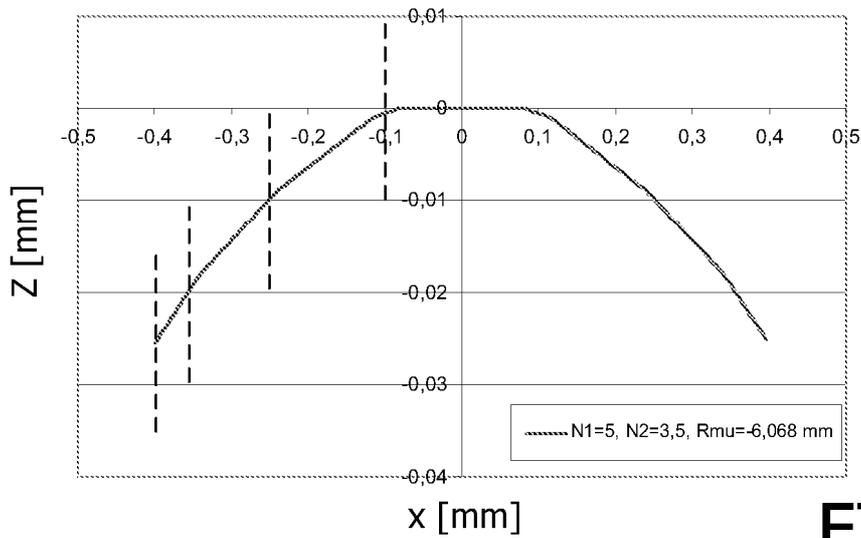
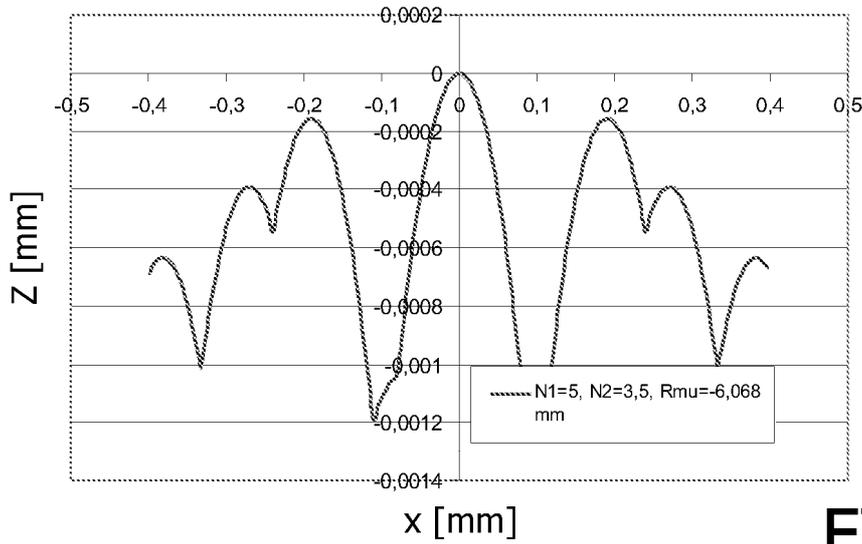
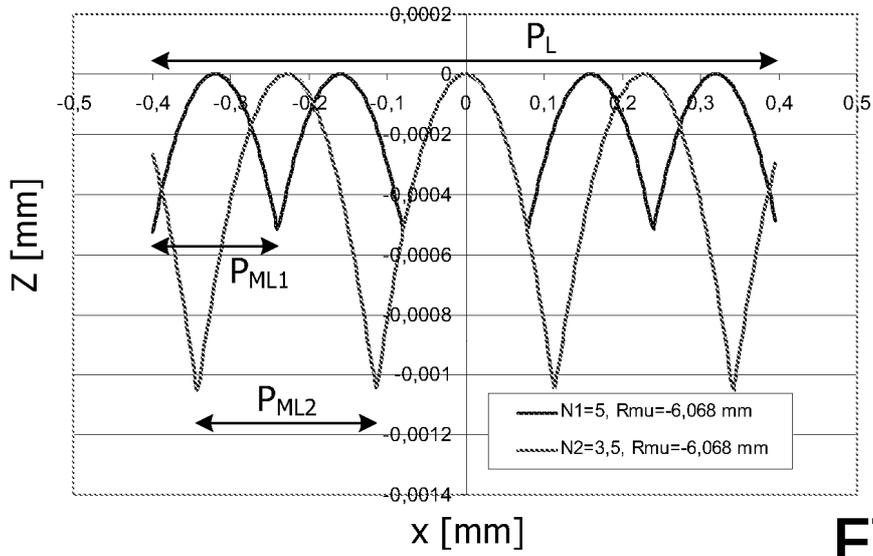


