

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 923 585**

51 Int. Cl.:

A61B 3/12 (2006.01)

A61B 3/15 (2006.01)

A61B 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2019 E 19201433 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2022 EP 3799777**

54 Título: **Dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas**

30 Prioridad:

01.10.2019 EP 19200774

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

28.09.2022

73 Titular/es:

**OPTOS PLC (100.0%)
Queensferry House, Carnegie Campus,
Enterprise Way
Dunfermline KY11 8GR, GB**

72 Inventor/es:

PRECIADO, MIGUEL ANGEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 923 585 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 obtención de imágenes oftálmicas

[Campo]

5 Los aspectos de ejemplo del presente documento generalmente se relacionan con el campo de los dispositivos de obtención de imágenes oftálmicas y, más particularmente, con los escáneres oftálmicos que adquieren imágenes oculares mediante barrido de un haz de luz a través de la retina u otra parte del ojo por medio de un componente de guía de luz del escáner y detección de la luz reflejada del ojo que ha sido recogida por el componente de guía de luz.

[Antecedentes]

10 En los sistemas de obtención de imágenes de barrido oftálmicas que realizan la obtención de imágenes oculares utilizando un componente de guía de luz, como un cilindro de lente que tiene una matriz de lentes, por ejemplo, la reflexión de parte de la luz (denominada en el presente documento "retroreflexión" y "luz retrorreflejada") en un haz de luz barrido por el componente de guía de luz puede interferir con la medición de la luz del resto de la luz en el haz de luz que se ha propagado a través del componente de guía de luz, se ha reflejado desde el ojo y se guía a un detector de luz por el componente de guía de luz, y así introducir artefactos relacionados con la reflexión en la imagen ocular generada. En un oftalmoscopio láser de barrido (SLO), los efectos de dichas reflexiones internas son suprimidos hasta cierto punto por la detección confocal.

15 El documento EP 2 992 814 A1, en el que se basa la forma de dos partes de las reivindicaciones independientes, describe un aparato oftalmológico que adquiere una pluralidad de imágenes al fotografiar una pluralidad de diferentes regiones de un ojo en diferentes momentos para generar una imagen utilizando la pluralidad de imágenes adquiridas. El aparato oftalmológico incluye una unidad de determinación configurada para determinar, en la pluralidad de regiones, al menos una región que no incluye ninguna región realmente fotografiada como la pluralidad de imágenes, y una unidad de control configurada para controlar el aparato oftalmológico de tal manera que capture una imagen de la región determinada del ojo.

[Sumario]

25 Se proporciona, de acuerdo con un primer aspecto de ejemplo en el presente documento, un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas para obtener imágenes de un ojo, que comprende un componente de guía de luz y un elemento de barrido, que se puede operar para barrer un haz de luz a través del componente de guía de luz de manera que una primera parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz es guiada por el componente de guía de luz para barrer a través de una región del ojo, y una segunda parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz es reflejada de regreso por el componente de guía de luz. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas comprende además un detector de luz configurado para detectar la luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región del ojo y guiada al detector de luz por el componente de guía de luz. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas comprende además una máscara de amplitud dinámica, que está dispuesta en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas para recibir, desde el componente de guía de luz, la luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región del ojo, y la luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de la luz e incide sobre la máscara de amplitud dinámica con una distribución de intensidad espacial que varía en función del ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido. La máscara de amplitud dinámica tiene una parte no enmascarada configurada para permitir que la luz recibida de la primera parte del haz de luz, que ha sido reflejada por la región del ojo, se propague al detector de luz, y una parte enmascarada que tiene una distribución espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido de modo que la parte enmascarada evita que al menos parte de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de la luz llegue al detector de luz cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región del ojo.

