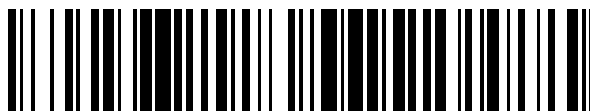


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 466 820**

51 Int. Cl.:

H04N 5/225 (2006.01)

H04N 5/217 (2011.01)

H04N 5/357 (2011.01)

G02B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010** **E 11192388 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2014** **EP 2429176**

54 Título: **Dispositivo de procesamiento de imágenes**

30 Prioridad:

14.10.2009 DE 102009049387

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

11.06.2014

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**BRUECKNER, ANDREAS;
DUPARRÉ, JACQUES;
WIPPERMANN, FRANK;
BRÄUER, ANDREAS y
DANNBERG, PETER**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 466 820 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 procesamiento de imágenes

5 Antecedentes de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un dispositivo, un dispositivo de procesamiento de imágenes y a un procedimiento para la reproducción óptica, que se utilizan por ejemplo en sistemas de cámara miniaturizados para aparatos terminales portátiles.

10

[0002] La utilización de sistemas de cámara miniaturizados para aparatos terminales portátiles (teléfono móvil, PDA, ordenador portátil, etc.) implica, además de la reducción de componentes electrónicos y optoelectrónicos, también la miniaturización de los objetivos de reproducción. Las premisas para ello son longitudes constructivas cortas de los objetivos y un número reducido de componentes ópticos (sobre todo elementos de lente).

15 La progresiva reducción de las diagonales de los sensores de imagen, impulsada por el desarrollo de la tecnología de estructuración de semiconductores (fotodiodos más pequeños significa mayor cantidad de píxeles sobre la misma superficie de imagen), así como por la reducción de los costes de fabricación de los sensores, exige no obstante, pese a la simplificación de la estructura del sistema óptico, lograr una elevada capacidad de resolución y una elevada intensidad de luz en el sistema óptico. Las soluciones de diseño óptico existentes se caracterizan por pocas formas de lentes, pero en cambio complejas (la mayoría de las veces esféricas), que agotan las posibilidades de las tecnologías de fabricación actuales. Los insuficientes procedimientos de medida para el control de calidad de tales superficies complejas y las exactitudes laterales y axiales de alta precisión durante el montaje que son necesarias para asir los componentes ópticos de un tal objetivo de cámara miniaturizado, ponen límites adicionales a la realización. Las soluciones existentes para módulos de cámara miniaturizados no cumplen las especificaciones o los
25 precios que requieren los integradores y usuarios.

[0003] Un procedimiento de fabricación establecido para sistemas ópticos de cámara consiste en generar lentes individuales y zócalos mediante moldeado por inyección de plástico en moldes mecanizados con ultraprecisión. Usualmente pueden entonces fabricarse las lentes junto con sus zócalos en el moldeo por inyección de dos componentes. Los componentes individuales se montan a continuación en un zócalo de enchufe y se fijan mediante unión en arrastre de forma (adhesión por fuerza molecular, pegado). No obstante este procedimiento ya no puede utilizarse con una suficiente precisión de ajuste para fabricar objetivos miniaturizados con un tamaño constructivo inferior a $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$. Otros problemas resultan al aportar componentes tan pequeños, así como en la técnica de configuración y conexión de los mismos. En detalle resultan problemas en el manejo de los componentes
30 debido a las fuerzas electrostáticas (peso y dimensiones reducidos de los componentes), así como por el peligro de ensuciamiento y de que se rayen las superficies ópticas sensibles. Por estas razones más del 80% de los costes de fabricación son atribuibles a los procesos de montaje. Ciertamente existen fundamentos avanzados relativos al manejo de pequeños sistemas ópticos en la técnica de estructura híbrida (micropinzas mecánicas y electrostáticas, así como neumáticas, apoyadas por sensores), pero así aumentan considerablemente los costes de una fabricación
35 masiva (por ejemplo sistemas ópticos de cámara para teléfonos móviles). Además, debido a la técnica de fabricación híbrida para elevados formatos de resolución, se necesita un posicionado activo, por ejemplo piezoactuador de los sistemas ópticos de plástico, para compensar las tolerancias del montaje del objetivo sobre el convertidor de imagen optoelectrónico (sensor de imagen). Esto origina un aumento adicional del precio unitario.

45 **[0004]** Un procedimiento alternativo para objetos de un tamaño inferior a $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$ es la fabricación de sistemas ópticos a escala de obleas o wafers (WLO-wafer level optics). Aquí se utiliza un elemento de herramienta para las correspondientes lentes individuales fabricado mediante mecanizado de ultraprecisión (por ejemplo torneado al diamante), para un moldeado por UV múltiple (proceso de avance y repetición) de los distintos componentes sobre una oblea de sustrato (nivel de oblea o wafer de módulos ópticos). Alternativamente puede
50 fabricarse una oblea de herramienta completa con siempre los mismos componentes individuales mediante mecanizado de precisión y a continuación replicarse en una única etapa de moldeado por UV a escala de oblea. De esta manera pueden fabricarse en paralelo muchas lentes del mismo tipo, pero también distanciadores y diafragmas. En etapas siguientes pueden conectarse axialmente entre sí las distintas placas de oblea, para obtener una pila de obleas con una pluralidad de objetivos. Aquí se trata de una tecnología de fabricación paralelizada, que recurre a
55 procesos e instalaciones de la fabricación de microelectrónica. Los principales inconvenientes de la aplicación de estos procedimientos de fabricación de la microóptica para lentes miniaturizadas, pero que resultan grandes en comparación con las microlentes usuales, son los elevados costes de fabricación de herramientas de moldeo apropiadas, así como la limitada precisión, debida por ejemplo a la contracción del material, de los perfiles superficiales que pueden lograrse en la replicación por UV de microlentes con grandes alturas de vértice (mayores

de 100 μm). Además, persisten problemas en la reproducibilidad y en la comprobación de la calidad, en particular de la caracterización de la forma compleja de la lente de este orden de magnitud, sin resolver hasta ahora. Los módulos sólo podían probarse hasta ahora junto con todos los otros componentes ópticos mediante un procedimiento de reproducción de imágenes que en función de la cantidad de componentes y de etapas de fabricación, reduce fuertemente el rendimiento.

5 **[0005]** Además existen configuraciones de un sensor de reproducción óptico plano, que representa la transposición técnica del ojo compuesto o facetado en yuxtaposición de los insectos. En este sistema de reproducción extremadamente compacto, multicanal, lleva asociada cada microlente un fotodetector (píxel).

10 **[0006]** A continuación se denominará a un fotodetector en parte también detector de imagen o también fotodiodo.

15 **[0007]** Mediante el decalaje del fotodetector respecto a la correspondiente microlente puede abrirse un gran campo visual, pese al pequeño tamaño constructivo. No obstante, al utilizarse un fotodetector por cada canal es necesaria una gran superficie de base para el panel de fotodetectores (sensor de imagen CCD o CMOS), para lograr una capacidad de resolución de imagen moderada. Esto aumenta considerablemente los costes de fabricación del correspondiente sensor de reproducción miniaturizado.

20 **[0008]** Los documentos DE 10 2004 003 013.8 y PCT PAT. APPL. WO 2005/069607 describen un sistema de reproducción multicanal a base de un ojo facetado artificial, llevando aquí asociado cada canal un detector de imagen o llevando asociados unos pocos detectores de imagen con distintas funciones. Cada canal abarca así sólo una zona estrechamente limitada del campo de objeto.

25 **[0009]** Los documentos US 005696371 A y EP 0840502A2 describen otro sistema de reproducción multicanal a base de ojos facetados artificiales. Se describe una cámara digital compacta con una óptica de reproducción multicanal refractiva/difractiva y un campo visual segmentado. El sistema está compuesto por una configuración de paneles de lentes conformados como segmentos de lente descentrados, en cuya distancia focal se encuentra un panel fotosensible de sensores de imagen. Axialmente delante del panel de lentes se utilizan dos paneles de
30 diafragmas con paredes laterales que discurren oblicuas y un periodo mayor que el panel de lentes, para predeterminar la magnitud del campo visual. Para suprimir diafonías ópticas, se proponen paredes verticales de material absorbente de la luz entre canales ópticos contiguos.

35 **[0010]** El documento J. Tanida, T. Kumagai, K. Yamada y S. Miyatake "Thin observation module by bound optics (Tombo) concept and experimental verification" (módulo de observación fina mediante el concepto de óptica compuesta (Tombo) y verificación experimental", Óptica Aplicada 40, páginas 1806-1813, abril 2001 muestra otra configuración multicanal para la reproducción óptica. Por este documento se conoce una configuración multicanal en la que las microimágenes del sensor de imagen optoelectrónico se encuentran centradas axialmente bajo la correspondiente microlente asociada y los canales contiguos están separados entre sí mediante paredes verticales
40 opacas. No obstante con esta configuración sólo puede captarse un campo de objeto pequeño. Para pequeñas distancias al objeto (por ejemplo inferiores a 2m), puede obtenerse mediante el decalaje del ángulo visual que se presenta (paralaje) en canales contiguos sobre el mismo punto objeto un desplazamiento de subpíxeles de la reproducción de microimágenes con respecto a la agrupación por canales de fotodiodos del sensor de imagen, que mediante un algoritmo de superresolución (Super Resolution Algorithmus) calcula una imagen completa de alta
45 resolución a partir de la pluralidad de microimágenes de baja resolución. Esta configuración sólo puede utilizarse, por principio, para pequeñas distancias al objeto y pequeños tamaños del campo de objeto. Además posee este procedimiento una elevada selección de imágenes y tiempo de procesamiento, ya que el Super Resolution Algorithmus (conocido por el procesamiento de imágenes) posee una elevada complejidad.

50 **[0011]** Una posibilidad técnica alternativa de evitarlo es la utilización de fotodiodos (píxeles) muy pequeños para el sensor de imagen optoelectrónico junto con un sistema óptico monocanal. La pequeña diagonal de imagen que así resulta origina, cuando la longitud constructiva del sistema óptico es corta, pequeños ángulos del campo de objeto en el borde (reducidas aberraciones off-axis o fuera del eje y pequeño viñetado), pero con ello también al
55 inconveniente de la captación sólo de un pequeño campo de objeto. Para este sistema óptico monocanal miniaturizado puede utilizarse una lente relativamente pequeña con una longitud constructiva muy pequeña y una calidad de imagen suficiente, con lo que también aquí pueden utilizarse las tecnologías correspondientes a la invención (litográficas) a escala de oblea. Desde luego los pequeños píxeles tienen el inconveniente de una pequeña superficie fotosensible y con ello, a igualdad de diafragmado del objetivo del sistema óptico, inferior sensibilidad de la configuración completa.

5 [0012] El documento US 2009/0135289 A1 muestra un sistema óptico con microlente y unidades de conversión fotoeléctricas. Allí existe en cada caso una asociación entre una unidad de conversión fotoeléctrica y una microlente, con lo que una tal unidad de conversión fotoeléctrica forma, junto con una microlente, un llamado "focus detection píxel" (píxel de detección del foco).

10 [0013] El documento US 5 796 522 muestra una configuración óptica con un panel de lentes y un panel de aperturas. Los rayos que inciden llegan a través del panel de lentes y las aperturas del panel de aperturas a segmentos de la imagen.

[0014] El documento WO 2008/025610 A1 muestra un sistema de captación de imágenes con microlentes, estando asociada cada microlente a una abertura de una máscara de agujeros, así como a un sensor de imagen de un elemento sensor de imagen.

15 [0015] El documento US 4 585 948 muestra un sistema óptico con lentes, dispuestas sobre una capa de detectores.

20 [0016] El documento EP 1 665 779 B1 muestra un sistema de captación de imágenes con microlente sobre un sustrato de vidrio y un pinhole-array (matriz de pinholes o aberturas minúsculas). El pinhole-array sirve para cubrir una matriz de detectores.

25 [0017] El documento US 2007/0081815 A1 muestra un aparato para captar simultáneamente varias imágenes con zonas de visión que se solapan utilizando diversas regiones de un detector de imagen. Una pluralidad de imágenes, que se captan con diversas regiones del detector de imagen, pueden reunirse así en una llamada imagen "all in focus" (todo enfocado). La imagen "all in focus" que resulta tiene menos píxeles que el número de píxeles del detector, pero todos los píxeles están enfocados.

30 [0018] Resumiendo, puede constatarse que en el estado de la técnica no se encuentra ninguna forma constructiva ventajosa de un dispositivo de reproducción que reúna una elevada calidad de la imagen con una pequeña altura constructiva y que a la vez pueda fabricarse económicamente mediante tecnologías de fabricación microópticas conocidas.

35 [0019] Es así la tarea de la presente invención lograr un dispositivo y un procedimiento para la reproducción óptica que con una pequeña altura constructiva permita lograr una elevada calidad de la imagen y que a la vez pueda realizarse económicamente mediante tecnologías de fabricación microópticas.

Resumen de la invención

40 [0020] Esta tarea se resuelve mediante un dispositivo de procesamiento de imágenes según la reivindicación 1.

45 [0021] La presente invención logra un dispositivo para la reproducción óptica (por ejemplo denominado también dispositivo reproductor óptico o sistema multicanal de reproducción y captación de imágenes) con un panel de microlentes con al menos dos microlentes y un sensor de imagen con al menos dos matrices de detectores de imagen, incluyendo las matrices de detectores de imagen (por ejemplo denominadas también grupos de fotodiodos o matrices de fotodiodos o paneles de fotodiodos), de las que al menos hay dos, en cada caso una pluralidad de detectores de imagen.

50 [0022] Entre las matrices de detectores de imagen y las microlentes existe una asociación, tal que cada microlente forma junto con una matriz de detectores de imagen un canal óptico. Los puntos centrales de las matrices de detectores de imagen están desplazados lateralmente en magnitud diferente respecto a los centros de gravedad de la superficie de las aperturas de microlentes de los correspondientes canales ópticos, proyectados sobre las matrices de detectores de imagen. Los diversos canales ópticos tienen así zonas de captación distintas, pero que se solapan parcialmente. Una zona de solape de dos zonas de captación correspondientes a dos canales ópticos se reproduce así decalada sobre las matrices de detectores de imagen de los canales ópticos en cuanto a una retícula de detectores de imagen de las matrices de detectores de imagen.

[0023] La idea fundamental de la presente invención es que es posible lograr un dispositivo para la reproducción óptica en el que un campo de objeto se divide en varias zonas parciales y cada zona parcial se

reproduce mediante al menos una microlente de un panel de microlentes sobre una matriz de detectores de imagen asociada. Debido al solape de las zonas de captación de los distintos canales ópticos, se captan zonas parciales del campo de objeto en paralelo mediante varias matrices de detectores de imagen de los canales ópticos.

5 **[0024]** La ventaja de la presente invención consiste así en que la captación en paralelo de zonas parciales del campo de objeto en canales ópticos separados permite una distancia focal corta de cada canal individual y con ello una reducción de la longitud constructiva del dispositivo reproductor para un campo de objeto extenso. Además posibilita la corta distancia focal, junto con un campo de objeto pequeño para el correspondiente canal individual respecto al campo de objeto completo, la utilización de componentes ópticos sencillos (por ejemplo lente refractiva
10 con pequeña altura del vértice) para cada canal. Además es ventajoso que el máximo campo visual venga determinado por las dimensiones laterales (por ejemplo número de canales), siendo con ello esencialmente independiente de la longitud constructiva o de la complejidad de la estructura óptica de cada canal individual. Debido al solapamiento de las zonas de captación de los canales ópticos, se logra además una elevada capacidad de resolución de imágenes en comparación con los ojos compuestos o facetados artificiales del estado de la técnica.
15 Además puede crearse un dispositivo óptico según la presente invención, debido a su poca complejidad y reducido tamaño, con una tecnología de fabricación microóptica ya establecida (escritura láser, fotolitografía, fusión o bien fusión de reflujo ("reflow"), moldeado UV a escala de oblea). Estas tecnologías son maduras, de elevada precisión y pueden utilizarse económicamente en la fabricación masiva.

20 **[0025]** Otro aspecto se basa en el conocimiento de que puede lograrse una elevada calidad de la imagen cuando un dispositivo de procesamiento de imágenes incluye un equipo de procesamiento de imágenes para corregir defectos de la imagen y para reconstruir una imagen completa, que está diseñado para realizar la corrección de los defectos de la imagen correspondientes a las distintas reproducciones de todas las matrices de detectores de imagen, independientemente entre sí y en paralelo en el tiempo y para reconstruir una imagen completa a partir de
25 las reproducciones individuales de forma tal que se tenga en cuenta el entrelazado o imbricado de las imágenes individuales.

[0026] Otra ventaja adicional de la presente invención es así que mediante un dispositivo de procesamiento de imágenes con un equipo de procesamiento de imágenes para corregir defectos de la imagen puede lograrse una
30 elevada calidad de la imagen.

[0027] A continuación se describirán más en detalle ejemplos preferentes de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos.

35 **[0028]** Se muestra en:

figura 1 una representación esquemática de un dispositivo de reproducción óptico correspondiente a la invención según un primer ejemplo de ejecución de la presente invención;

40 figura 2 un dibujo de la exploración de un campo de objeto mediante el primer ejemplo de ejecución con retículas de exploración adicionales por canal;

figura 3 una vista en planta esquemática simplificada sobre un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención;

45

figura 4 una representación esquemática de la exploración del campo de objeto mediante un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención, así como una representación del procesamiento previo de la imagen por etapas;

50 figura 5A una vista en planta esquemática sobre una zona parcial de un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención con los canales individuales señalizados mediante cifras;

figura 5B una representación simplificada de la zona del campo de objeto observada desde la zona parcial de la figura 5A;

55

figura 6A una vista en planta esquemática sobre una zona parcial de un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención con campos de transmisión espectrales adicionalmente integrados por canales (patrón de superficie);

figura 6B representación simplificada de una zona del objeto de campo observada desde la zona parcial de la figura 6A;

figura 7A una representación cualitativa de la distorsión en una zona central del campo de objeto de un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención;

figura 7B una representación cualitativa de la distorsión de una zona exterior del campo de objeto de un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención bajo un ángulo de incidencia oblicuo;

figura 8 una representación de la evolución básica de la distorsión positiva en forma de tonel;

figura 9 una representación esquemática de la distorsión de la imagen de una zona de objeto cuadrada en un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención con un objeto de retícula, mostrándose a la derecha un esquema se utiliza un dispositivo de procesamiento para la corrección de distorsiones y como ejemplo comparativo a la izquierda un esquema sin utilizar el mismo;

figura 10 representación del ángulo de incidencia (en grados) del rayo principal del segundo ejemplo de ejecución de la presente invención, así como del rayo principal de un dispositivo de reproducción óptico según un tercer ejemplo de ejecución de la presente invención sobre el plano del sensor de imagen;

figura 11 una representación esquemática de los principios de exploración más importantes del campo de objeto;

figura 12 una vista esquemática en sección de un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención;

figura 13 una vista esquemática en sección de un dispositivo de reproducción óptico según el tercer ejemplo de ejecución de la presente invención;

figura 14 una vista esquemática en sección de un dispositivo de reproducción óptico según un cuarto ejemplo de ejecución de la presente invención;

figura 15 una vista esquemática en sección de un dispositivo de reproducción óptico según un quinto ejemplo de ejecución de la presente invención.