FIG. 14B



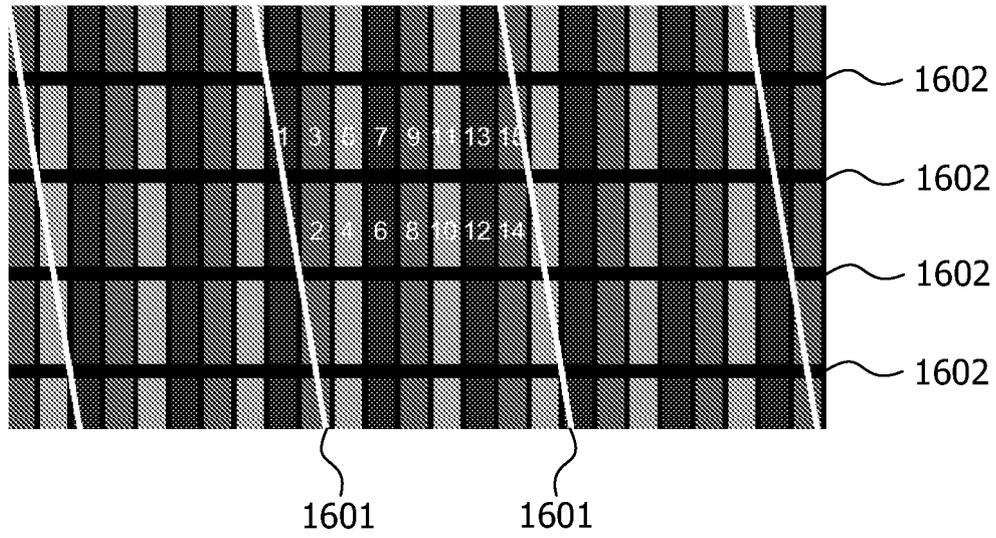


FIG. 16

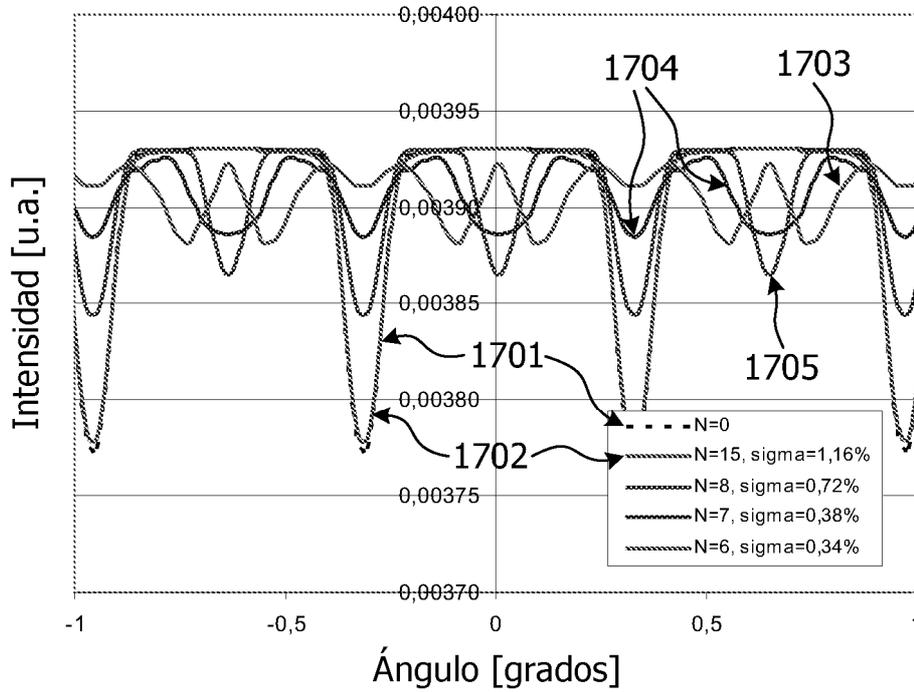


FIG. 17