45 Se proporciona, de acuerdo con un segundo aspecto de ejemplo en el presente documento, un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas para obtener imágenes de un ojo, que comprende un componente de guía de luz y un elemento de barrido operable para barrer un haz de luz a través del componente de guía de luz de tal manera que una primera parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz es guiada por el componente de guía de luz para barrer a través de una región del ojo, y una segunda parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz es reflejada de regreso por el componente de guía de luz. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas comprende además un fotodetector que está dispuesto en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas para detectar una distribución de intensidad de luz espacial, a través de una superficie de detección de luz del fotodetector, de la luz que incide sobre la superficie de detección de luz que comprende la luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región del ojo y guiada al fotodetector por el componente de guía de luz, y la luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz e incide sobre el fotodetector con una distribución de intensidad espacial sobre la superficie de detección de luz del fotodetector que varía en función del ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas comprende además un procesador de imágenes configurado para procesar la distribución de intensidad de luz espacial detectada por el fotodetector aplicando una máscara digital a la distribución de intensidad

de luz espacial para reducir los valores de la intensidad de luz detectada en una parte enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial detectada que ha sido enmascarada por la máscara digital, y para generar datos de imagen basados en la distribución de intensidad de luz procesada. La parte enmascarada tiene una distribución espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido para reducir una contribución de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz a los datos de imagen generados cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región del ojo.

[Breve descripción de los dibujos]

A continuación, se explicarán en detalle realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a las figuras adjuntas que se describen a continuación. Los números de referencia similares que aparecen en otras de las figuras pueden indicar elementos idénticos o funcionalmente similares, a menos que se indique lo contrario.

La figura 1 es una ilustración esquemática de un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según una primera realización de ejemplo del presente documento.

La figura 2A ilustra una máscara de amplitud dinámica que comprende una matriz de microespejos según la primera realización de ejemplo.

La figura 2B ilustra dos orientaciones diferentes de un microespejo en la matriz de microespejos de la máscara de amplitud dinámica ilustrada en la figura 2A.

La figura 3 muestra un ejemplo de una implementación de hardware de un controlador que forma parte de la máscara de amplitud dinámica de la primera realización de ejemplo.

La figura 4 es una ilustración esquemática de una primera implementación de ejemplo del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según la primera realización de ejemplo.

La figura 5 es una ilustración esquemática de una segunda implementación de ejemplo del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según el primer ejemplo de realización.

La figura 6A ilustra una máscara de amplitud dinámica que comprende una matriz de celdas de cristal líquido según una variante de la primera realización de ejemplo.

La figura 6B ilustra una primera celda de cristal líquido en un primer cristal líquido dispuesto para bloquear la luz incidente, y una segunda celda de cristal líquido en una segunda fase de cristal líquido dispuesta para transmitir luz incidente.

La figura 7 ilustra un ejemplo de una parte enmascarada y una parte no enmascarada de la máscara de amplitud dinámica de la primera realización de ejemplo del presente documento.

La figura 8A ilustra una primera tabla de consulta que almacena, para un primer conjunto de ángulos de haz de barrido, información de configuración respectiva sobre la configuración de orientaciones de microespejos en una matriz de microespejos digitales de la máscara de amplitud dinámica.

La figura 8B ilustra una segunda tabla de consulta que almacena, para un segundo conjunto de ángulos de haz de barrido, información de configuración respectiva sobre la configuración de orientaciones de microespejos en una matriz de microespejos digitales de la máscara de amplitud dinámica.

La figura 9 ilustra un ejemplo de una disposición intercalada de microespejos en una parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica según la primera realización de ejemplo del presente documento.

La figura 10 ilustra una implementación de ejemplo de un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según una tercera realización de ejemplo del presente documento.

La figura 11 es una ilustración esquemática de un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según una cuarta realización de ejemplo del presente documento.

[Descripción detallada de realizaciones de ejemplo]

Aunque los efectos adversos de la retroreflexión no deseada del/de los elemento(s) óptico(s) en el componente de guía de luz de un SLO en una imagen ocular adquirida pueden suprimirse al reducir el tamaño de la apertura utilizada en la detección confocal, hacerlo tiende a reducir la relación de señal a ruido (SNR) en la imagen ocular adquirida. Además, el presente inventor ha reconocido que la distribución de la intensidad espacial de las retroreflexiones puede cambiar dinámicamente con el ángulo de barrido del haz de barrido a medida que el haz de barrido se barre a través de la retina u otra parte del ojo, observándose fuertes reflexiones en ciertos ángulos de barrido en muchos sistemas de obtención de imágenes. El presente inventor ha descubierto que los artefactos de imagen basados en la reflexión en las imágenes oculares adquiridas se pueden suprimir de manera eficaz, al mismo tiempo que se logra una SNR