Descripción detallada de los ejemplos de ejecución

[0029] La figura 1 muestra una representación esquemática de un dispositivo de reproducción óptico 1000 según un primer ejemplo de ejecución de la presente invención. El dispositivo de reproducción óptico incluye un panel de microlentes 10 con una primera microlente 10a y una segunda microlente 10b. Bajo el panel de microlentes 10 se encuentra un sensor de imagen 100. Este sensor de imagen 100 incluye una primera matriz de detectores de imagen 30a y una segunda matriz de detectores de imagen 30b. Cada una de ambas matrices de detectores de imagen 30a y 30b incluye una pluralidad de por ejemplo tres detectores de imagen 32a, 32b. La primera microlente 10a está asociada a la primera matriz de detectores de imagen 30a y forma con la misma un primer canal óptico y la segunda microlente 10b está asociada a la segunda matriz de detectores de imagen 30b y forma con ésta un segundo canal óptico. Los puntos centrales 34a y 34b de las matrices de detectores de imagen 30a y 30b están decalados lateralmente respecto a los centros de gravedad de las superficies de las aperturas 13a y 13b de la microlente asociada 10a y 10b o bien de los canales ópticos asociados, proyectados sobre las matrices de detectores de imagen 30a y 30b.

[0030] Partiendo de la descripción de la estructura del dispositivo de reproducción óptico 1000 según el primer ejemplo de ejecución de la presente invención, se describirá ahora la forma de funcionamiento. Un objeto 800 se reproduce mediante ambas microlentes 10a y 10b sobre las matrices de detectores de imagen 30a y 30b asociadas en cada caso. El primer canal óptico y el segundo canal óptico se solapan en sus zonas de captación. Debido al desplazamiento lateral de los puntos centrales 34a y 34b de las matrices de detectores de imagen 30a y 30b respecto a las microlentes 10a y 10b, se reproduce la zona de solape de ambas zonas de captación desplazada sobre los detectores de imagen de las matrices de detectores de imagen 30a y 30b.

[0031] Adicionalmente lleva asociada cada canal óptico una retícula de exploración (ver figura 2),

describiendo una retícula de exploración 810 del primer canal óptico qué puntos de objeto correspondientes a un objeto 800 se reproducirán en qué detectores de imagen de las matrices de detectores de imagen 30a del primer canal óptico y describiendo una retícula de exploración 820 del segundo canal óptico qué puntos de objeto correspondientes al objeto 800 se reproducirán en qué detectores de imagen de las matrices de detectores de imagen 30b del segundo canal óptico.

5 **[0032]** La figura 2 muestra una superficie del objeto 800 con la retícula de exploración 810 del primer canal óptico y la retícula de exploración 820 del segundo canal óptico. La retícula de exploración 810 se ha representado con líneas continuas y la retícula de exploración 820 se ha representado con líneas discontinuas. Los puntos de cruce de las líneas continuas describen las celdas del objeto que se reproducen sobre los detectores de imagen de la matriz de detectores de imagen 30a del primer canal óptico. Los puntos de cruce de las líneas discontinuas describen las celdas del objeto que se reproducen sobre los detectores de imagen de la matriz de detectores de imagen 30b del segundo canal óptico.

10 **[0033]** Las retículas de exploración están elegidas tal que una primera celda 840 del objeto 800 se reproduce sobre un primer detector de imagen de la matriz de detectores de imagen 30a del primer canal óptico y una segunda celda del objeto 850, contigua a la primera celda del objeto 840, se reproduce sobre un primer detector de imagen de la segunda matriz de detectores de imagen 30b del segundo canal óptico. Mediante este "entrelazado" de los canales ópticos puede lograrse una resolución de imagen mayor que en los principios de ojos facetados artificiales conocidos.

20 **[0034]** A continuación se describirán más en detalle otros ejemplos de ejecución de la presente invención en base a las figuras 12-15.

25 **[0035]** Los sistemas de reproducción y captación de imágenes microópticos multicanal según los ejemplos de ejecución de las figuras 12-15 tienen en común las siguientes características: Todos están compuestos por uno o varios paneles de microlentes 10 montados axialmente uno tras otro, que están moldeados sobre una pila de varias capas de sustrato 20, 21, 22 al menos parcialmente transparentes y/o capas de distanciadores 40. La pila de capas completa está montada sobre un sensor de imagen optoelectrónico 100 tal que éste se encuentra en la distancia focal (o bien plano de imagen o plano focal) de la microlente del panel de microlentes 10. El sensor de imagen optoelectrónico se denominará a continuación también abreviadamente "sensor de imagen" o "chip de sensor de imagen". Entre el panel de microlentes 10 y el sensor de imagen optoelectrónico 100 se encuentra al menos una capa de paneles de diafragmas (12, 12') con aberturas transparentes e intersticios opacos (es decir, absorbentes o reflectantes). Otra característica adicional es que se utiliza, asociada a cada microlente del panel de microlentes 10, una matriz de al menos 5 x 5 detectores de imagen compactos (es decir, una matriz de detectores de imagen) 30 del sensor de imagen optoelectrónico 100 para elegir la microimagen que aparece en cada canal. La elección de la imagen incluye en este caso la conversión de la radiación electromagnética presente (luz) en fotocorrientes eléctricas (flujos de electrones). Éstas se eligen fotodiodo a fotodiodo (por píxeles) ordenados en filas y columnas, quedando limitada entonces la resolución de la imagen al tamaño y cantidad de fotodiodos. Puesto que en cada canal aparece una reproducción óptica sencilla, se encuentra cada microimagen invertida y cambiada de lado (ver microimágenes 44a a 44e en la figura 4). Además viene descrita la dirección visual central 400 de cada canal (es decir, la línea de unión entre el vértice de la microlente y el punto central de la matriz de detectores de imagen 30 asociada), así como el tamaño del campo visual abarcado en total mediante un decalaje del centro de la correspondiente microlente respecto a la matriz de detectores de imagen 30 asociada o bien mediante el decalaje del punto central de la matriz de detectores de imagen 30 respecto al centro de gravedad de la superficie de la apertura de la microlente del canal óptico asociado o bien de la microlente asociada proyectado sobre la matriz de detectores de imagen 30. Además determina la extensión de la correspondiente matriz de detectores de imagen 30 junto con la distancia focal de la microlente la zona del campo de objeto que se transmite en el correspondiente canal.

50 **[0036]** Además evita al menos un panel de diafragmas de apertura 11 que la luz penetre a través de los intersticios del panel de microlentes y alcance el sensor de imagen 100 como luz difusa. Esto reduciría además el contraste de la imagen.

55 **[0037]** La utilización de estructuras separadoras de canales (por ejemplo capas de diafragmas horizontales o paredes absorbentes verticales u oblicuas) es recomendable (en algunos casos incluso esencial) para evitar la diafonía óptica, es decir, luz que una microlente reproduce en la zona de la microimagen del canal contiguo (o incluso de canales más alejados). La diafonía óptica origina la superposición de haces de luz, que parten de distintos puntos del objeto, sobre un mismo punto de imagen, lo que reduce el contraste de la imagen. Puesto que cada canal

5 óptico funciona independientemente de los demás, es ventajoso estructurar también las zonas 30 del sensor de imagen optoelectrónico 100 pertenecientes a las correspondientes microimágenes en los correspondientes canales. Esto puede lograrse por un lado mediante la subdivisión física de las zonas de elección del panel de fotodiodos por medio de un sistema electrónico integrado en el chip del sensor de imagen 100 (por ejemplo circuitos eléctricos separados por cada canal, SoC = System on a Chip" = sistema sobre un chip) o también fuera del chip de semiconductores mediante el procesamiento posterior de los datos correspondientemente separado (en la periferia por ejemplo sobre un FPGA o incluso mediante software sobre un PC), que representan respectivas microimágenes. Para el primer método (subdivisión física sobre el chip del sensor de imagen) debe utilizarse un sensor de imagen especialmente adaptado al objetivo. Contrariamente a ello, puede utilizarse para el segundo método un sensor de imagen convencional con el correspondiente hardware y/o software de procesamiento de imágenes posconectado, correspondientemente adaptado. No obstante entonces quedan los píxeles activos en los intersticios entre las microimágenes sobre el sensor de imagen convencional no iluminados y no utilizados. Los mismos pueden servir como máximo para corregir ruidos correspondientes a corrientes oscuras.

15 **[0038]** Las señales elegidas de las microimágenes de los canales contiguos pueden sumarse en hardware o software entre sí para formar la imagen completa (por ejemplo mediante el reconstructor de imagen completa 60 de la figura 4). No es necesario un dispositivo activo de enfoque de las distintas microimágenes debido a la corta distancia focal de la microlente y la gran profundidad de campo (o bien nitidez en profundidad) que ello implica. Además puede corregirse el perfil de la superficie de cada microlente individual del panel de microlentes 10 para su ángulo de incidencia medio (especialmente en cuanto a curvatura del campo de la imagen y astigmatismo). Esto se realiza mediante la adaptación individual de la distancia focal en las direcciones tangencial y sagital, con lo que coinciden las correspondientes superficies de la imagen en el centro de la microimagen en el plano de la imagen. Mediante esta adaptación resultan perfiles de la microlente en el correspondiente panel de microlentes que no corresponden a la simetría a la rotación (anamórfico).

25 **[0039]** Los objetivos de reproducción multicanales (panel de microlentes, capas de distanciadores y diafragmas de apertura) pueden generarse ventajosamente mediante métodos de fabricación microópticos (litografía UV, procesos de fusión (procedimiento de reflujo o "reflow") y moldeo UV, o también escritura láser, tono gris o litografía de dos fotones). Entonces la precisión axial de posicionado del objetivo microóptico es muy alta, ya que puede montarse directa y superficialmente sobre el sensor de imagen optoelectrónico. Las tolerancias axiales resultan en consecuencia debido a las tolerancias en el espesor de la capa (en la zona de los μm). Las tolerancias de montaje laterales vienen determinadas por la precisión de las máscaras, marcas de ajuste y el dispositivo de ajuste en el correspondiente alineador de la máscara (mask aligner) y son de unos pocos μm (por ejemplo 1-2 μm).

35 **[0040]** Según un aspecto de la invención, se diferencia el dispositivo de reproducción óptico correspondiente a la presente invención del estado de la técnica en el campo de los ojos facetados artificiales, tal como se describe por ejemplo en el documento DE 10 2004 003 013.8 y WO 2005/069607, entre otros, por la utilización de una pluralidad de píxeles por canal y la reproducción de pequeñas microimágenes, que a continuación se suman para formar una imagen completa. En lugar de una zona estrictamente limitada del campo de objeto, capta cada canal un campo de objeto varias veces mayor que el descrito en los documentos DE 10 2004 003 013.8 y WO 2005/069607. En cada canal se capta así una microimagen pixelada de una amplia zona del campo de objeto. Las microimágenes pixeladas de los distintos canales están entrelazadas entre sí, con lo que resulta posible una mayor capacidad de resolución total. Además posibilita la utilización de una pluralidad de píxeles por canal el uso de microlentes más grandes, más fáciles de fabricar.

45 **[0041]** Las zonas del campo de objeto captadas en los distintos canales pueden solaparse parcialmente y no obstante los objetos reproducidos sobre los distintos píxeles de los grupos de fotodiodos son predominantemente disjuntos. La razón de ello es que las retículas de exploración de canales contiguos están desplazadas entre sí en múltiplos no enteros del intervalo de exploración (distancia entre dos líneas contiguas de la retícula de exploración) del canal individual, con lo que es posible una densa exploración del campo de objeto en la combinación de canales contiguos pese a la corta distancia focal de las microlentes y al tamaño fijo de los fotodiodos. En particular citemos aquí dos casos de desplazamiento de la retícula de exploración de canales contiguos. La figura 11 muestra esquemáticamente ambos casos. La zona bidimensional explorada (o captada) en el campo de objeto mediante un fotodiodo del sensor de imagen optoelectrónico de un dispositivo de reproducción óptico según un ejemplo de ejecución de la presente invención, se representa en sección mediante una función rectangular. El estilo de línea así como los números caracterizan la asociación de las zonas de exploración a los correspondientes canales. Sin limitar el carácter general, se representan aquí en cada caso cinco fotodiodos (por ejemplo cinco fotodiodos 32a para el tercer canal y cinco fotodiodos 32b para el cuarto canal) por cada canal (N=5, siendo N la cantidad de zonas de exploración o bien fotodiodos por cada canal).

- 5 **[0042]** Los fotodiodos del primer canal están dotados del número 1 y representados mediante una línea de puntos y rayas. Los fotodiodos del segundo canal están dotados del número 2 y representados mediante una línea de trazos cortos. Los fotodiodos 32a del tercer canal están dotados del número 3 y representados mediante una línea continua. Los fotodiodos 32b del cuarto canal están dotados de número 4 y representados por una línea de trazos amplios. Los fotodiodos del quinto canal están dotados del número 5 y representados mediante una línea de trazos densos. Los fotodiodos del sexto canal están dotados del número 6 y representados mediante una línea de trazos densos. Los fotodiodos contiguos de distintos de la canales captan celdas del objeto contiguas correspondientes al objeto captado por el dispositivo de reproducción óptico.
- 10 **[0043]** En el caso 1 están desplazadas entre sí las retículas de exploración de cada dos canales contiguos en la mitad del intervalo de exploración dA de un canal individual (desplazamiento: dV). El desplazamiento dV de la retícula de exploración de uno de los canales del par considerado respecto al correspondiente siguiente canal de un par contiguo es un múltiplo no entero del intervalo de exploración en el canal individual (por ejemplo $(N-1/2) \times dA$, siendo N un número entero). Este caso es relevante para un reducido número de canales ópticos (por ejemplo 2×2 canales) o también para distancias menores al objeto (inferiores a $50 \times$ distancia focal), para garantizar una exploración equidistante sin huecos del campo de objeto. Dicho con otras palabras, tiene lugar un desplazamiento en un múltiplo impar de la mitad del intervalo de exploración de un canal individual.
- 15 **[0044]** El caso 2 muestra un desplazamiento dV de los canales ópticos o bien de los puntos centrales de las matrices de fotodetectores de los canales ópticos en la mitad de la suma total de todos los intervalos de exploración ($N \times dA$) dentro de un canal o bien en la mitad del producto de la cantidad (N) de fotodiodos por el intervalo de exploración (dA) de un canal óptico (por ejemplo $N \times dA/2$), siendo a la vez impar el número de fotodiodos o bien zonas de exploración por cada canal (N). Este caso es relevante para una mayor cantidad de canales, para reducir a la mitad los periodos de exploración en interacción con canales contiguos y evitar entonces tanto huecos de exploración como exploración múltiple. Esta característica tiene varias ventajas. Una primera ventaja es que es posible un acortamiento (por ejemplo reducción a la mitad) de la longitud constructiva (incluso para el sistema multicanal) permaneciendo igual la exploración angular. Esto significa que se mantiene la distancia angular proyectada de retorno mediante el sistema óptico entre dos píxeles contiguos de la imagen completa. Esto es así bajo la hipótesis del mismo diafragmado del objetivo ($F/\#$) e igual tamaño de los fotodiodos que en el estado de la técnica. De la reducción de la longitud constructiva o bien distancia focal de las microlentes resulta la reducción del diámetro de las microlentes en un diafragmado del objetivo constante ($F/\# =$ distancia focal microlente/diámetro microlente). La reducción resultante de las dimensiones laterales del objetivo origina una reducción de costes, ya que puede utilizarse un sensor de imagen optoelectrónico con menor superficie de base. Una ventaja adicional es la superior sensibilidad a igualdad de exploración angular, ya que se realiza la reproducción con una distancia focal inferior de las microlentes sobre un fotodiodo del mismo tamaño. Puesto que acortando la distancia focal respecto a la de los sistemas conocidos, a igualdad de tamaño del fotodiodo, se reduce la capacidad de resolución angular, puede utilizarse un sensor de imagen optoelectrónico con fotodiodos correspondientemente más pequeños, para mantener adicionalmente constante la resolución angular, reduciéndose la sensibilidad de los correspondientes fotodiodos frente a la de fotodiodos más grandes.
- 20 **[0045]** Para mostrar con claridad el entrelazado de los distintos canales ópticos, muestra la figura 5a una vista en planta esquemática sobre una zona parcial 500 de un sistema de reproducción óptico según un ejemplo de ejecución de la presente invención con los canales individuales 10' señalados mediante cifras. En otras palabras, muestra la figura 5a una configuración a modo de ejemplo del panel de microlentes 10' tal como puede estar dispuesto o bien orientado en los ejemplos de ejecución mostrados en las figuras 12-15. Cada canal óptico del sistema de reproducción óptico lleva asociada exactamente una microlente 101-103; 201-203; 301-303, que está dispuesta en el panel de microlentes 10'. El perfil de las microlentes 101-103; 201-203; 301-303 se representa mediante líneas de nivel 510.
- 25 **[0046]** La figura 5B muestra una representación simplificada de una zona del campo de objeto 800' observada desde esta zona parcial. La zona del campo de objeto 800' está dividida en celdas 810, que se reproducen sobre respectivos fotodiodos dentro de un canal individual 10' (mediante una microlente 101-103; 201-203; 301-303 asociada al canal). Para mostrar las retículas de exploración entrelazadas entre sí de los canales individuales, se designa cada celda del objeto con la cifra identificadora característica del correspondiente canal 10' (o bien de la microlente 101-103; 201-203; 301-303) que capta esta celda. En consecuencia puede verse aquí que celdas del objeto contiguas son captadas por fotodiodos de canales ópticos contiguos (o bien microlentes 101-103; 201-203; 301-303). Debido al entrelazado de los canales ópticos es posible que los huecos de exploración de un canal óptico se capten mediante un canal óptico contiguo.
- 30
35
40
45
50
55

[0047] Además es posible realizar con otro ejemplo de ejecución de la presente invención una captación de imagen multiespectral (por ejemplo toma de imagen en colores), pudiendo integrarse los filtros de transmisión especiales necesarios para ello por un lado por píxeles, es decir, sobre los distintos fotodiodos del sensor de imagen optoelectrónico (por ejemplo configuración en el conocido "mosaico Bayer") o por canales, por ejemplo dentro del objetivo de las microlentes o sobre la zona del sensor de imagen asociada. La integración por canales del filtro espectral tiene entonces la ventaja frente a un sistema convencional de reproducción monocanal de que el sistema óptico puede adaptarse adicionalmente a la corrección para el ángulo de incidencia específico del canal también en cuanto a la distribución espectral transmitida específicamente por cada canal. Además no resulta en esta configuración ninguna diafonía de color entre fotodiodos contiguos. De ello resulta por ejemplo un superior brillo de colores de la imagen cuando se utilizan filtros de color en el espectro visual (por ejemplo rojo, verde, azul). Además se acorta la longitud constructiva del sistema de reproducción óptico. Para garantizar en la variante de la integración por canales de los filtros una exploración uniforme del campo de objeto para todos los distintos componentes espectrales, se utiliza un esquema de exploración según la figura 4 y las figuras 6A y 6B.