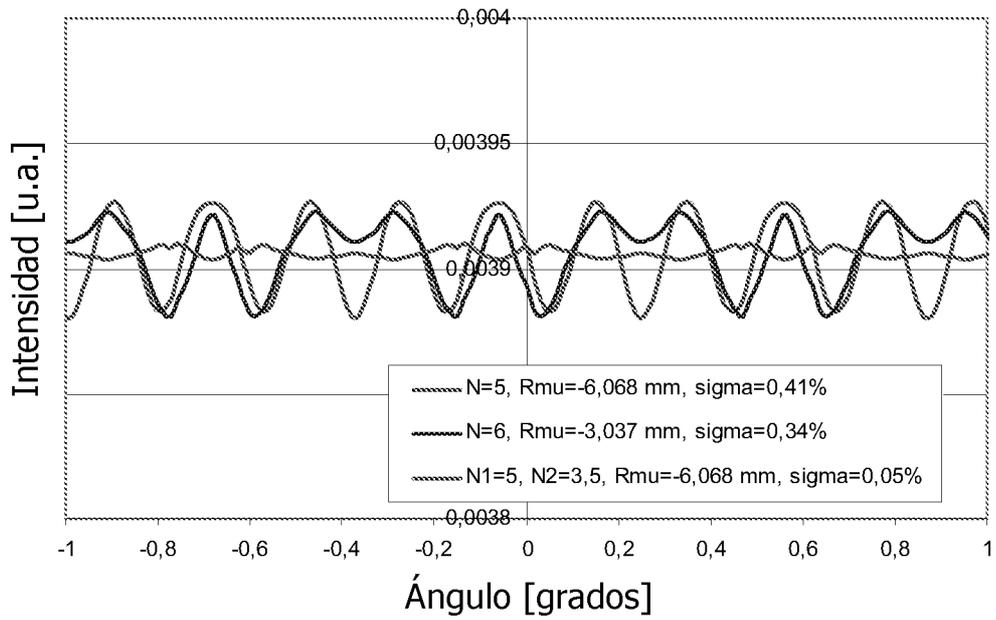


FIG. 18

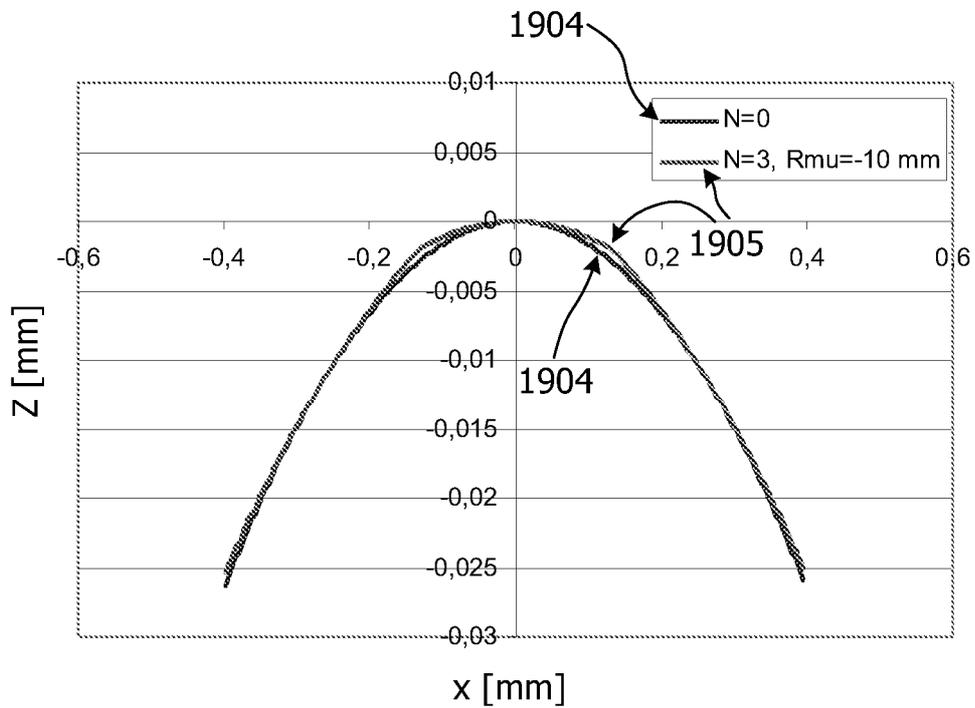


FIG. 19A

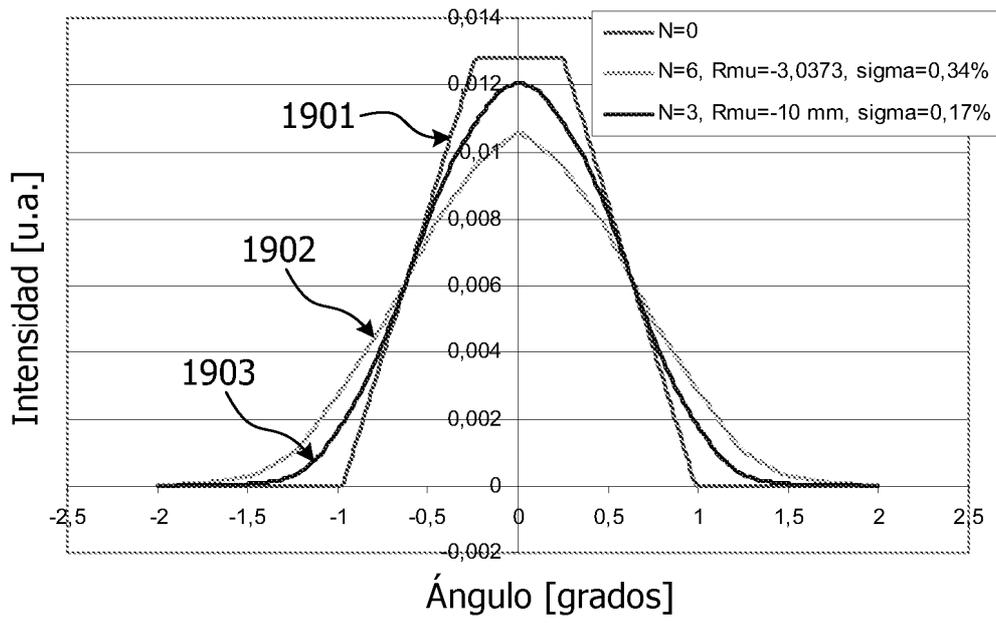