mejorada, adaptando el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas para que incluya una máscara de amplitud dinámica, que está configurada para variar su configuración de máscara con el ángulo de barrido del haz de luz de obtención de imágenes. La máscara de amplitud dinámica puede ser un dispositivo físico o puede implementarse digitalmente, como se explica con más detalle a continuación. La distribución de intensidad espacial de la luz retrorreflejada en cualquier plano adecuado en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas, tal como un plano de obtención de imágenes o un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas, por ejemplo, puede determinarse para diferentes ángulos de barrido en un proceso de calibración, y se usa para configurar la máscara de amplitud dinámica de modo que pueda evitar que al menos parte de la luz retrorreflejada contribuya a la imagen obtenida por el detector de luz del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas a medida que varía el ángulo de barrido durante el curso de un barrido realizado posteriormente, reduciendo o eliminando así los artefactos de imagen no deseados causados por las retrorreflexiones en la imagen ocular resultante.

A continuación, se explicarán en detalle realizaciones de ejemplo en el presente documento, con referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 es un diagrama que ilustra los componentes de un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según una primera realización de ejemplo del presente documento. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas comprende un componente de guía de luz 50 y al menos un elemento de barrido 40 que puede operar para barrer un haz de luz a través del componente de guía de luz 50 en una o más direcciones, de modo que una primera parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz 50 es guiada por el componente de guía de luz 50 para barrer a través de una región 80 del ojo 70, y una segunda parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz 50 es reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 sin tener que propagarse a través del componente de guía de luz 50 para alcanzar el ojo 70.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 comprende además un detector de luz 20, que está configurado para detectar la luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región 80 del ojo 70 y guiada al detector de luz 20 por el componente de guía de luz 50.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 comprende además una máscara de amplitud dinámica 30, que está situada y orientada en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para recibir, desde el componente de guía de luz 50, la luz de la primera parte del haz de luz que se ha reflejado por la región 80 del ojo 70. La máscara de amplitud dinámica 30 también está situada y orientada en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para recibir, desde el componente de guía de luz 50, la luz de la segunda parte del haz de luz que se ha reflejado de regreso por el componente de guía de luz 50 (sin haberse propagado a través del componente de guía de luz 50 para alcanzar el ojo 70) e incide sobre la máscara de amplitud dinámica 30 con una distribución de intensidad espacial sobre una superficie de la máscara de amplitud dinámica 30 que varía de un modo predeterminado con un ángulo de barrido, α , del haz de luz barrido por el elemento de barrido 40. El ángulo de barrido se puede definir de varias maneras diferentes. Por ejemplo, el ángulo de barrido α puede medirse, como en la presente realización de ejemplo, en relación con una dirección de referencia alrededor de un punto en el elemento de barrido 40 en el que el haz de luz es reflejado por el elemento de barrido 40. La dirección de referencia puede ser, por ejemplo, una dirección a lo largo de un camino óptico que, cuando es seguido por el haz de luz, conduce el haz de luz a un punto central de la región barrida 80 del ojo 70. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el ángulo de barrido α puede de lo contrario definirse, por ejemplo, en relación con una dirección de referencia (por ejemplo, un eje Z convencional del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10), alrededor de un punto focal P_F del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 (tal como se ilustra en la figura 4, por ejemplo, que se analiza con más detalle a continuación).

La máscara de amplitud dinámica 30 tiene una parte no enmascarada, que está configurada para permitir que la luz recibida de la primera parte del haz de luz, que ha sido reflejada por la región 80 del ojo 70, se propague al detector de luz 20 sustancialmente sin atenuar. La máscara de amplitud dinámica 30 también tiene una parte enmascarada que tiene una distribución espacial que varía de forma predeterminada con el ángulo de barrido, de modo que la parte enmascarada evita que al menos parte de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 llegue al detector de luz 20 cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región 80 del ojo 70. La forma de la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede seguir sustancialmente un contorno de intensidad igual en al menos una parte de la distribución de intensidad espacial antes mencionada de la luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50, para al menos algunos (y preferiblemente todos) los ángulos de barrido del haz de luz que se pueden usar en un barrido realizado por el dispositivo de imagen oftálmica 10. Cabe señalar que la parte enmascarada incluye todas las partes de la máscara de amplitud dinámica 30 que están configuradas para evitar que al menos parte de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 llegue al detector de luz 20. La distribución de las partes de la máscara de amplitud dinámica 30 que forman la parte enmascarada está determinada, para cualquier ángulo de barrido dado, por la distribución de intensidad espacial en el plano de la máscara de amplitud dinámica de la luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 para ese ángulo de barrido.