[0048] La figura 6A muestra una vista en planta esquemática sobre una zona parcial 600 de un dispositivo de reproducción óptico según un ejemplo de ejecución de la presente invención con canales individuales (10') señalados mediante cifras y filtros de transmisión espectrales (patrón de superficie) integrados por canales. La vista en planta mostrada en la figura 6A sobre el dispositivo de reproducción óptico se diferencia así sólo por los filtros de transmisión espectrales sobre los canales ópticos o bien las microlentes 101-103; 201-203; 301-303, asociándose cada patrón de superficie exactamente a un filtro de transmisión espectral, y con ello asociándose cada canal exactamente a un color espectral. Para garantizar una exploración uniforme del campo de objeto para todos los distintos componentes espectrales, pueden poseer distintos canales ópticos el mismo filtro de transmisión espectral. En la figura 6A poseen los canales 101, 103, 301, 303 un patrón de superficie de líneas que discurre oblicuo y con ello un primer filtro de transmisión (por ejemplo para el color rojo), los canales 102 y 302 poseen un patrón de superficie de líneas que discurre recto y con ello un segundo filtro de transmisión (por ejemplo verde), los canales 201 y 202 poseen un patrón de superficie de líneas ondulado y con ello un tercer filtro de transmisión (por ejemplo para el color azul) y el canal 202 posee un patrón de superficie de puntos y con ello un cuarto filtro de transmisión (por ejemplo un filtro de gris).

[0049] La figura 6B muestra una representación simplificada de una zona del campo de objeto 800' observada desde esta zona parcial 600 de la figura 6A. La zona del campo de objeto 800' está dividida en celdas del objeto 810, reproduciéndose una celda del objeto 810 en cada caso (al menos esencialmente) sobre un fotodiodo dentro de un canal individual 10'. Para mostrar las retículas de exploración entrelazadas una en otra de los canales individuales 101-103; 201-203; 301-303, así como para cubrir las celdas del objeto 810 mediante los correspondientes filtros de transmisión, está dotada cada celda del objeto de las cifras identificadoras 101-103; 201-203; 301-303 del correspondiente canal 10' del patrón de filtro (líneas que discurren oblicuas, líneas que discurren rectas, líneas onduladas, de puntos). Las celdas del objeto 810 contiguas son captadas, debido a las retículas de exploración que se encuentran en la zona de profundidad del campo del lado del objeto del dispositivo de reproducción, por canales ópticos contiguos 101-103; 201-203; 301-303. Queda claro que las zonas del campo de objeto captadas por canales contiguos (por ejemplo 101, 102, 201, 202) se solapan parcialmente entre sí tal que en cada caso las informaciones de imágenes directamente contiguas en cada caso (por ejemplo 810a, 810b, 810c, 810d), cuando se compone la imagen completa, se obtienen o bien se filtran mediante distintos filtros de transmisión espectrales (por ejemplo filtro de rojo, filtro de verde, filtro de azul, filtro de gris) para obtener datos espectrales. Las 4 zonas directamente contiguas 810a, 810b, 810c, 810d del campo de objeto 800' forman por ejemplo un grupo 820 que incluye los 4 filtros de transmisión.

[0050] Los datos multiespectrales (por ejemplo un valor de gris por cada color) del correspondiente píxel de imagen o bien de una información de imagen (por ejemplo 810a) pueden interpolarse mediante la interpolación ponderada a partir del valor tomado físicamente de la zona espectral asociada o bien de la información de imagen (por ejemplo 810a) y de los valores de las demás zonas espectrales o bien de las informaciones de imagen (por ejemplo 810b, 810c, 810c) de los píxeles contiguos y/o que están alrededor (por ejemplo 810b, 810c, 810c), estando asociada a cada píxel una zona espectral o bien un filtro de transmisión. La variante de la integración por canal de los filtros de transmisión espectrales, es decir, cada canal incluye un filtro de transmisión propio, incluyendo canales contiguos preferiblemente distintos filtros de transmisión, tiene, contrariamente a la integración de los filtros de transmisión espectrales sobre cada fotodiodo individual, la ventaja de que pueden utilizarse filtros de transmisión más grandes, más fáciles de manejar durante la fabricación. Para la variante aquí mostrada pueden estar integrados los filtros de transmisión espectrales por canal también en la zona del sensor de imagen de los correspondientes canales.

[0051] La figura 12 muestra un dispositivo de reproducción óptico 1200 según el segundo ejemplo de ejecución de la presente invención. Las microlentes de reproducción 10 se encuentran en una configuración de paneles bidimensional (también es posible la configuración unidimensional) sobre una pila de capas de sustrato 20, 21, 22 transparentes o al menos en parte transparentes con un espesor de capa total que corresponde a la distancia focal de las microlentes en el correspondiente material (vidrio, plástico). Sobre la cara posterior de las capas de sustrato transparentes 20, 21, 22 se encuentra (por ejemplo en un plano focal de las microlentes 10) el sensor de imagen optoelectrónico 100 con una pluralidad de fotodiodos 30', que igualmente están dispuestos en un panel bidimensional. Los fotodiodos 30' pueden estar divididos en función de la partición por canales del panel de microlentes igualmente en grupos separados de al menos 5 x 5 fotodiodos 30' para las correspondientes microimágenes de los canales, formando estos grupos en cada caso una matriz de detectores de imagen 30 o bien un panel de fotodiodos 30.

[0052] Bajo el panel de microlentes 10 se encuentra un panel de diafragmas de apertura 11. Entre la capa de sustrato 20 y la capa de sustrato 21 se encuentra un primer panel de diafragmas 12. Un segundo panel de diafragmas 12' se encuentra entre la capa de sustrato 21 y la capa de sustrato 22. El sensor de imagen 100 está fijado a la cara inferior de la capa de sustrato 22. Los puntos centrales de las matrices de detectores de imagen 30 presentan un decalaje del centro respecto a los centros de gravedad de las superficies de las aperturas de las microlentes de los correspondientes canales ópticos, proyectados sobre las matrices de detectores de imagen 30.

[0053] Partiendo de la descripción estructural, se describirá ahora el funcionamiento. La dirección visual central 400 de cada canal viene descrita por el decalaje del punto central de la matriz de detectores de imagen 30 respecto al centro de gravedad de la superficie de la apertura de la microlente correspondiente al respectivo canal óptico proyectado sobre la matriz de detectores de imagen 30.

[0054] La extensión de las correspondientes matrices de detectores de imagen 30 determina, junto con la distancia focal de las microlentes, la zona del campo de objeto que se transmite en el correspondiente canal. Las zonas del campo de objeto captadas por canales contiguos pueden solaparse entre sí, al menos parcialmente, complementándose las dos retículas de exploración bastas de los canales para formar en cada caso una nueva retícula de exploración más densa. Bajo retícula de exploración de un canal considerado se entiende entonces por ejemplo la totalidad de aquellos puntos de objeto de la zona de profundidad de campo (por ejemplo en un plano en la zona de profundidad de campo) del canal considerado que se reproducen sobre los distintos detectores de imagen de la matriz de detectores de imagen 30 del canal considerado. Las figuras 2, 4, así como 5A y 5B muestran esta propiedad de la capacidad de entrelazado de canales contiguos. La utilización del panel de diafragmas de apertura 11 directamente bajo el panel de microlentes 10 se comprueba que es ventajosa para suprimir la luz difusa, que caso contrario incidiría a través de los intersticios de las microlentes. Además se utiliza para los paneles de diafragmas horizontales, de los que al menos hay dos, 12 y 12', material opaco (absorbente o reflectante), para evitar la diafonía óptica entre los canales. Las capas de sustrato transparentes 20, 21, 22 son ventajosamente de vidrio, plástico o copolímero inorgánico (por ejemplo ORMOCER). Adicionalmente a lo aquí mostrado puede estar estructurada una configuración a modo de paneles de filtros de transmisión espectrales (por ejemplo filtros de azul, de rojo, de verde, por canales) directamente entre la capa de paneles de diafragmas 11 y las microlentes 10, para posibilitar una captación de imagen multispectral.

[0055] El dispositivo de reproducción óptico 1200 se caracteriza por su estructura monolítica de capas y la tecnología de fabricación simplificada y la estabilidad que ello implica. El sistema óptico puede fabricarse separadamente del sensor de imagen optoelectrónico 100 y montarse en la etapa siguiente con el mismo a escala de oblea o wafer (muchos sistemas ópticos sobre una oblea en paralelo a muchos sistemas optoelectrónicos sobre otra oblea) mediante marcas de ajuste. Alternativamente pueden cortarse sistemas ópticos individuales a partir del conjunto de obleas ópticas y montarse individualmente sobre los correspondientes sensores de imagen optoelectrónicos. La fijación se realiza por ejemplo mediante pegado, soldadura o bonderizado anódico. Igualmente puede pensarse en una técnica de fabricación híbrida, en la que los componentes ópticos se montan paso a paso sobre la oblea óptica con una pluralidad de sensores de imagen 100. Para mostrar el decalaje de los puntos centrales de las matrices de detectores de imagen 30 respecto a sus microlentes asociadas (o bien respecto a los centros de gravedad de las superficies de las aperturas de las microlentes de los correspondientes canales ópticos o bien de las correspondientes microlentes, proyectados sobre las matrices de detectores de imagen 30), se representa en la figura 3 una vista en planta esquemática simplificada sobre un sistema de reproducción y captación de imágenes bidimensional según el segundo ejemplo de ejecución. Se muestran aquí las microlentes 10 dispuestas a modo de panel, cuyo perfil se representa mediante líneas de nivel, así como los grupos de fotodiodos que se encuentran axialmente debajo, decalados lateralmente (respecto a los centros de gravedad de las superficies de las

aperturas de microlentes de los correspondientes canales o bien de las correspondientes microlentes, proyectados sobre las matrices de detectores de imagen 30) del sensor de imagen optoelectrónico 100.

5 **[0056]** Adicionalmente pueden incluir el segundo ejemplo de ejecución, así como todos los demás ejemplos de ejecución posibles de la presente invención, una unidad 70 para el procesamiento previo electrónico por cada canal de las señales de las microimágenes. Éstas pueden estar integradas a elección en el circuito eléctrico del sensor de imagen optoelectrónico 100 o bien estar posconectadas fuera del sensor de imagen 100.

10 **[0057]** La unidad 70 puede denominarse a continuación también "dispositivo de procesamiento de imágenes".

[0058] A modo de ejemplo se mostrarán a continuación cuatro variantes de una implementación en hardware del dispositivo de procesamiento de imágenes 70, para el procesamiento previo electrónico por cada canal de las señales de las microimágenes en relación con el dispositivo de reproducción óptico:

15 1. El dispositivo de procesamiento de imágenes 70 se encuentra en la periferia fuera del chip de sensores de imagen optoelectrónico 100 (por ejemplo un FPGA que se encuentra sobre la misma placa de circuitos sobre la que se encuentra el chip de sensor de imagen 100) y por lo tanto no sobre el chip del sensor de imagen 100 (en inglés: "off-chip"). El chip del sensor de imagen 100 posee entonces pocas salidas y se emite la matriz de imágenes completa (la totalidad de las informaciones de imagen captadas mediante los detectores de imagen 30' de las matrices de detectores de imagen 30) y a continuación se procesa en común (en serie en el tiempo).

20 2. El dispositivo de procesamiento de imágenes 70 se encuentra en la periferia fuera del chip de sensores de imagen optoelectrónico 100, pero el sensor de imagen 100 posee una pluralidad de salidas (al menos la misma cantidad que la de matrices de detectores de imagen 30). Aquí puede realizarse la corrección de la distorsión y subsiguiente procesamiento previo de la imagen para cada microimagen separadamente y dado el caso en paralelo en el tiempo.

25 3. El dispositivo de procesamiento de imágenes 70 se encuentra sobre el chip de sensores de imagen optoelectrónico 100 (por ejemplo ASIC - circuito eléctrico integrado específico de la aplicación) pero fuera de la zona de la superficie fotoactiva. La matriz de imágenes completa se transfiere desde la zona fotoactiva dentro del chip de sensores de imagen 100 al dispositivo de procesamiento de imágenes 70 y a continuación se procesa en común (en serie en el tiempo).

30 4. El dispositivo de procesamiento de imágenes 70 se encuentra sobre el chip del sensor de imagen optoelectrónico 100 (por ejemplo ASIC) y una parte, precisamente los dispositivos de procesamiento de microimágenes 50, se encuentra en los intersticios de las matrices de detectores de imagen 30. En este caso se realiza una parte del procesamiento de imágenes para cada matriz de detectores de imagen 30 separadamente y en paralelo en el tiempo. Además, mediante la integración de los circuitos eléctricos necesarios en la zona fotoactiva, se ahorra superficie de silicio. Es decir, el procesamiento de microimágenes se realiza separadamente para cada matriz de detectores de imagen 30 mediante dispositivos de procesamiento de microimágenes entre las matrices de detectores de imagen 30 y con ello en paralelo en el tiempo.

35 **[0059]** La corrección por canales de la distorsión puede realizarse sólo en el caso de la ejecución en hardware del dispositivo de procesamiento de imágenes 70 (por ejemplo en un FPGA, ASIC y similares) "en paralelo en el tiempo". La característica "en paralelo en el tiempo" es así opcional. Con miras a una elevada tasa de repetición de imágenes, se prefiere por lo tanto esta forma de ejecución correspondiente a la ejecución en hardware, pero puede realizarse también una corrección basada en software (por ejemplo en un PC conectado).

40 **[0060]** La unidad 70 o bien el dispositivo de procesamiento de imágenes 70 se describirá ahora en base al segundo ejemplo de ejecución. El mismo implementa una corrección electrónica por canales de la distorsión de las microimágenes en hardware y/o en software.

45 **[0061]** Debido a la reproducción y a la incidencia oblicua de la luz mediante un sencillo sistema óptico de reproducción (por ejemplo lentes plano-convexas individuales) se presentan al aumentar el ángulo de incidencia (es decir, en la zona exterior del campo de objeto) distorsiones de imagen crecientes. Esto da lugar a que por ejemplo se reproduzca una zona de objeto cuadrada, bajo incidencia oblicua, en una zona de imagen con forma romboidal.

50 **[0062]** La figura 7A muestra una representación cualitativa de la distorsión en una zona central del campo de objeto del segundo ejemplo de ejecución. Las celdas del objeto que se encuentran en una retícula cuadrada se reproducen bajo un ángulo de incidencia oblicuo en coordenadas de imagen radiales más pequeñas, resultando una

distorsión con forma de tonel.

[0063] La figura 7B muestra que bajo un ángulo de incidencia oblicuo (aquí 38° de ángulo diagonal en el campo de objeto) la distorsión resulta además muy asimétrica. Los efectos se representan en las figuras 7A y 7B 5 amplificados para fines de visualización.

[0064] La figura 8 muestra la evolución básica de la distorsión positiva con forma de tonel. Esto se representa mediante la altura radial del rayo principal en el plano de la imagen ("altura de incidencia real") en función de su ángulo de incidencia en el campo de objeto (EIO = ángulo de incidencia en el campo de objeto; en inglés: AOI = angle of incidence) en comparación con la altura de incidencia paraxial, es decir, ideal sin distorsiones. Se observa claramente cómo la reproducción tiende a inferiores alturas de incidencia al aumentar el ángulo de incidencia. Puesto que los puntos de objeto contiguos que se reproducen sobre las microimágenes de distintos canales deben componerse de nuevo para formar puntos de imagen contiguos en la imagen completa, es recomendable una eliminación de distorsiones de las microimágenes. Caso contrario, como consecuencia de la distorsión creciente en 15 función del ángulo de incidencia para canales en los que los puntos centrales de las matrices de detectores de imagen están desplazados lateralmente respecto a los centros de gravedad de las superficies proyectados sobre las matrices de detectores de imagen 30 de las aperturas de microlentes de los correspondientes canales (los llamados "canales off axis" o bien canales alejados del eje), se producirían hacia el borde de la imagen completa cada vez más decalajes entre las informaciones de imagen y con ello una conexión incorrecta entre las imágenes y una resolución reducida. Las señales de las microimágenes se giran e invierten mediante un componente de hard- y/o software bien directamente en el circuito eléctrico integrado (por ejemplo ASIC, SoC) o posconectado (por ejemplo: FPGA, CPU) y también se eliminan las distorsiones (es decir: se corrige la distorsión, por ejemplo mediante un corrector de distorsiones 50 según la figura 4). Dentro de la misma secuencia, en otras palabras, mediante el corrector de distorsiones 50 pueden corregirse además ruidos de corrientes oscuras ("fixed pattern noise") y la falta de homogeneidad de la intensidad de iluminación ("shading") en las microimágenes. La paralelidad de este procesamiento de la imagen permite (por ejemplo mediante un circuito eléctrico específico de la aplicación (ASIC)) un corto tiempo de cálculo y con ello una elevada tasa de repetición de la imagen completa. 25

[0065] La unidad para corregir la distorsión y para componer la imagen completa a partir de las 30 microimágenes individuales se muestra en la figura 4, así como en la figura 9 y se describirá en detalle a continuación en base a ambas figuras.

[0066] La figura 4 muestra un dispositivo de reproducción óptico según el segundo ejemplo de ejecución con una unidad posconectada (50, 60, 61) para corregir las microimágenes y para reconstruir la imagen completa 300 a partir de las microimágenes. Un objeto 800 que se encuentre en la zona del campo de objeto extensa (por ejemplo en la zona de la profundidad de campo) se capta en función de su tamaño en distintos canales del dispositivo de reproducción óptico. Las zonas del campo de objeto reproducidas mediante las distintas microlentes del campo de microlentes 10 se solapan entre sí al menos parcialmente. No obstante las zonas del objeto (44a a 44e) reproducidas sobre las matrices de detectores de imagen (30a a 30e) son predominantemente disjuntas, es decir, 40 zonas del campo de objeto (44a a 44e) que ya están reproducidas sobre una matriz de detectores de imagen (30a a 30e), no se reproducen preferentemente sobre ninguna otra matriz de detectores de imagen (30a a 30e). La razón de ello es que las retículas de exploración de canales contiguos están desplazadas entre sí por ejemplo en la mitad de la suma total de todas las zonas de exploración (cuando el número de zonas de exploración o bien fotodiodos es impar) dentro de un canal, con lo que resulta posible una densa exploración del campo de objeto pese a la corta 45 distancia focal de las microlentes 10 y del tamaño fijo de los fotodiodos 30'.