FIG. 19B

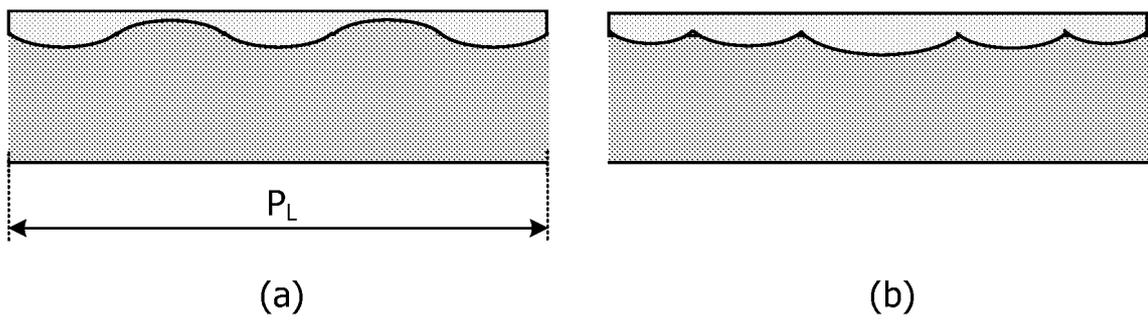


FIG. 20

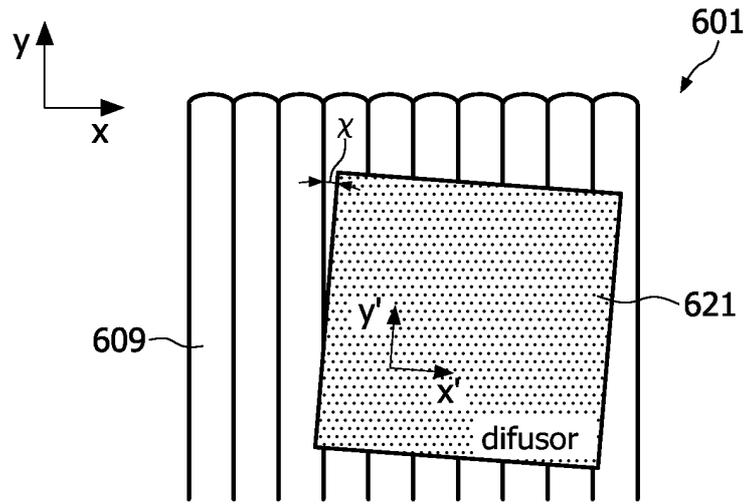