A modo de ejemplo, la máscara de amplitud dinámica 30 puede comprender, tal como en la presente realización de ejemplo, una matriz de microespejos 31, tal como se ilustra en la figura 2A. En la figura 2A, cada microespejo 34 de la matriz 31 está montado sobre un sustrato 32 y pudiéndose conmutar individualmente entre una primera orientación y una segunda orientación. Con referencia a la figura 2B, cada microespejo 34 puede cambiar su orientación girando

alrededor de un pivote P. Como se indica en la etiqueta 34-01 en la figura 2B, cuando el microespejo 34 está orientado en la primera orientación, el microespejo 34 refleja la luz L_i , que incide sobre el microespejo (y que proviene del componente de guía de luz 50), hacia el detector de luz 20. En la figura 2B, la luz reflejada hacia el detector de luz 20 está etiquetada como L_r . Por otro lado, cuando el microespejo 34 está orientado en la segunda orientación (tal como se indica mediante 34-02 en la figura 2B), el microespejo 34 refleja la luz incidente lejos del detector de luz 20, es decir, de modo que la luz reflejada, L_r' , en este caso no llega al detector de luz 20. Además, la parte no enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede consistir en (es decir, estar compuesta completamente por) microespejos de la matriz que están en la primera orientación 34-01, y la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 comprende microespejos de la matriz que están en la segunda orientación 34-02 (y, opcionalmente, algunos microespejos en la primera orientación 34-01, como se describe con más detalle a continuación). La orientación de cada uno de los microespejos de la máscara de amplitud dinámica 30 está controlada por un controlador de la máscara de amplitud dinámica 30 (no mostrado), que proporciona señales de accionamiento para establecer las orientaciones de microespejo de los microespejos 34.

La figura 3 muestra una implementación ejemplar del controlador de la máscara de amplitud dinámica 30 en la figura 1, en hardware de procesamiento de señales programable. El hardware de la figura 3 también puede controlar uno o más aspectos del funcionamiento del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10, como el accionamiento de uno o más elementos de barrido para realizar un barrido del haz de luz sobre la región 80 del ojo 70, y la generación de una imagen ocular a partir de mediciones realizadas por el detector de luz 20, por ejemplo. El aparato de procesamiento de señales que se muestra en la figura 3 comprende una interfaz de comunicación (I/F) 110 para recibir información sobre uno o más ángulos de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido 40, y para transmitir información de control para ajustar las respectivas orientaciones de los microespejos en la matriz de microespejos. El aparato de procesamiento de señales 100 comprende además un procesador (CPU) 120 para controlar el funcionamiento general de la máscara de amplitud dinámica 30, una memoria de trabajo 130 (por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio) y un almacenamiento de instrucciones 140 que almacena un programa informático 190 que comprende instrucciones legibles por ordenador que, cuando son ejecutadas por el procesador 120, hacen que el procesador 120 realice las operaciones de procesamiento descritas a continuación en el presente documento para controlar la disposición de las orientaciones de los microespejos en la máscara de amplitud dinámica 30. El almacenamiento de instrucciones 140 puede comprender una ROM (por ejemplo, en forma de una memoria de solo lectura programable borrable eléctricamente (EEPROM) o memoria flash) que está precargada con las instrucciones legibles por ordenador. Alternativamente, el almacenamiento de instrucciones 140 puede comprender una RAM o un tipo de memoria similar, y las instrucciones legibles por ordenador pueden introducirse en esta desde un producto de programa informático, como un medio de almacenamiento 150 legible por ordenador, como un CD-ROM, etc. o una señal 160 legible por ordenador que lleva las instrucciones legibles por ordenador.