[0067] La figura 4 muestra además la representación esquemática del procesamiento previo de las imágenes con un dispositivo de procesamiento de imágenes 70, que es necesario para conformar a partir de las microimágenes tomadas de los grupos de píxeles (30a a 30e) una imagen completa y sin distorsiones 300 de todo el objeto 800. Las distintas microimágenes 30a a 30e se transforman especularmente horizontal y verticalmente (correspondiente a un giro en 180°) en un primer dispositivo de procesamiento 51 ("inversor de microimágenes") del dispositivo de procesamiento de imágenes 70. En un segundo dispositivo de procesamiento 52 ("etapa de eliminación de distorsiones") del dispositivo de procesamiento de imágenes 70 se transforman los valores de píxeles de las microimágenes a partir de su estructura de retícula discreta, mediante una transformación de lugar (por ejemplo transformación lineal en coordenadas x e y) a un plano de coordenadas continuo virtual. Los parámetros de transformación son conocidos a partir de los datos de diseño óptico así como simulaciones, con lo que pueden corregirse distorsiones de imagen debidas a perspectivas, variaciones de la escala de reproducción y defectos de reproducción. Mediante una interpolación adicional se reproducen los valores de píxeles ya sin distorsiones por canales sobre una nueva retícula discreta (x' , y' en 31a a 31e). Las etapas del procesamiento realizadas en los 55

dispositivos de procesamiento 51 y 52 pueden realizarse preferiblemente por canales y por ello en paralelo. Cuando se utiliza un sensor de imagen optoelectrónico adaptado 100, es ventajoso para acelerar el proceso de tratamiento integrar el primer dispositivo de procesamiento 51 así como el segundo dispositivo de procesamiento 52 dentro de un módulo de circuitos eléctricos existente para cada canal directamente sobre el chip del sensor de imagen 100 (por ejemplo ASIC). Para la colocación de los correspondientes circuitos eléctricos se dispone del espacio intermedio ópticamente sin utilizar entre las matrices de detectores de imagen 30 de canales contiguos. La fusión de los valores de píxeles (o bien reconstrucción de la imagen completa) de todas las microimágenes (31a a 31e) tiene lugar a elección más bien en hardware, es decir, electrónicamente en la periferia del chip del sensor de imagen optoelectrónico (por ejemplo: FPGA) o más bien en software, es decir, sólo dentro de una CPU conectada externamente (por ejemplo PC).

[0068] La fusión de los valores de píxeles puede realizarla un tercer equipo de procesamiento 60 ("reconstructor de la imagen completa") del dispositivo de procesamiento de imágenes 70, que reubica los valores de píxeles de las microimágenes sin distorsión 31a a 31e en una matriz de imagen final 300 según un patrón fijo, que viene determinado por el entrelazado de las retículas de exploración de los distintos canales.

[0069] La figura 9 muestra una representación esquemática de la distorsión de una imagen de una zona del objeto cuadrada con un objeto de retícula 800 como consecuencia de la distorsión en la reproducción bajo un ángulo de incidencia oblicuo. El lado izquierdo muestra la reconstrucción de un objeto de retícula 800 como ejemplo comparativo sin el segundo dispositivo de procesamiento 52 para la corrección de distorsiones, mostrando el lado derecho la reconstrucción del objeto de retícula 800 con el segundo dispositivo de procesamiento 52 para corregir las distorsiones.

[0070] En el lado izquierdo se muestra la secuencia de toma de imágenes, inclusive la reproducción mediante el sistema de reproducción y de toma de imágenes multicanal o bien el dispositivo de reproducción óptico y la subsiguiente inversión mediante el dispositivo de procesamiento ("inversor de microimágenes") 51 de las microimágenes (aquí 3 x 3 unidades). Las microimágenes 32 siguen estando distorsionadas al faltar el segundo dispositivo de procesamiento ("etapa de eliminación de distorsiones") 52. Sigue a continuación el desplazamiento virtual (por ejemplo mediante un "compensador de paralajes" 61 del dispositivo de procesamiento de imágenes 70) de las microimágenes 32 entre sí, para compensar el decalaje correspondiente al paralaje independientemente de la distancia al objeto y finalmente realizar la fusión de los valores de píxeles mediante el tercer dispositivo de procesamiento 60 para todas las microimágenes 32 para formar una imagen completa 320. Debido a la distorsión es posible que no conecten entre sí los detalles de las distintas microimágenes y que el objeto 800 no quede suficientemente representado mediante la imagen completa 320.

[0071] Contrariamente a ello, se representa en el lado derecho la secuencia del procesamiento de imágenes con una etapa para corregir la distorsión (etapa de eliminación de distorsiones 52). Las microimágenes 31 así transformadas no tienen distorsiones y dan lugar, tras la compensación del paralaje mediante el compensador de paralajes 61 (desplazamiento virtual de las microimágenes) y la fusión de los valores de píxeles de todas las microimágenes mediante el reconstructor de la imagen completa 60, a una imagen completa 300, que representa con suficiente exactitud el objeto 800.

[0072] Contrariamente al sistema según los documentos US 05696371A y EP 0840502A2, se realiza en el ejemplo de ejecución de la invención una corrección por canal de la distorsión de las microimágenes y una interpolación de los valores de píxeles de las microimágenes, con lo que no se reduce la capacidad de resolución en la imagen completa debido a la segmentación.

[0073] Para posibilitar una corrección adecuada de la distorsión y una reconstrucción de las microimágenes para formar una imagen completa, puede utilizarse un ajuste electrónico de la distancia de trabajo en el espacio del objeto. Cuando se exploran dos puntos contiguos del objeto desde dos canales distanciados lateralmente, se produce, debido al paralaje entre los distintos canales, cuando las distancias al objeto son pequeñas, un decalaje de las informaciones de imagen contiguas. Este decalaje puede corregirse mediante un desplazamiento ("virtual") de las informaciones de imagen parciales. El desplazamiento depende entonces de la distancia al objeto y de la longitud de la base entre los canales (es decir, la distancia entre los puntos centrales de las matrices de fotodetectores de los correspondientes canales). Puesto que la longitud de la base es conocida, puede corregirse electrónicamente a posteriori el decalaje midiendo la distancia al objeto (por ejemplo con un sensor de distancia independiente y adecuado para ello). El sistema óptico de reproducción y captación de imágenes ajusta la imagen completa variando el decalaje virtual de las microimágenes antes de la integración (fusión de las microimágenes para formar una imagen completa) para la correspondiente distancia sin distorsiones y con nitidez (por ejemplo mediante el

compensador de paralajes 61 en la figura 4).

[0074] El ajuste de la distancia de trabajo se realiza en función de la cantidad de píxeles de cada microimagen en etapas discretas. Pero puesto que no obstante para la eliminación de distorsiones de las microimágenes es necesaria una transformación de coordenadas (sobre la microimagen sin distorsiones) y una interpolación (de la intensidad de la señal de la microimagen no distorsionada para posiciones de píxeles discretas), puede realizarse el ajuste de la distancia de trabajo mediante desplazamientos virtuales de subpíxeles también en escalonamientos más finos.

10 **[0075]** En otras palabras, puesto que para pequeñas distancias al objeto (inferiores a 100 x la distancia focal) resulta un decalaje del ángulo visual (paralaje) entre las zonas del campo de objeto que se solapan parcialmente en microimágenes contiguas, debe tenerse en cuenta el mismo al fusionar las microimágenes, para garantizar una conexión uniforme de los microdetalles. Cuando se conoce la distancia (media) al objeto (ésta puede determinarse por ejemplo mediante una fuente de sensor externa en el compensador de paralajes 61, similarmente a en una
15 cámara de buscadores de medida), se modifica el algoritmo de clasificación en el reconstructor de la imagen completa 60 (en la reconstrucción de la imagen completa), decalando lateralmente entre sí virtualmente las microimágenes de los canales individuales según una tabla de valores. Esto puede realizarse en un escalonamiento a nivel de píxel o también de manera más fina mediante una interpolación de subpíxeles. En el borde de la imagen completa 30 aparecen, debido al entrelazado de las retículas de exploración, "valores de píxel vacíos", ya que las
20 correspondientes celdas del campo de objeto serían captadas por los canales contiguos faltantes que se encuentran más allá del borde del panel de microlentes 10.

[0076] La figura 13 muestra un dispositivo de reproducción óptico 1300 según un tercer ejemplo de ejecución de la presente invención. El dispositivo de reproducción óptico 1300 incluye un sensor de imagen 100 con por
25 ejemplo cinco matrices de detectores de imagen 30. En el lado orientado hacia el objeto (o bien por encima) del sensor de imagen 100 se encuentra una capa de sustrato transparente 22, sobre la que se encuentra un primer panel de diafragmas 12'. Por encima del primer panel de diafragmas 12' se encuentra otra capa de sustrato transparente 21, por encima de la que se encuentra un segundo panel de diafragmas 21. Por encima del segundo
30 panel de diafragmas 12 está dispuesta una capa de distanciadores 40 e invertido en esta capa de distanciadores 40 se asienta el panel de microlentes 10, es decir, los lados planos de las microlentes del panel de microlentes 10 están orientados en dirección al objeto, mientras que los lados curvos de las microlentes están orientados en dirección hacia el sensor de imagen 100. Sobre la cara superior del panel de microlentes 10 está dispuesto un primer panel de diafragmas de apertura 11. Por encima del primer panel de diafragmas de apertura 11 está dispuesta otra capa de sustrato 20, que sobre su cara superior tiene un segundo panel de diafragmas de apertura 11'. Por encima del
35 segundo panel de diafragmas de apertura 11' está dispuesta una capa de filtros 200.

[0077] A continuación se describirán el funcionamiento y las ventajas del dispositivo de reproducción óptico 1300 según el tercer ejemplo de ejecución. Puesto que en el dispositivo de reproducción óptico 1300 el campo de microlentes 10 está colocado con al menos una capa de sustrato 20 invertido sobre un distanciador 40 con la pila de
40 capas de sustrato transparentes 21, 22 situada abajo, puede separarse correspondientemente el segundo panel de diafragmas de apertura 11' de las lentes y encontrarse sobre la cara frontal de la capa de sustrato transparente 20. Esto tiene las siguientes ventajas frente al dispositivo de reproducción óptico 1200 según el segundo ejemplo de ejecución.

45 **[0078]** Una primera ventaja es que mediante la posición antepuesta del segundo panel de diafragmas de apertura 11' junto con una lente plano-convexa, pueden compensarse parcialmente defectos ópticos de reproducción (en particular coma, astigmatismo y el efecto del campo de imagen), lo cual en otro caso exigiría una mayor cantidad de elementos ópticos (lentes) dentro de cada canal individual. Otra ventaja adicional es que la luz
50 410 que ha de reproducirse a partir de un ángulo de incidencia grande mediante el objetivo, se refracta antes de alcanzar la superficie de la lente propiamente dicha a través de la capa de filtros 200 hasta la capa de sustrato 20. Al ser el índice de refracción de la capa de sustrato 20 superior al del entorno, atraviesan los rayos el perfil de las lentes bajo ángulos inferiores, lo que origina una reducción de los defectos ópticos de reproducción (aberraciones).

[0079] Además aparecen en el segundo ejemplo de ejecución, en función del ángulo visual en el campo de objeto, ángulos de incidencia de los rayos principales casi igual de grandes sobre el plano de la imagen (ver figura
10). Esto da lugar, sobre todo para un gran ángulo de incidencia, a separaciones debido a la estructura tridimensional de los píxeles del sensor de imagen optoelectrónico 100, así como a diafonía entre los fotodiodos 30' contiguos. Estos efectos reducen la intensidad de iluminación relativa, así como el contraste en la imagen. Por el contrario, en el tercer ejemplo de ejecución inciden los rayos principales de los campos centrales (celdas del objeto

del campo de objeto que son captadas por los fotodiodos en el centro de la correspondiente matriz de detectores de imagen 30) en cada canal bajo un pequeño ángulo sobre las superficies fotoactivas del sensor de imagen optoelectrónico 100, lo cual repercute ventajosamente sobre la intensidad relativa de la iluminación.

5 **[0080]** La figura 10 muestra el ángulo de incidencia en grados del correspondiente rayo principal sobre el plano del sensor de imagen, representado en función de la coordenada radial normalizada en el plano del sensor de imagen para un sistema multicanal de reproducción y toma de imágenes con ángulo de campo visual completo de 75°. La serie de datos 1 se obtuvo con el segundo ejemplo de ejecución y la serie de datos 2 se obtuvo con el tercer ejemplo de ejecución.

10

[0081] Además, puesto que el panel de microlentes 10 está montado invertido, puede integrarse sobre la cara anterior un filtro óptico 200 (por ejemplo un filtro de bloqueo de IR para aplicaciones con la luz visible) y/o una configuración de paneles de filtros de transmisión espectrales (por ejemplo filtros de color por canales rojo, verde, azul), ya que la cara anterior del panel de microlentes 10 está configurado plano. Además, puede servir la superficie límite plana como antirreflectante (por ejemplo recubrimiento AR) y para proteger el segundo panel de diafragmas de apertura 11' que va a continuación frente a influencias del entorno (por ejemplo recubrimiento antiarañazos). Alternativamente puede estar estructurada la configuración de paneles de los filtros de transmisión espectrales (por ejemplo filtros de color por canales rojo, verde y azul) directamente entre el primer panel de diafragmas de apertura 11 y el panel de microlentes 10.

20

[0082] Los distanciadores 40 realizados como panel se recomienda que estén compuestos bien por material opaco (por ejemplo plástico, silicio muy mordentado) o bien por materiales transparentes (por ejemplo plástico, vidrio o polímero inorgánico orgánico (por ejemplo ORMOCER). Los intersticios contienen un material con un índice de refracción más bajo que las microlentes (por ejemplo aire, aire evacuado, nitrógeno o similar), para lograr el enfoque mediante las lentes. Cuando se utiliza un material transparente para el distanciador 40, es necesaria en algunos casos la segunda capa de paneles de diafragmas 12 sobre la cara anterior del sustrato 21, para evitar la diafonía óptica entre los canales. El primer panel de diafragmas 12' es necesario adicionalmente en algunos casos por la misma razón, pudiendo alojarse además paneles de diafragmas adicionales para minimizar aún más la diafonía entre los canales. Al igual que en el segundo ejemplo de ejecución, son adecuadas alternativamente paredes verticales oblicuas de material opaco (por ejemplo material absorbente de la luz o silicio muy mordentado) en vez de los paneles de diafragmas horizontales 12, 12' para suprimir la diafonía óptica, pero ello implica tecnológicamente mayor coste. En el caso de la estructura vertical de separación de canales, pueden suprimirse las capas de sustrato 21, 22, siempre que las estructuras de separación de canales axiales sean un armazón estable para montar el panel de microlentes 10 y la capa de sustrato 20. Los haces de luz se enfocan entonces axialmente según las microlentes 35 10 en el correspondiente medio de relleno (por ejemplo aire, aire evacuado, nitrógeno o similar).

[0083] Las cavidades originadas por la estructura invertida y los distanciadores 40 implican una técnica de estructuración y unión diferente a la del ejemplo de ejecución 2. La pila formada por la capa de filtros 200, capa de sustrato 20, paneles de diafragmas de apertura 11, 11' y microlentes 10, puede fabricarse separadamente de la pila de distanciadores 40 de las capas de sustrato 21, 22 con sus capas de diafragmas 12, 12'. Ambos componentes pueden entonces ajustarse y unirse entre sí con precisión mediante marcas a escala de oblea (por ejemplo pegando, soldando o mediante bonderizado anódico). El objetivo de las microlentes completo puede entonces ajustarse y bonderizarse a elección a escala de oblea o en objetivos individuales cortados sobre el sensor de imagen optoelectrónico 100. Alternativamente pueden montarse los componentes ópticos por etapas o por capas sobre la oblea óptica con la pluralidad de sensores de imagen.

[0084] Para aumentar la transmisión de la luz útil a través del objetivo de las microlentes, es ventajoso un recubrimiento antirreflectante sobre las superficies curvadas de la microlente 10, así como sobre la superficie frontal de la capa de sustrato 21.

50

[0085] La figura 14 muestra una imagen de un dispositivo de reproducción óptico 1400 según un cuarto ejemplo de ejecución de la presente invención. En la estructura mostrada en la figura 14 se utilizan tres paneles de microlentes 10, 101, 102 uno tras otro en una configuración aproximadamente simétrica alrededor del panel de diafragmas de apertura 11'. También es posible utilizar más de tres paneles de microlentes. El primer panel de microlentes 10, compuesto por lentes plano-convexas, se encuentra por encima (en un lado orientado hacia el objeto) de una delgada capa de sustrato 20, estando estructurado entre la capa de sustrato 20 y el panel de microlentes 10 un panel de diafragmas de apertura 11. Debajo de la capa de sustrato delgada 20 se encuentra un segundo panel de microlentes 101, cuyas lentes están diseñadas aquí plano-cóncavas. Sobre la cara superior de la siguiente capa de sustrato 21, es decir, entre la capa de sustrato 21 y el panel de microlentes 101, se encuentra un

panel de diafragmas de apertura 11', que representa en cada canal el diafragma de apertura del sistema propiamente dicho. La capa de sustrato 21 con el panel de diafragmas de apertura 11' frontal (orientado hacia el objeto) está unida directamente con la capa restante del panel de microlentes sobre la cara posterior (opuesta al objeto) de la capa de sustrato 20, con lo que resulta un objetivo de reproducción monolítico. Sobre la cara posterior de la capa de sustrato 21 se encuentra otra capa de diafragmas horizontal 12, que sirve para suprimir la diafonía óptica. Otro panel de microlentes plano-convexo 102 está moldeado sobre la cara posterior de la capa de sustrato 21. La pila de capas que así resulta se fija mediante estructuras distanciadoras axiales 41 sobre el sensor de imagen optoelectrónico 100. Los distanciadores 41 están realizados en el borde del objetivo multicanal. No obstante, los distanciadores 41 pueden estar realizados también por canales. Como material para los distanciadores 41 puede utilizarse en particular vidrio, plástico o metal. El material debe ser opaco o volverse opaco en las siguientes etapas del montaje (por ejemplo ennegrecerse con material absorbente de la luz cuando se utiliza vidrio). El correspondiente grupo de fotodiodos 30 posee, respecto a las microlentes asociadas de los paneles de microlentes 10, 101, 102, un decalaje lateral (distanciamiento o "pitch"), que predetermina la dirección media de observación (rayo óptico que a través de la microlente incide sobre el fotodiodo o bien los fotodiodos en el punto central de la correspondiente matriz de fotodiodos 30) del correspondiente canal en el campo de objeto.

[0086] Partiendo de la descripción de la estructura, se describirán ahora el funcionamiento y las ventajas del dispositivo de reproducción óptico 1400 según el cuarto ejemplo de ejecución. Los distintos paneles de microlentes 10, 101, 102 pueden estar moldeados a partir de diversos materiales (diversos vidrios, plásticos, polímeros inorgánicos orgánicos, etc.), para corregir por ejemplo defectos cromáticos de reproducción debidos a las distintas características de dispersión de los materiales. Además, pueden estar diseñados uno o varios de los paneles de microlentes 10, 101, 102 como panel de elementos acromáticos. Mediante los distanciadores axiales opacos 41 montados en el borde del objetivo, quedan protegidos tanto el sistema de reproducción multicanal como también las zonas fotosensibles del sensor de imagen fotoelectrónico 100 frente a la luz difusa que incide lateralmente. Además, alternativamente pueden también presentar los paneles de microlentes 10, 101, 102 una distancia entre centros distinta entre sí, con lo que las líneas de unión 1410 entre los vértices 1420 de las distintas microlentes de 10, 101, 102 entre canales contiguos abarcan un ángulo y no son paralelas como en el dispositivo de reproducción óptico 1400 según la figura 14.