FIG. 21A

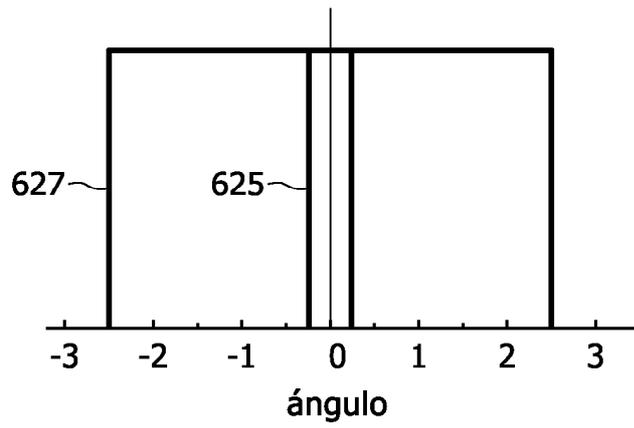


FIG. 21B

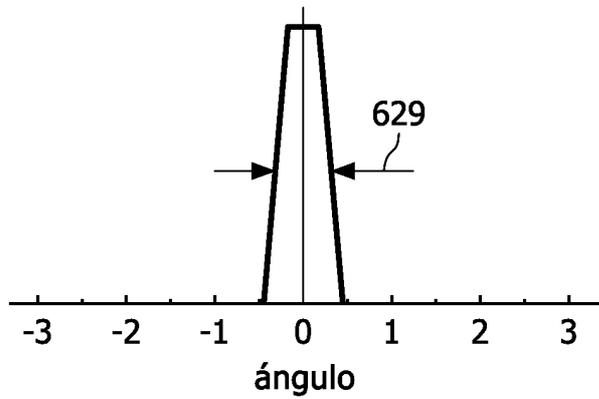


FIG. 21C