[0087] Mediante la estructura descrita resulta en cada canal un pequeño microobjetivo, que reproduce una imagen del correspondiente segmento del objeto o detalle del objeto asociado sobre el grupo de fotodiodos 30 del sensor de imagen optoelectrónico 100 asociado al mismo. Entonces no se utiliza explícitamente ninguna reproducción de dos etapas con imágenes intermedias para obtener una longitud constructiva del objetivo completo lo más pequeña posible. La configuración de los tres paneles de microlentes 10, 101, 102 de la figura 14 es ventajosa para reducir dentro de cada canal individual los defectos ópticos de reproducción (como distorsión, defectos cromáticos y coma) y aumentar así la capacidad de resolución óptica frente a los otros ejemplos de ejecución. Sobre todo se corrige en gran parte con este cuarto ejemplo de ejecución la distorsión con forma de tonel, con lo que ya no se reduce la capacidad de resolución de la imagen completa para grandes ángulos del campo de objeto como consecuencia de las distorsiones. Debido a la mayor complejidad es posible además aumentar la intensidad óptica de la luz (reducción del diafragmado del objetivo).

[0088] En la figura 15 se muestra un dispositivo de reproducción óptico 1500 según un quinto ejemplo de ejecución de la presente invención. El dispositivo de reproducción óptico 1500 incluye, contrariamente a en el cuarto ejemplo de ejecución, un panel de microlentes en la cara superior de una capa de sustrato 20, que está configurado como un panel de superficies de forma libre refractivas 10, así como un panel de microlentes en la cara posterior de una capa de sustrato 21, que está configurado como un panel de superficies de forma libre refractivas 102. Bajo panel de superficies de forma libre refractivas se entiende aquí en general un panel de microlentes en el que los distintos parámetros de las lentes (es decir, también la forma y tamaño de la apertura) son diferentes de un canal a otro (o bien de superficie de forma libre a superficie de forma libre). El primer campo de superficies de forma libre refractiva 10 y el correspondiente campo de diafragmas de apertura 11 se encuentran por encima de la capa de sustrato delgada transparente 20. Sobre la cara posterior de la capa de sustrato 20 se encuentra un panel de microlentes plano-cóncavo 101. Sobre la cara frontal de la capa de sustrato siguiente en dirección axial 21 se encuentra un panel de diafragmas de apertura 11'. La capa de sustrato 21 con el panel frontal de diafragmas de apertura 11' está unido directamente con la capa restante del panel de microlentes 10 sobre la cara posterior de la capa de sustrato 20, con lo que resulta un objetivo de reproducción monolítico. Sobre la cara posterior de la capa de sustrato 21 se encuentra una capa de diafragmas horizontal 12, que sirve para suprimir diafonías ópticas, y el segundo panel de superficies de forma libre refractivas 102. Los diversos paneles de microlentes (o bien paneles de forma libre refractivos) 10, 101, 102 pueden estar compuestos por diversos materiales (diversos vidrios, plásticos, copolímeros inorgánicos-orgánicos), para por ejemplo corregir defectos cromáticos de reproducción debido a las

distintas características de dispersión de los materiales. Además puede(n) estar diseñado(s) uno o varios de los paneles de microlentes (o bien campos de superficies refractivas de forma libre) 10, 101, 102 como panel de elementos acromáticos. El objetivo de reproducción multicanal se fija mediante estructuras distanciadoras axiales 41 sobre el sensor de imagen optoelectrónico 100. Estos distanciadores 41 están realizados en el borde del objetivo 5 multicanal, pero también pueden estar realizados a elección por canales. Como material puede utilizarse en particular vidrio, plástico o metal. El material debe ser opaco o volverse opaco en las siguientes etapas del montaje (por ejemplo ennegrecimiento con polímero absorbente de la luz cuando se utiliza vidrio).

[0089] Bajo punto focal se entiende aquí para lentes esféricas y superficies refractivas de forma libre en 10 general el punto en el que se concentra la luz incidente normal (por ejemplo normal a una superficie principal del sensor de imagen 100).

[0090] Mediante el distanciador axial opaco 41 montado en el borde del objetivo, quedan protegidos tanto el 15 sistema de reproducción multicanal como también las zonas fotosensibles del sensor de imagen optoelectrónico 100 frente a la luz difusa que incide lateralmente. El correspondiente grupo de fotodiodos 30 tiene respecto a las microlentes asociadas o bien superficies de forma libre refractivas de los paneles de microlentes o bien paneles de superficies de forma libre refractivas 10, 101, 102 un decalaje lateral (distanciamiento o "pitch") que predetermina la dirección media de observación del correspondiente canal en el campo de objeto.

20 **[0091]** Partiendo de la estructura se describirán ahora el funcionamiento y las ventajas del quinto ejemplo de ejecución. El dispositivo de reproducción óptico 1500 mostrado en la figura 15 según el quinto ejemplo de ejecución posee respecto al dispositivo de reproducción óptico 1400 mostrado en la figura 14 según el cuarto ejemplo de ejecución un factor de llenado óptico mayor. Esto se logra utilizando al menos una configuración de paneles de superficies conformadas refractivas (en el dispositivo de reproducción óptico 1500 de la figura 15 se utilizan por 25 ejemplo dos paneles de superficies de forma libre refractivas: el primer panel de superficies de forma libre refractivas 10 y el segundo panel de superficies de forma libre refractivas 102) como sustitutivo del correspondiente panel de microlentes. La extensión lateral de estas superficies de forma libre dentro de cada canal no es sustancialmente mayor que la zona iluminada, perteneciente al correspondiente grupo de fotodiodos, de una microlente mayor (completa) que una superficie de forma libre. Por esta razón pueden estar dispuestos los grupos de fotodiodos 30 (matrices de fotodiodos 30) muy compactos uno junto a otro, lo cual implica una superficie activa del sensor de imagen optoelectrónico 100 menor que cuando se utiliza una microlente y con ello una reducción de los costes de fabricación del sensor de imagen optoelectrónico 100.

35 **[0092]** Al igual que en el dispositivo de reproducción óptico 1400 según el cuarto ejemplo de ejecución, se utiliza también en el dispositivo de reproducción óptico 1500 según el quinto ejemplo de ejecución una configuración casi simétrica axialmente alrededor del panel de diafragmas de apertura 11' con las ventajas citadas en el cuarto ejemplo de ejecución para aumentar la capacidad de resolución óptica. La distorsión puede reducirse fuertemente en la configuración mostrada ante todo mediante la estructura óptica simétrica axial dentro de cada canal. Como consecuencia de las optimizaciones de la corrección por canal de defectos de reproducción bajo una incidencia 40 oblicua de la luz, se prefiere una adaptación independiente de los parámetros tangencial y sagital de las microlentes. La reproducción mediante respectivas superficies de forma libre refractivas (y con ello anamórficas) por cada canal genera desde luego diferentes escalas de reproducción en las direcciones tangencial y sagital, lo cual origina una distorsión monoaxial de cada microimagen. Esta distorsión puede corregirse ventajosamente mediante la transformación de lugar por canales y la interpolación de los valores de píxel (por ejemplo utilizando un segundo 45 dispositivo de procesamiento 52 según la figura 4), para garantizar una conexión (unión adecuada) de los detalles de la imagen de canales ópticos contiguos y con ello una elevada capacidad de resolución en la imagen completa. Alternativamente puede utilizarse, tal como se muestra en la figura 15, una segunda superficie de forma libre refractiva por cada canal, para simultáneamente con la corrección por canales de defectos de reproducción bajo una incidencia oblicua de la luz, corregir también ópticamente la variación de la escala de reproducción en las 50 direcciones tangencial y sagital.

[0093] Las superficies de forma libre refractivas 10, 102 pueden describirse por canales al menos aproximadamente mediante segmentos de una microlente bicónica mayor (es decir, microlentes que presentan dos perfiles esféricos con distinta conicidad a lo largo de dos secciones perpendiculares a través del perfil de la 55 superficie). El perfil de la superficie de una lente bicónica no es así en general simétrico a la rotación, sino anamórfico. La descripción matemática exacta de sus perfiles superficiales distintos por canales se realiza mediante un desarrollo polinómico de la altura axial de la flecha en función de las coordenadas bidimensionales con respecto a un punto de referencia. Debido a las transiciones discontinuas de la estructura entre los canales contiguos, se necesitan para estas superficies de forma libre refractivas dispuestas a modo de paneles procedimientos de

fabricación como lápices de laser, tono gris o litografía de dos tonos, así como alternativamente estampación en caliente o en vidrio. Alternativamente puede servir un mecanizado de ultraprecisión para fabricar una pieza maestra para las correspondientes herramientas de moldeo.

5 **[0094]** Además pueden utilizarse ejemplos de ejecución distintos de los ejemplos de ejecución mostrados hasta ahora. Así en otro ejemplo de ejecución pueden diferenciarse entre sí por ejemplo las microlentes dentro de la configuración de paneles en al menos uno de sus parámetros de estructura (por ejemplo forma de la superficie de base, diámetro, altura de la flecha, radio de curvatura, distancia al centro y otros). Además es posible que en particular los perfiles de la superficie de las microlentes sean esféricos, tóricos (es decir, dos radios de curvatura
10 esféricos a lo largo de dos secciones perpendiculares), bicónicos (es decir, dos perfiles esféricos con distinta conicidad a lo largo de dos secciones perpendiculares) o esféricos. Además pueden estar constituidas las microlentes como superficies ópticas refractivas de forma libre. Las microlentes son en general refractivas, pero en otro ejemplo de ejecución pueden ser también difractivas o bien de una forma mixta entre ambas. Además es posible que las distintas microlentes de los paneles de microlentes estén configuradas como acromáticos, para
15 minimizar los defectos longitudinales de color y transversales de color. Además es posible que el panel de microlentes o los campos de microlentes, así como eventualmente otras superficies límite entre materiales, estén dotados de distintos índices de refracción con capas que reducen la reflexión (recubrimiento AR).

[0095] Otra posibilidad adicional de corrección de distorsiones en hardware es la variación de las distancias físicas de los centros de los fotodiodos 30' en el sensor de imagen optoelectrónico 100. La distorsión específica de cada canal puede así corregirse mediante un sensor de imagen 100 adaptado para el sistema óptico con una variación en función del canal de la configuración de los fotodiodos 30' dentro de la zona de las microimágenes. La configuración específica por cada canal de los fotodiodos 30' puede para ello determinarse a partir de los datos de diseño del sistema óptico y en particular de la evolución de la distorsión por canal (ver figura 8).
25

[0096] Además es posible que si los grupos de fotodiodos 30 están dispuestos sobre el sensor de imagen optoelectrónico 100 en una distribución hexagonal, cuadrada, rectangular o de otro tipo, también las microlentes 10 asociadas estén dispuestas en una distribución hexagonal, cuadrada, rectangular o de otro tipo.

30 **[0097]** Resumiendo, puede decirse que los ejemplos de ejecución según la presente invención son un sistema multicanal de reproducción y captación de imágenes. Un sistema de reproducción y captación de imágenes según la presente invención está compuesto por uno o varios paneles de microlentes y un panel de detectores de imagen, que en cada canal capta una zona parcial del campo de objeto, lo reproduce y a partir de las señales electrónicas/digitales de todos los canales individuales compone una imagen completa del campo de objeto extenso.
35 El sistema es completamente autónomo en la reproducción y no tiene que combinarse con otros sistemas ópticos. Esto se contrapone a los paneles de microlentes sobre los correspondientes fotodiodos de sensores de imagen, que no sirven como tal reproducción, sino que sólo sirven concentrando la luz para aumentar el factor óptico de llenado. Respecto al estado de la técnica conocido, resultan así entre otras las siguientes ventajas. La técnica de estructuración y de unión puede realizarse en su mayor parte (componentes ópticos para capas de distanciadores, objetivo multicanal para el sensor de imagen optoelectrónico) para numerosos sistemas en paralelo a la escala de oblea (wafer). La precisión de este procedimiento se encuentra, debido a la utilización de un apoyo óptico al ajuste mediante marcas de ajuste, en la gama de los μm . Debido a ello se reduce claramente la proporción de montaje manual y el tiempo de montaje por cada módulo, lo cual origina ventajas en cuanto a costes. Otra ventaja adicional es que la utilización de varios píxeles por canal y de un principio de exploración especialmente adaptado permite,
40 respecto a los ya conocidos ojos facetados en yuxtaposición artificiales, una capacidad de resolución de imagen bastante superior a igualdad de superficie de base de los sensores, o incluso con una menor. Por esta razón se reducen los costes de fabricación del sensor de imagen optoelectrónico y con ello los costes de fabricación del sistema completo. Otra ventaja adicional es que la utilización de un procesamiento previo de señales por canal, en particular para corregir la distorsión óptica dentro de cada microimagen, posibilita la segmentación del campo de objeto sin reducción de la capacidad de resolución en el campo completo, resultando una microimagen al reproducir una zona parcial del campo de objeto mediante una microlente sobre una matriz de detectores de imagen. Además y debido al reparto de la reproducción del campo de objeto entre múltiples canales ópticos separados, es posible acortar la longitud constructiva del sistema óptico, siendo pese a ello posible captar una gran zona del campo de objeto (en particular se incrementa el tamaño del campo de objeto que puede abarcarse con el número de canales y
50 el tamaño lateral del sistema, pero es independiente de la longitud constructiva). Además se reproduce un gran campo de objeto con una capacidad de resolución casi constante en todo el campo, aún cuando por cada canal se utiliza un sistema óptico sencillo (fácil de fabricar). Además es posible una fabricación y montaje económicos del objetivo de reproducción, pero también una técnica eficiente en costes de estructuración y de unión con el sensor de imagen optoelectrónico mediante procesos de fabricación semejantes a la técnica de estructuración de
55

semiconductores a escala de oblea. Otra ventaja adicional es el aumento de la capacidad de resolución de imágenes (hasta aprox. 1000 x 1000 píxeles o incluso más) utilizando varios píxeles por cada canal junto con las configuraciones ópticas para la corrección por cada canal de defectos de reproducción (en particular coma, astigmatismo, abombamiento del campo de la imagen). Mediante la utilización adicional del procesamiento previo de imágenes por cada canal para corregir distorsiones, resulta posible una conexión sin errores de los detalles de las microimágenes. Además posibilita un dispositivo de reproducción óptico según la presente invención un aumento del cociente entre la capacidad de resolución de la imagen y la superficie necesaria para el sensor de imagen optoelectrónico y con ello una reducción de los costes del sistema completo. Además, mediante una variación adecuada de la estructura óptica (ver el tercer ejemplo de ejecución), se reduce la caída creciente hacia el borde de la luminosidad de la imagen. Adicionalmente se ofrece la posibilidad de la integración sencilla de filtros de transmisión espectrales (por ejemplo filtros de bloqueo IR y/o filtros de color).

[0098] A continuación se muestran gamas de parámetros a modo de ejemplo para todos los ejemplos de ejecución. El diámetro típico de las microlentes puede encontrarse en la gama de 10 µm hasta 1 mm, pudiendo encontrarse la distancia focal de la microlente típicamente en la gama de 30 µm hasta 3 mm. En el panel bidimensional puede ser la cantidad de microlentes o canales típicamente de 4 hasta 250000, mientras que en el panel monodimensional puede ser típicamente de 2 a 1000. Debido a las ventajas que posee un dispositivo de reproducción óptico según la presente invención, resulta una longitud constructiva completa del sistema óptico de reproducción típicamente del orden de magnitud de 50 µm hasta 4,5 mm. La resolución de la imagen completa de un dispositivo de reproducción óptico según la presente invención se encuentra típicamente entre 10000 píxeles y 10 Megapíxeles.

[0099] Un panel de microlentes de reproducción (por ejemplo sobre un sustrato delgado con capas de diafragmas) sobre un sensor de imagen según un ejemplo de ejecución de la presente invención, puede diferenciarse inequívocamente del sistema óptico tradicional monocanal (la estructura es aquí típicamente híbrida, ya que la lente se fabrica separadamente (moldeo por inyección) y se aloja con el sensor de imagen en una carcasa común).

[0100] Al ser posible una forma constructiva ultracompacta y al tener potencialmente una tecnología de fabricación económica, están predestinados los sistemas multicanal de reproducción y captación de imágenes, según la presente invención, para su utilización en productos de la electrónica de entretenimiento (ordenador portátilordenador portátil, consolas de juegos, juguetes) y sobre todo para su utilización en aparatos portátiles (teléfono móvil, PDA y otros). Existen otros campos de aplicación en la sensórica (por ejemplo sensores a modo de cámara, sensores reproductores de imagen en la técnica de fabricación), en la técnica del automóvil (por ejemplo sensores ópticos de seguridad en el interior del automóvil, sistemas de asistencia en ruta, como cámara para la marcha atrás, detección del carril de tráfico, etc.), en la vigilancia de seguridad (por ejemplo cámaras de entorno con amplio campo visual junto a o dentro de edificios, museos, objetos), en la robótica (por ejemplo como sensor óptico para la navegación, control óptico de pinzas o cucharas o dispositivos para agarrar piezas) y en la técnica médica (por ejemplo utilización en procedimientos de diagnóstico con reproducción de imágenes, endoscopia).

[0101] Los ejemplos de ejecución del procedimiento pueden complementarse en todos los aspectos y funcionalidades de los dispositivos correspondientes a la invención.

[0102] Aún cuando se han descrito algunos aspectos relativos a un dispositivo, se entiende que estos aspectos también representan una descripción del correspondiente procedimiento, por lo que ha de entenderse un bloque o un componente de un dispositivo también como la correspondiente etapa del procedimiento o como una característica de una etapa del procedimiento. Análogamente a ello, significan aspectos descritos en relación con una etapa o como una etapa del procedimiento también una descripción del correspondiente bloque o detalles o características del correspondiente dispositivo.

[0103] En función de determinadas exigencias de implementación, pueden estar implementados ejemplos de ejecución de la invención en hardware o en software. La implementación puede realizarse utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disquete, un DVD, un Blu-ray disc, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, un disco duro o una de sus memorias magnéticas u ópticas, sobre la que están memorizadas señales de control legibles electrónicamente, que interactúan o pueden interactuar con un sistema de ordenador programable tal que se ejecuta el correspondiente procedimiento. Por ello puede tratarse de un medio de memoria legible por ordenador. Algunos ejemplos de ejecución según la invención incluyen por lo tanto un soporte de datos que presenta señales de control legibles electrónicamente, que pueden interactuar con un sistema de ordenador programable tal que se ejecuta uno de los procedimientos aquí descritos.

5 **[0104]** En general pueden estar implementados ejemplos de ejecución de la presente invención como producto de programa de ordenador con un código de programa, pudiendo ejecutar el código de programa uno de los procedimientos cuando corre el producto de programa de ordenador sobre un ordenador. El código de programa puede estar memorizado por ejemplo también sobre un soporte legible por máquina.

10 **[0105]** Otros ejemplos de ejecución incluyen el programa de ordenador para realizar uno de los procedimientos aquí descritos, estando memorizado el programa de ordenador sobre un soporte legible por máquina.

15 **[0106]** En otras palabras, un ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención es así un programa de ordenador que presenta un código de programa para realizar uno de los procedimientos aquí descritos cuando el programa de ordenador corre sobre un ordenador. Otro ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención es por lo tanto un soporte de datos (o un medio de memoria digital o un medio legible por ordenador) sobre el que está registrado el programa de ordenador para realizar uno de los procedimientos aquí descritos.

20 **[0107]** Otro ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención es así un flujo de datos o una secuencia de señales que representa el programa de ordenador para ejecutar uno de los procedimientos aquí descritos. El flujo de datos o la secuencia de señales puede por ejemplo estar configurado/a tal que se transfiera mediante una conexión de comunicación de datos, por ejemplo a través de Internet.

25 **[0108]** Otro ejemplo de ejecución incluye un dispositivo de procesamiento, por ejemplo un ordenador o un componente lógico programable, configurado o adaptado para ejecutar uno de los procedimientos aquí descritos.

[0109] Otro ejemplo de ejecución incluye un ordenador sobre el que está instalado el programa de ordenador para ejecutar uno de los procedimientos aquí descritos.

30 **[0110]** En algunos ejemplos de ejecución puede utilizarse un componente lógico programable (por ejemplo una batería de puertas programable en campo, Gatterarray o FPGA) para ejecutar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos aquí descritos. En algunos ejemplos de ejecución puede interactuar una batería de puertas programable en campo con un microprocesador, para ejecutar uno de los procedimientos aquí descritos. En general, en algunos ejemplos de ejecución ejecuta los procedimientos cualquier dispositivo de hardware. Éste puede ser un hardware de utilización universal, como un procesador de ordenador (CPU), o bien un hardware específico para el procedimiento, como por ejemplo un ASIC.

40 **[0111]** Los ejemplos de ejecución antes descritos son solamente una visualización de los principios de la presente invención. Se entiende que son evidentes a otros especialistas modificaciones y variaciones de las configuraciones y detalles aquí descritos. Por ello se pretende que la invención solamente quede limitada por el alcance de la protección de las siguientes reivindicaciones y no por las particularidades específicas aquí presentadas en base a la descripción y la explicación de los ejemplos de ejecución.

45 **[0112]** Un ejemplo de ejecución de la invención logra un dispositivo para la reproducción óptica con al menos un panel de microlentes con al menos dos microlentes, un sensor de imagen con al menos dos matrices de detectores de imagen, incluyendo las matrices de detectores de imagen, de las que al menos hay dos, respectivas pluralidades de detectores de imagen, existiendo una asociación entre las matrices de detectores de imagen y las microlentes, tal que cada microlente junto con una matriz de detectores de imagen forma un canal óptico, estando desplazados los puntos centrales de diversas matrices de detectores de imagen lateralmente en diferente amplitud respecto a los centros de gravedad de las superficies de las aperturas de las microlentes de los correspondientes canales ópticos proyectados sobre las matrices de detectores de imagen, tal que al menos dos de los canales ópticos presentan distintas zonas de captación que se solapan parcialmente y tal que una zona de solape de las zonas de captación de dos canales se reproduce en cuanto a una retícula de detectores de imagen correspondiente a las matrices de detectores de imagen decalada sobre las matrices de detectores de imagen.

55 **[0113]** En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que presenta la zona de solape una pluralidad de celdas del objeto, pudiendo reproducirse cada una de las celdas del objeto sobre al menos un detector de imagen del sensor de imagen y llevando asociada cada canal óptico una retícula de exploración, describiendo una retícula de exploración del primer canal óptico qué celdas del objeto de la zona de solape se reproducen sobre qué detectores de imagen de las matrices de detectores de imagen del primer canal óptico y

describiendo una retícula de exploración del segundo canal óptico qué celdas del objeto de la zona de solape se reproducen sobre qué detectores de imagen de las matrices de detectores de imagen del segundo canal óptico y estando elegida la retícula de exploración del primer canal óptico tal que una primera celda del objeto se reproduce sobre un primer detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del primer canal óptico y porque una
 5 segunda celda del objeto, contigua a la primera celda del objeto, se reproduce sobre un intersticio entre el primer detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del primer canal óptico y un segundo detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del primer canal óptico contiguo al primer detector de imagen y estando elegida la retícula de exploración del segundo canal óptico tal que la segunda celda del objeto se reproduce sobre un primer detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del segundo canal óptico y porque la primera
 10 celda del objeto se reproduce sobre un intersticio entre el primer detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del segundo canal óptico y un segundo detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del segundo canal óptico, que es contiguo al primer detector de imagen.

[0114] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que la retícula de exploración del primer canal óptico está desplazada en un múltiplo no entero de un intervalo de exploración respecto a la retícula de exploración del segundo canal óptico, con lo que una tercera celda del objeto, contigua a la segunda celda del objeto, se reproduce sobre el segundo detector de imagen de la matriz de detectores de imagen del primer canal óptico y el intervalo de exploración es igual a la distancia entre el punto central de la primera celda del objeto y el punto central de la tercera celda del objeto.
 15
 20

[0115] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que genera en cada canal óptico una microimagen de la correspondiente zona de captación, incluyendo una microimagen una pluralidad de píxeles, resultando un píxel mediante una reproducción de una celda del objeto sobre un detector de imagen y estando enlazada una microimagen del primer canal óptico con una microimagen del segundo canal óptico tal que a
 25 lo largo de una línea las celdas del objeto contiguas de la zona de solape del primer y el segundo canal se asocian alternadamente a diversas microimágenes.

[0116] En un ejemplo de ejecución preferente está configurado el dispositivo tal que el sensor de imagen está dispuesto en un plano focal de la microlente del campo de microlentes, encontrándose entre el sensor de imagen y el panel de microlentes una capa de distanciadores, conteniendo la capa de distanciadores una pluralidad de estructuras de separación de canales, constituidas para suprimir una diafonía óptica entre canales ópticos contiguos e incluyendo la capa de distanciadores al menos un panel de diafragmas de apertura, configurado para suprimir la luz difusa a través de los intersticios entre las microlentes.
 30

[0117] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que una pluralidad de los canales ópticos abarcan distintos paneles de transmisión espectrales, tal que en los canales ópticos aparecen respectivas microimágenes asociadas, estando asociadas microimágenes de distintos canales a distintos colores espectrales, estando separados los canales ópticos por estructuras de separación de canales, para impedir diafonías de color, incluyendo canales contiguos distintos paneles de transmisión espectrales y estando
 35 entrelazadas las microimágenes de los canales contiguos tal que a lo largo de una línea las celdas del objeto contiguas de la zona de solape de los canales ópticos se asocian alternadamente a las distintas microimágenes espectrales.
 40

[0118] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que incluye un sensor para medir la distancia entre el dispositivo y un objeto a captar, estando diseñado el dispositivo para corregir un decalaje de una reproducción de una primera celda del objeto sobre un primer detector de imagen de una matriz de detectores de imagen de un primer canal óptico respecto a una reproducción de una segunda celda del objeto contigua a la primera celda del objeto sobre un primer detector de imagen de una matriz de detectores de imagen de un segundo canal óptico y para tener en cuenta en la corrección la distancia lateral entre la matriz de detectores de
 45 imagen del primer canal óptico y la matriz de detectores de imagen del segundo canal óptico.
 50

[0119] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que las distintas microlentes se diferencian en al menos uno de sus parámetros de estructura, estando formadas las microlentes tal que todas reproducen en el mismo plano focal.
 55

[0120] En un ejemplo de ejecución preferente está configurado el dispositivo tal que al menos una microlente está configurada como acromático.

[0121] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que el panel de microlentes

y/o una superficie límite entre un material transparente y el aire, presenta una capa que reduce la reflexión.

[0122] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que el panel de microlentes así como las matrices de detectores de imagen están dispuestos en una distribución hexagonal o una cuadrada o una rectangular.

[0123] En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que el panel de microlentes estar configurado como un panel de superficies de forma libre refractivas.

10 **[0124]** En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que en cada canal óptico aparece una microimagen con una pluralidad de píxeles, incluyendo el dispositivo un equipo de procesamiento de imágenes para corregir la distorsión de las microimágenes, así como para reconstruir una imagen completa a partir de las microimágenes de los canales ópticos, estando configurado el equipo de procesamiento de imágenes para realizar la corrección de la distorsión de cada microimagen separadamente y en paralelo en el tiempo y estando
15 configurado el equipo de procesamiento de imágenes para realizar la reconstrucción de la imagen completa mediante disposición alternada de los píxeles de las microimágenes entrelazadas, para obtener así la imagen completa.

20 **[0125]** En un ejemplo de ejecución preferente está constituido el dispositivo tal que el equipo de procesamiento de imágenes está realizado sobre un chip con el sensor de imagen, incluyendo el equipo de procesamiento de imágenes una pluralidad de dispositivos de procesamiento de microimágenes para corregir distorsiones, los cuales están dispuestos en los intersticios de las matrices de detectores de imagen del sensor de imagen.

25 **[0126]** Otro ejemplo de ejecución de la invención logra un procedimiento para la reproducción óptica de un objeto utilizando un panel de microlentes con al menos dos microlentes y un sensor de imagen, incluyendo el sensor de imagen una pluralidad de matrices de detectores de imagen e incluyendo cada matriz de detectores de imagen una pluralidad de detectores de imagen y llevando asociada cada microlente una matriz de detectores de imagen, tal que cada microlente junto con la matriz de detectores de imagen asociada forma un canal óptico, realizando el
30 procedimiento la reproducción del objeto mediante el panel de microlentes sobre el sensor de imagen tal que cada celda del objeto se reproduce sobre un detector de imagen, reproduciéndose celdas del objeto contiguas sobre detectores de imagen de canales ópticos contiguos, tal que las microimágenes aparecen sobre las matrices de detectores de imagen de los canales ópticos, estando entrelazada cada microimagen con las microimágenes de los canales contiguos.

35 **[0127]** En un ejemplo de ejecución preferente está configurado el procedimiento para la reproducción óptica tal que además se realiza la formación especular de las distintas microimágenes de los canales ópticos tanto horizontal como verticalmente, realizándose la formación especular de todas las microimágenes en paralelo en el tiempo, realizándose la conversión de los valores de píxeles de las microimágenes de distintos canales ópticos a partir de su estructura de retícula discreta mediante una transformación de lugar sobre un plano de coordenadas continuo, realizándose una corrección de las distorsiones de las microimágenes de distintos canales ópticos, para obtener la reproducción de los valores de píxeles del plano de coordenadas continuo sobre una nueva retícula discreta para obtener microimágenes sin distorsiones, procesándose los distintos canales ópticos en paralelo en el tiempo y presentando la reordenación de los valores de píxeles de las microimágenes sin distorsión en una matriz de
40 imagen según un esquema predeterminado, que viene predeterminado por el entrelazado de las microimágenes para obtener una imagen completa no entrelazada.

45 **[0128]** En un ejemplo de ejecución preferente está configurado el procedimiento tal que se realiza la conversión de los valores de píxeles de las microimágenes de distintos canales ópticos desde su estructura de retícula discreta, mediante una transformación de lugar, sobre un plano de coordenadas continuo en paralelo en el tiempo.

[0129] Otro ejemplo de ejecución de la invención logra un programa de ordenador con un código de programa para realizar el procedimiento antes citado cuando el programa corre sobre un ordenador.

55

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de procesamiento de imágenes que comprende:

5 un sensor de imagen (100) con una pluralidad de detectores de imagen (30', 32a, 32b),

en el que una primera pluralidad de detectores de imagen (32a) está asociada a una primera matriz de detectores de imagen (30a);

10 en el que una segunda pluralidad de detectores de imagen (32b) está asociada a una segunda matriz de detectores de imagen (30b);

una unidad para alojar un panel de microlentes, que está configurada para fijar un panel de microlentes (10) a un dispositivo de procesamiento de imágenes tal que el sensor de imagen se encuentra en el plano focal del panel de microlentes (10) y existe una asociación entre las matrices de detectores de imagen (30; 30a; 30b) y microlentes (10a, 10b) del panel de microlentes (10) tal que cada microlente (10a, 10b) junto con una matriz de detectores de imagen (30; 30a; 30b), que incluye una pluralidad de detectores de imagen (30', 32a, 32b), forma un canal óptico; llevando asociado cada canal óptico una retícula de exploración (810, 820);

20 en el que están entrelazadas entre sí las reproducciones individuales de canales contiguos tal que las retículas de exploración de canales contiguos están desplazadas entre sí en múltiplos no enteros del intervalo de exploración de un canal individual; y un equipo para el procesamiento de imágenes (70) para corregir defectos de la imagen y para reconstruir una imagen completa (300) a partir de las reproducciones sobre los detectores de imagen (30', 32a, 32b) de las matrices de detectores de imagen (30; 30a, 30b);

25 en el que el equipo de procesamiento de imágenes (70) incluye una pluralidad de equipos de procesamiento para corregir distorsiones; y

en el que el equipo de procesamiento de imágenes (70) está configurado para corregir los defectos de la imagen correspondientes a la reproducciones individuales de todas las matrices de detectores de imagen (30; 30a, 30b) independientemente entre sí y en paralelo en el tiempo y para reconstruir a partir de la reproducciones individuales una imagen completa tal que se tenga en cuenta el entrelazado de las reproducciones individuales.

2. Dispositivo de procesamiento de imágenes según la reivindicación 1, en el que el equipo de procesamiento de imágenes (70) está realizado sobre un chip con el sensor de imagen (100).

3. Dispositivo de procesamiento de imágenes según la reivindicación 2, en el que la pluralidad de equipos de procesamiento para corregir distorsiones están dispuestos en los intersticios de las matrices de detectores de imagen del sensor de imagen (100).

4. Dispositivo de procesamiento de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la retícula de exploración de un canal considerado es la totalidad de aquellos puntos del objeto en la zona de profundidad de campo del canal considerado que se reproducen sobre los distintos detectores de imagen (30', 32a, 32b) de la matriz de detectores de imagen (30; 30a, 30b) del canal considerado.

45

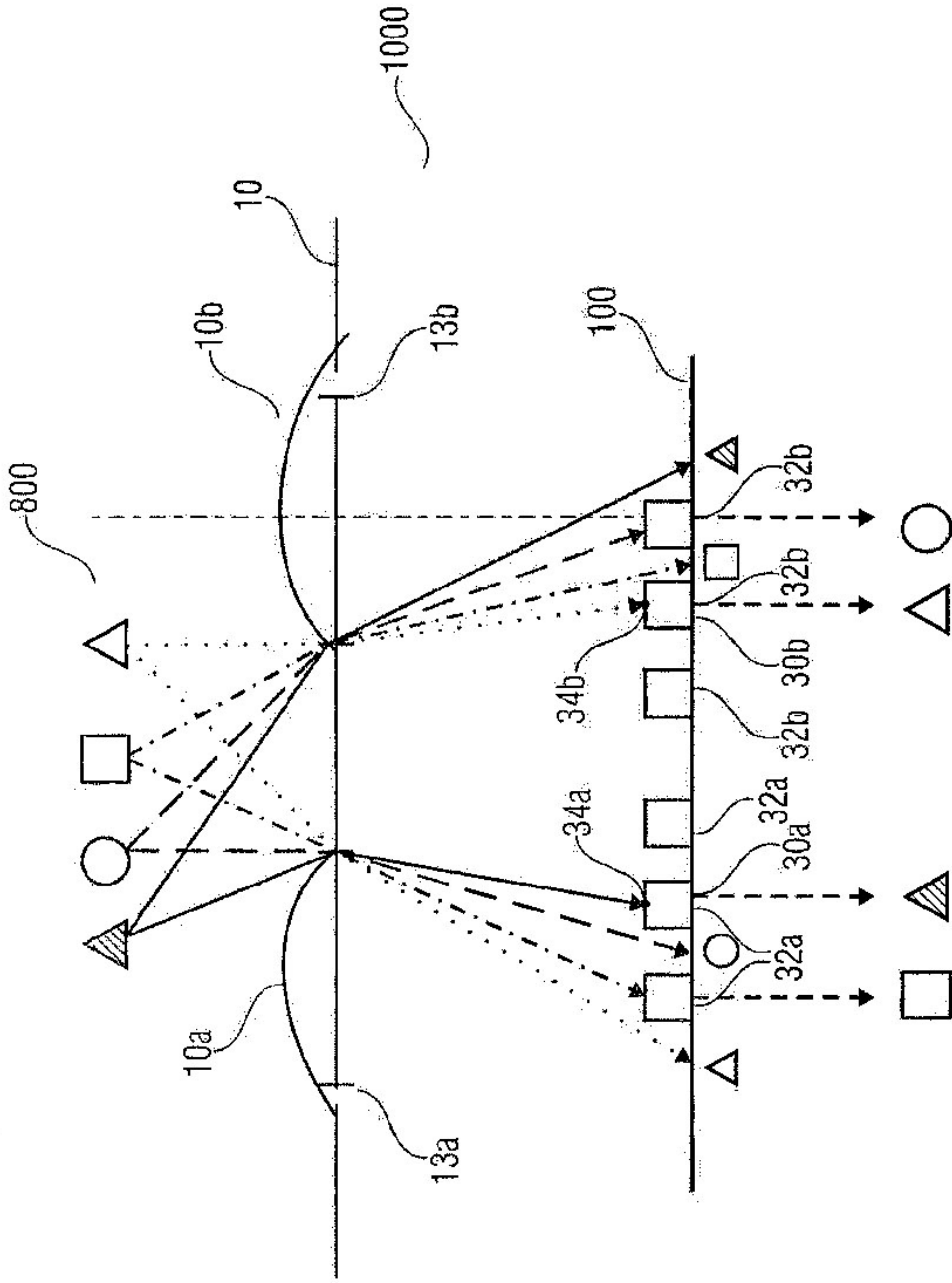


FIG 1

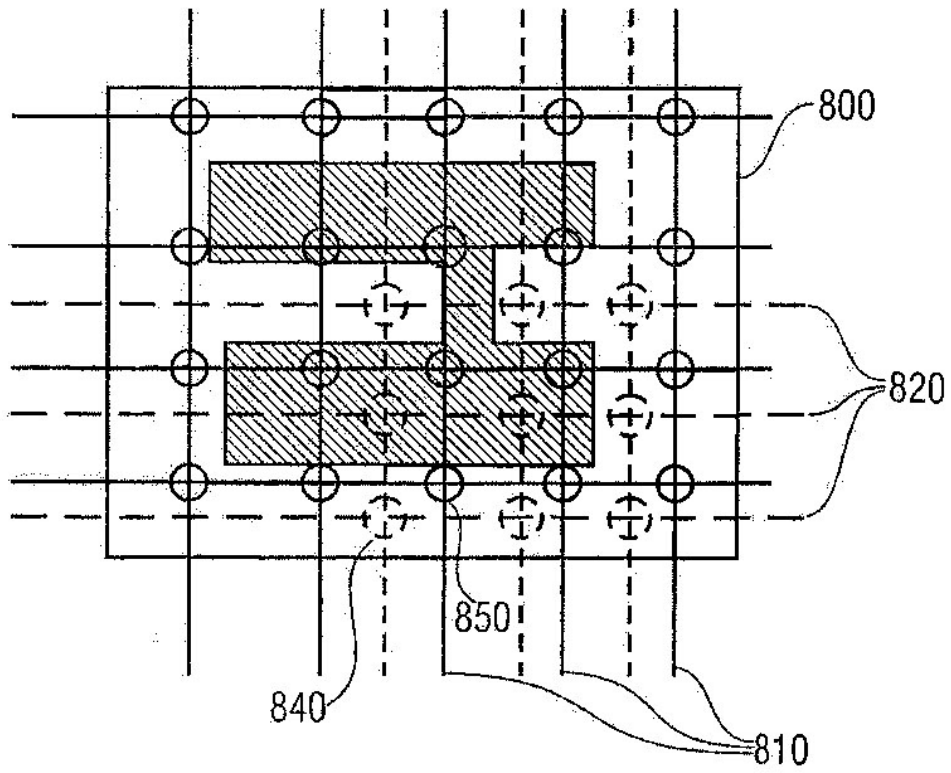


FIG 2

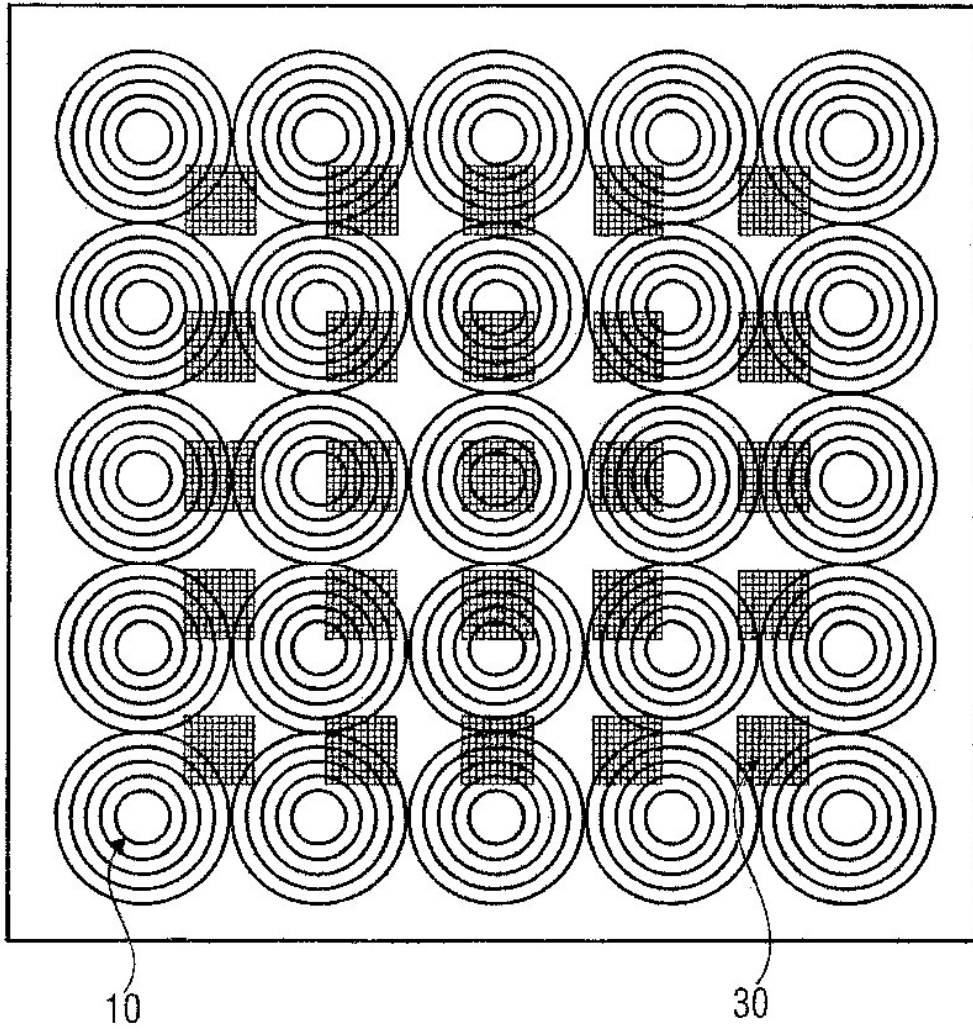
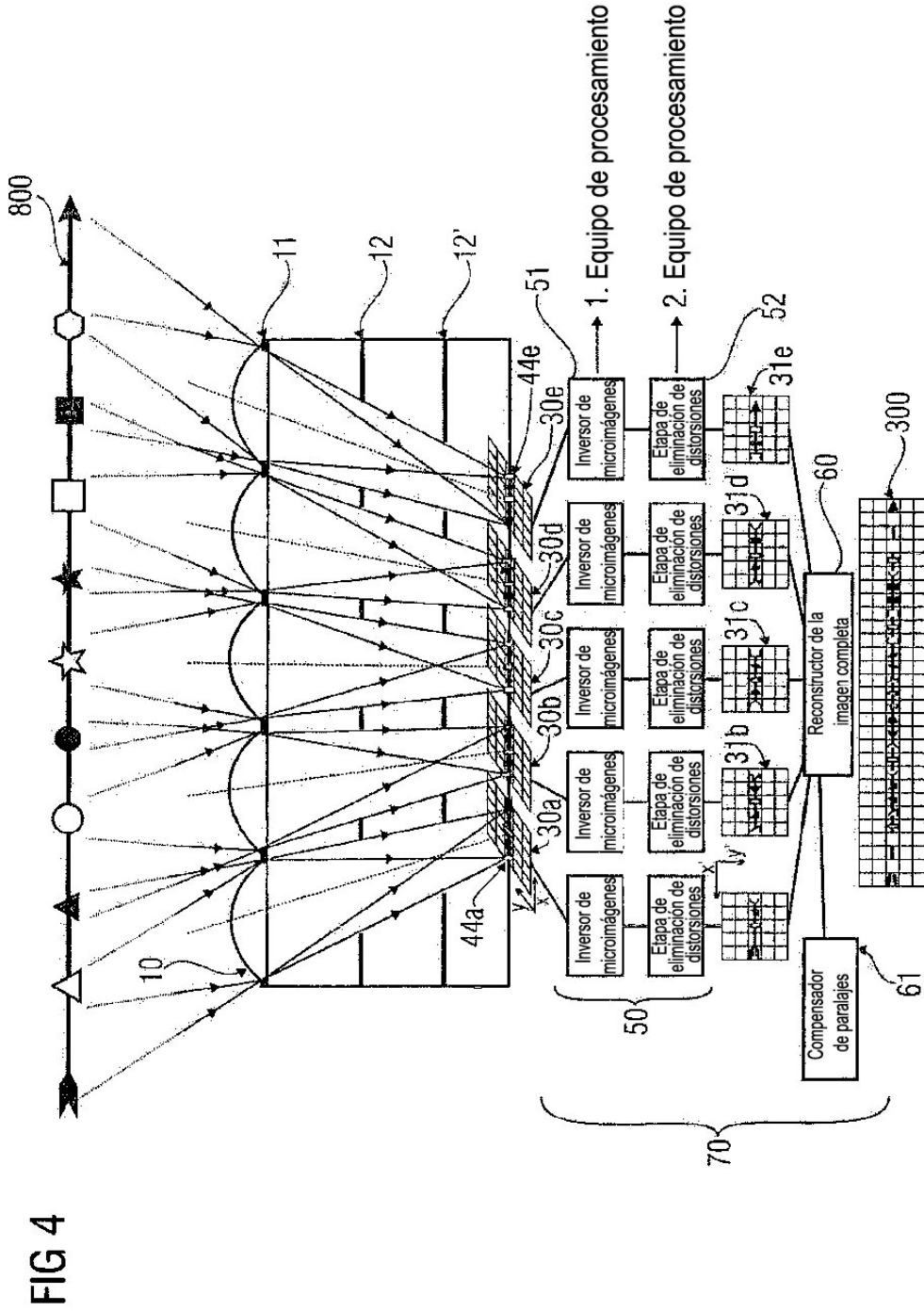


FIG 3



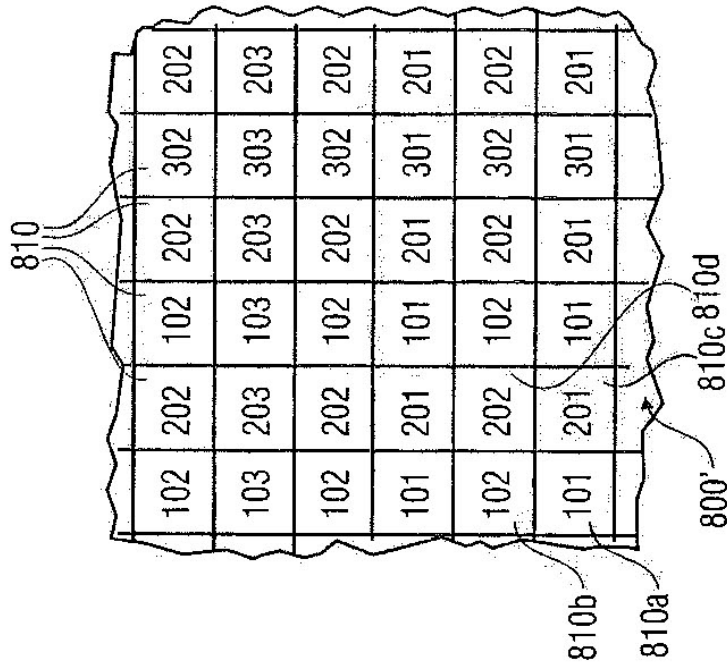


FIG 5B

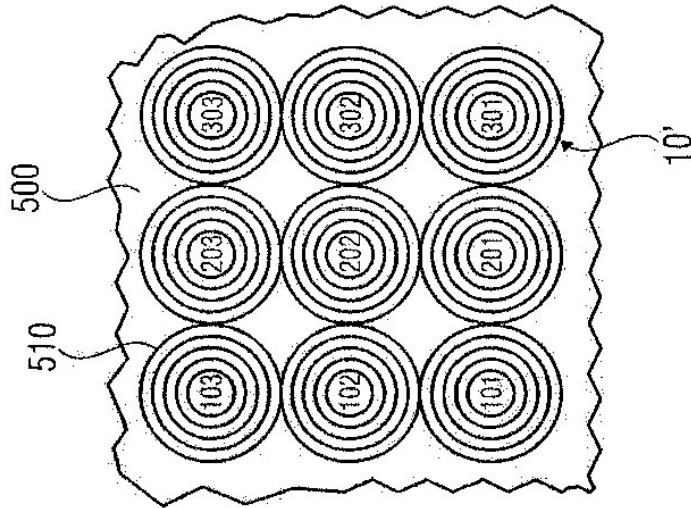


FIG 5A

FIG 6A

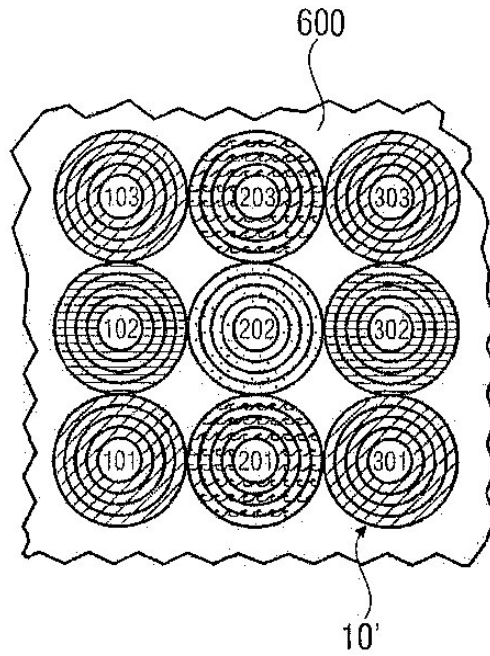
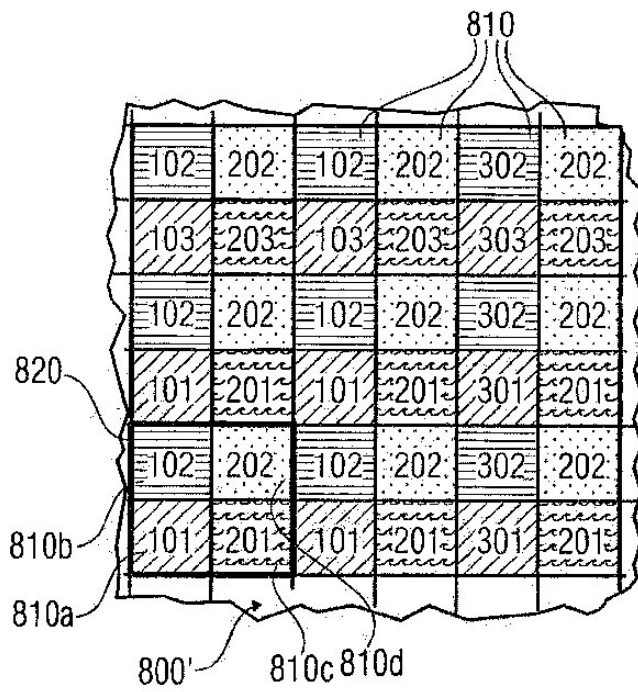


FIG 6B



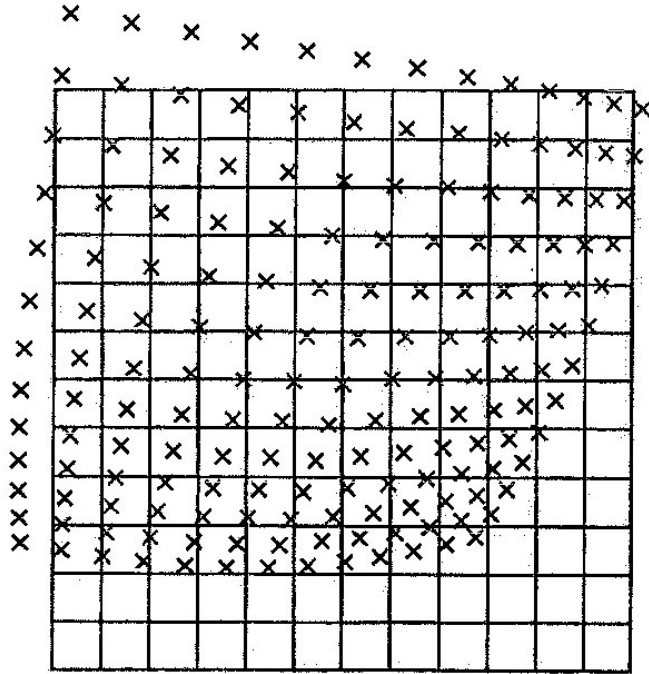


FIG 7B

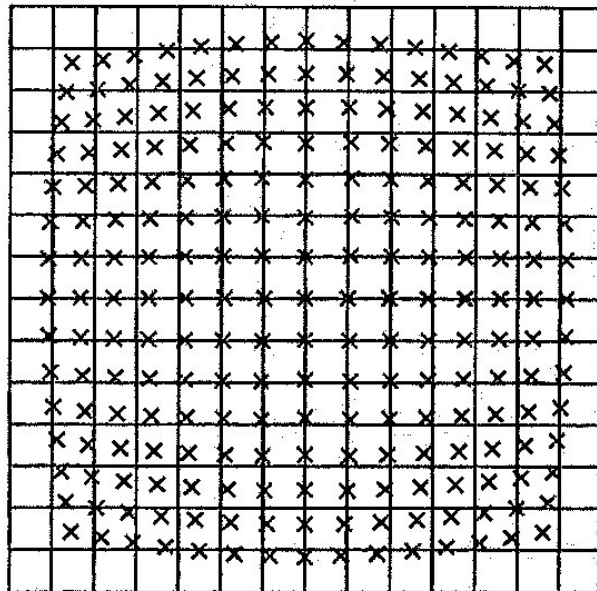


FIG 7A

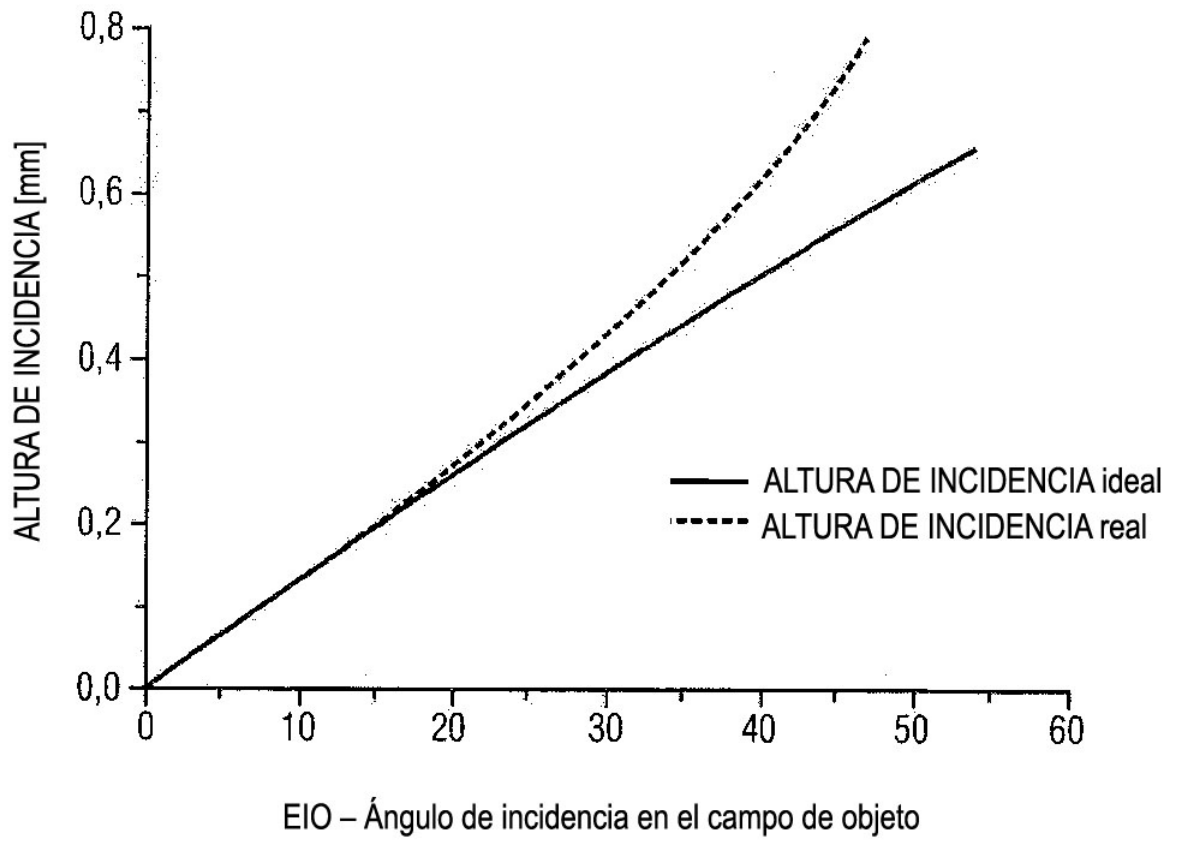


FIG 8

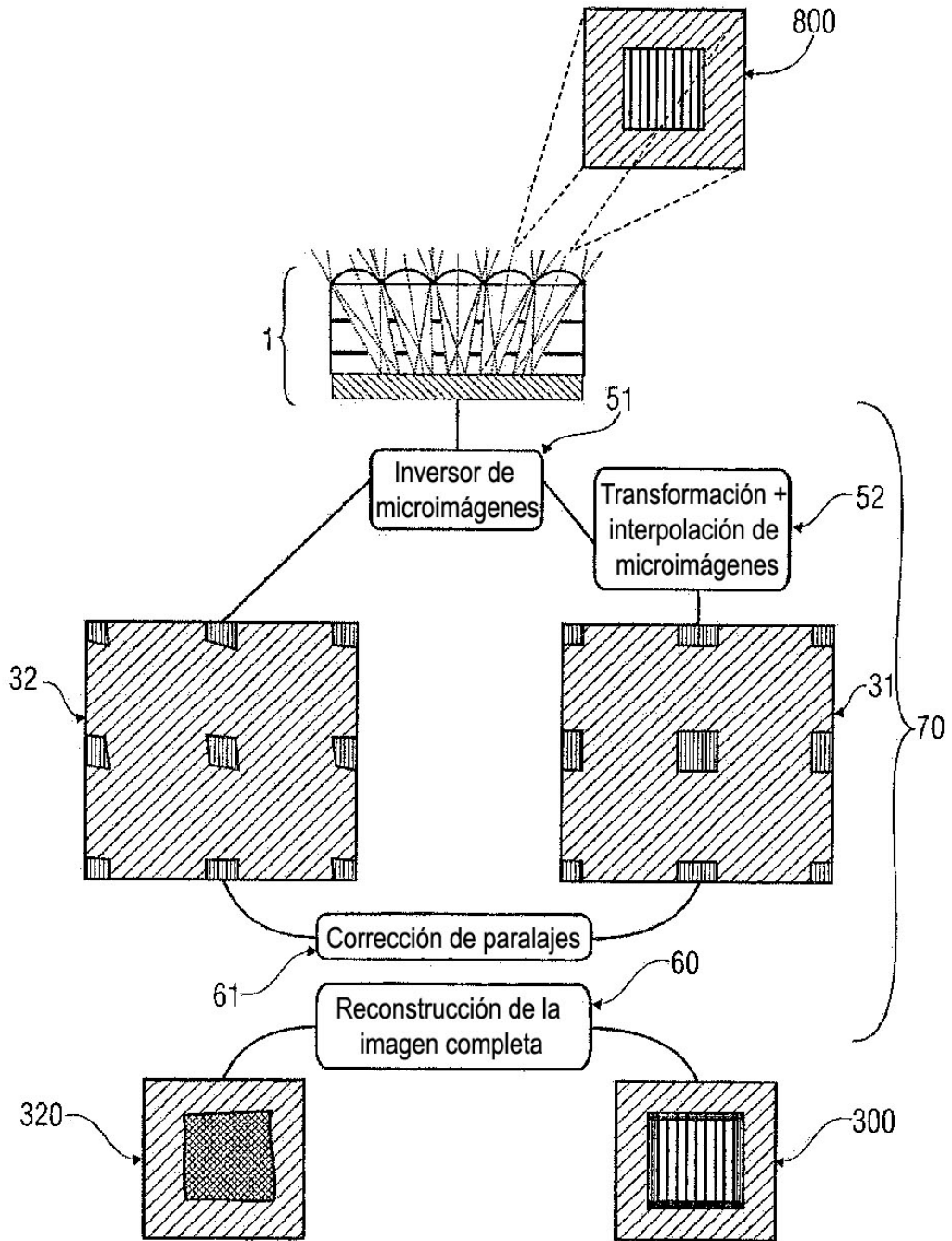


FIG 9

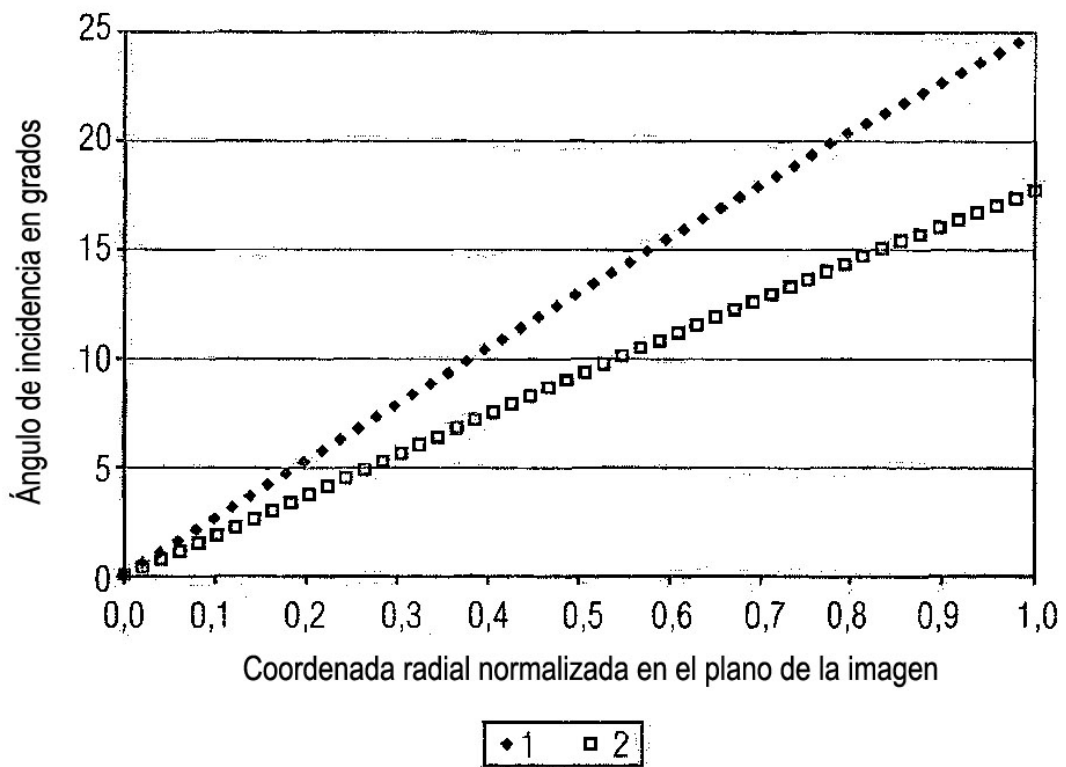


FIG 10

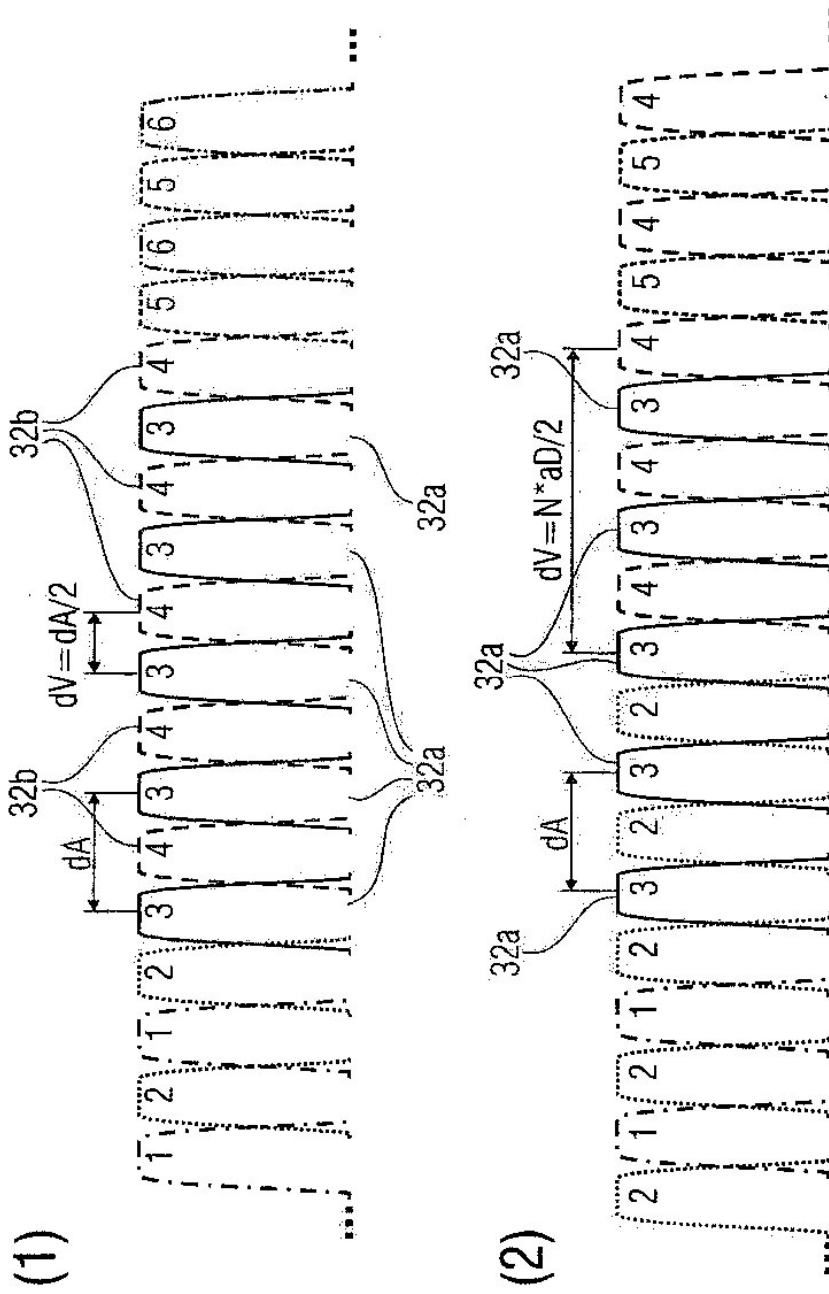


FIG 11

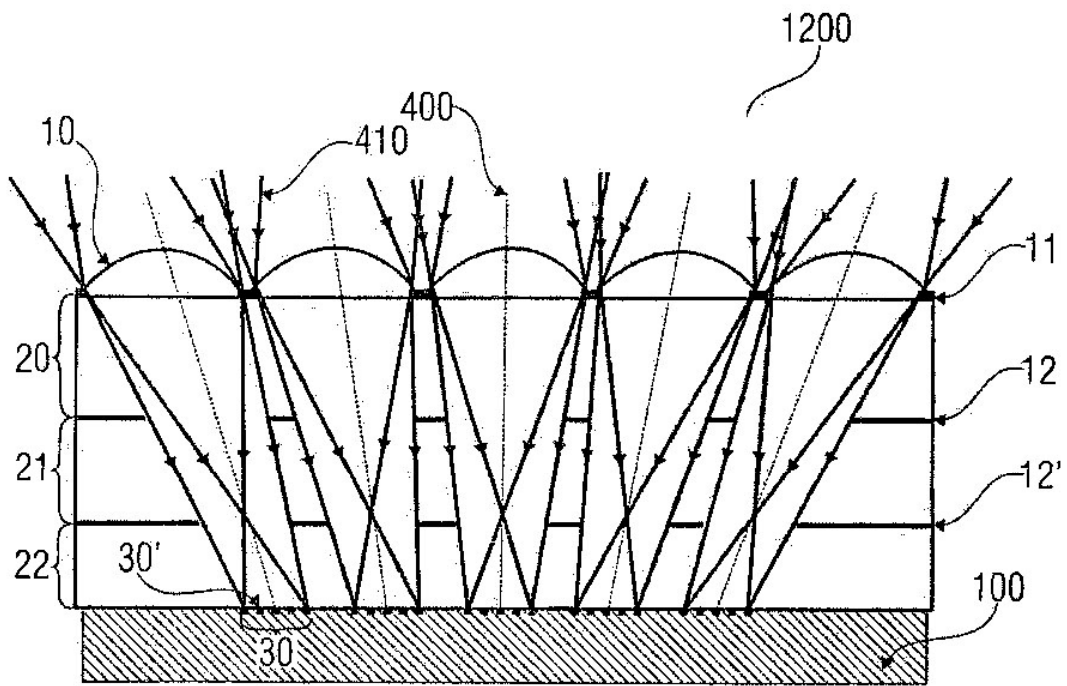


FIG 12

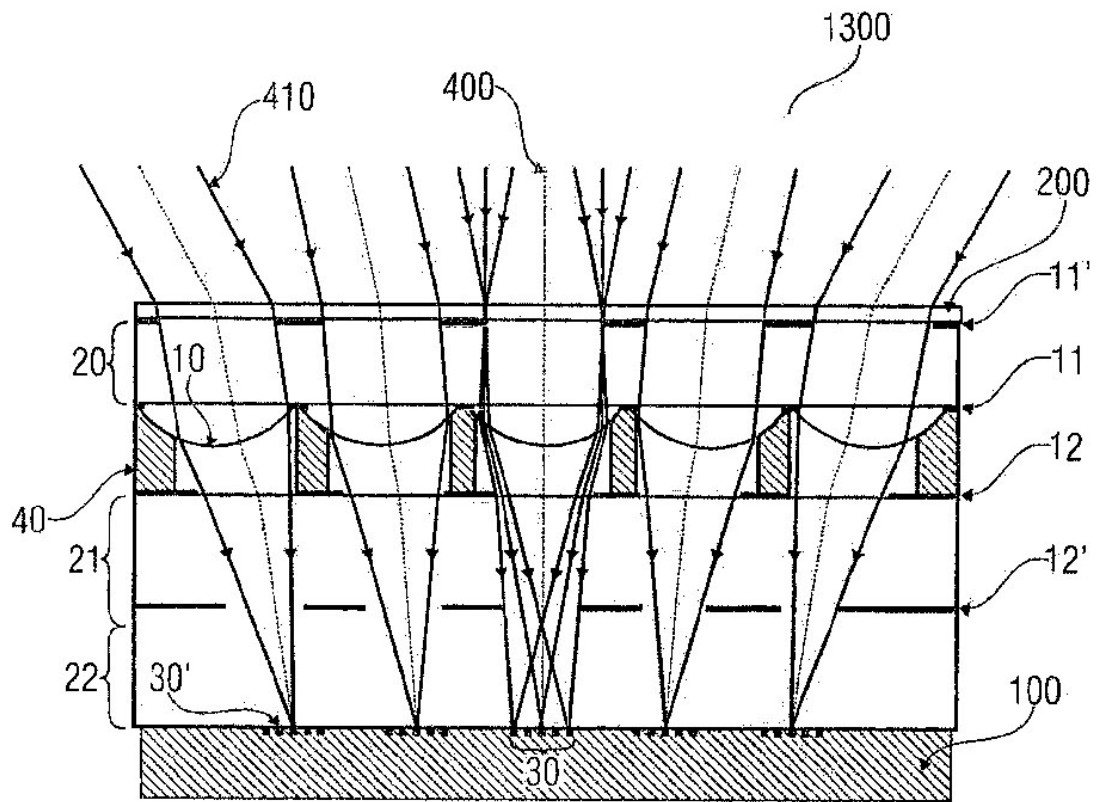


FIG 13

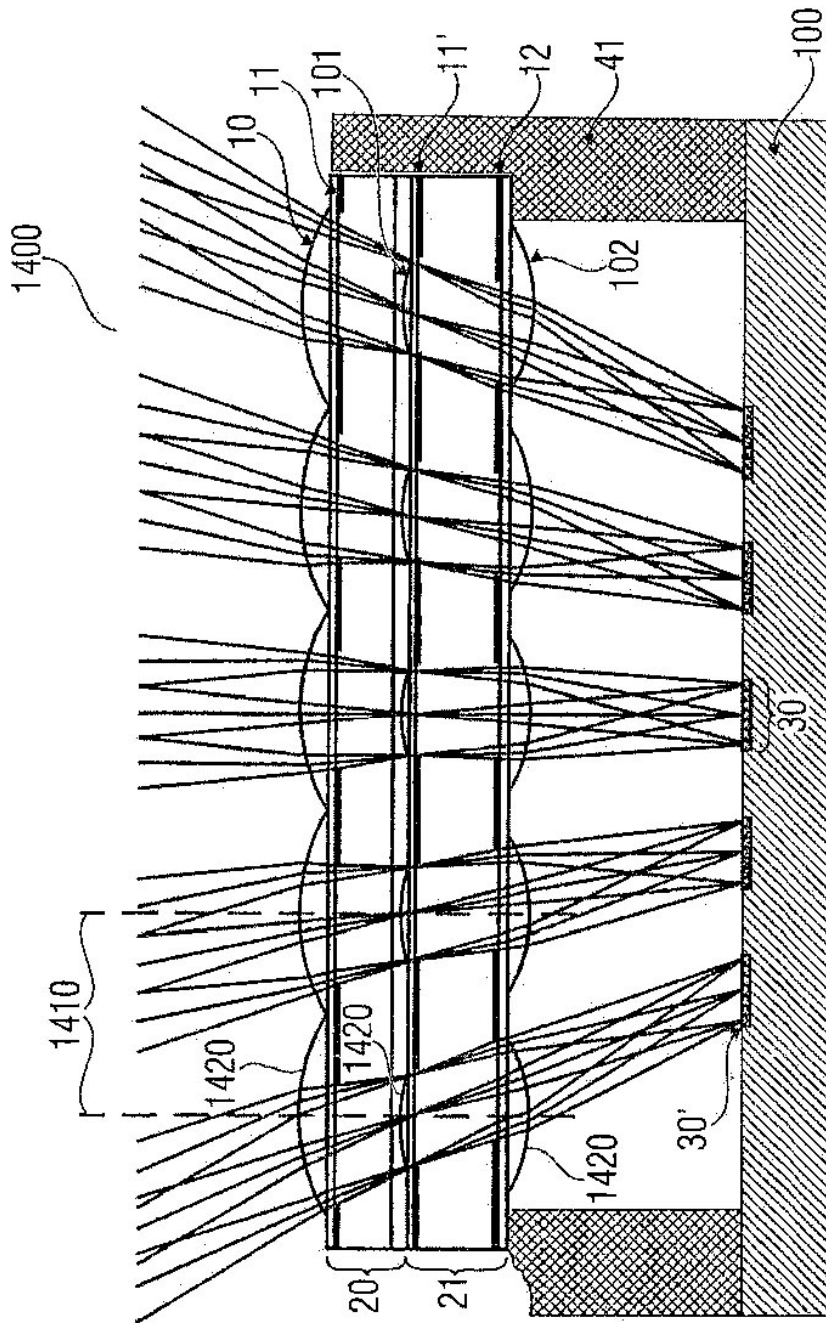


FIG 14

FIG 15