En la presente realización de ejemplo, la combinación de los componentes de hardware que se muestra en la figura 3, que comprende el procesador 120, la memoria de trabajo 130 y el almacenamiento de instrucciones 140, está configurada para implementar la funcionalidad del controlador de la máscara de amplitud dinámica 30, que ahora se describirá en detalle con referencia a las figuras 4 a 9

La figura 4 es un esquema que muestra una implementación de ejemplo del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas según la primera realización de ejemplo.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 puede proporcionarse, tal como en la presente realización de ejemplo, en forma de un SLO, que está configurado para producir una imagen de la región 80 de la retina del ojo 70 (como un ejemplo de la parte barrida del ojo 70) mediante el uso de espejos de barrido horizontales y verticales (o un único espejo de barrido XY que se puede girar alrededor de dos ejes (típicamente ortogonales)) para barrer un haz de láser enfocado a través de la región 80 en un patrón de trama o similar, y utilizando un detector de luz 20 para detectar la luz reflejada desde la región barrida 80 de la retina durante el transcurso del barrido. Puede colocarse un orificio de alfiler delante del detector de luz 20 para la detección confocal.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 comprende además una fuente de luz 200, tal como un láser, para generar luz que va a formar el haz de barrido 201. La fuente de luz 200 puede, por ejemplo, estar configurada para emitir luz con una longitud de onda en un intervalo de 400 nm a 1100 nm. La luz emitida por la fuente de luz 200 puede pasar, como en la presente realización, a través de un filtro de paso de banda (no ilustrado) de modo que solo se emita hacia el ojo 70 luz que tenga un(os) intervalo(s) de longitud de onda específico(s).

El uno o más elementos de barrido 40 del SLO pueden operarse para barrer el haz de luz 201 sobre el componente de guía de luz 50 y, en la presente realización, toma la forma de ejemplo de una disposición de escáner de dos espejos que comprende un espejo de galvanómetro H ("H-galvo") 40a y un espejo de galvanómetro en V ("V-galvo") 40b, que se proporcionan en una disposición óptica que recibe el haz de luz de la fuente de luz 200 y barre el haz de luz en una dirección horizontal y una dirección vertical sobre el componente de guía de luz 50, que posteriormente guía la luz sobre la retina. Los dos espejos de galvanómetro que forman el elemento de barrido 40 se giran por motores respectivos bajo el control de un controlador del SLO (no mostrado) para variar la trayectoria óptica del haz de luz 201 al componente de guía de luz 50, y por lo tanto variar la ubicación en la retina que se ilumina y se obtiene una imagen usando el haz de luz 201. En la presente realización de ejemplo, el ángulo de barrido del haz de luz barrido en el componente de guía de luz 50 depende de los ángulos de inclinación (θ , ϕ) del espejo del galvanómetro H 40a y el

espejo del galvanómetro V 40b, en el que el ángulo θ es un ángulo de inclinación del espejo del galvanómetro H 40a y el ángulo φ es un ángulo de inclinación del espejo del galvanómetro V 40b. Los ángulos de inclinación θ y φ indican respectivamente el grado de rotación del espejo del galvanómetro H 40a y el espejo del galvanómetro V 40b alrededor de sus respectivos ejes de rotación. El espejo del galvanómetro H 40a y el espejo del galvanómetro V 40b pueden proporcionarse, por ejemplo, en una disposición como se describe en la patente de los Estados Unidos N.º 7.959.290 B2, cuyo contenido se incorpora aquí en su totalidad. En este caso, el espejo del galvanómetro H 40a y el espejo del galvanómetro V 40b pueden disponerse de la misma manera que el primer elemento de barrido (14) y el segundo elemento de barrido (16) que se muestran en la figura 1 de esta patente estadounidense, incluyendo la disposición los medios de compensación de barrido (18) descritos.

El componente de guía de luz 50 puede tomar, como en la presente realización, la forma de un cilindro de lente que comprende un conjunto de lentes convexas 55-1 a 55-3, que está configurado para guiar el haz de luz 201 desde el elemento de barrido 40 hasta un punto de la retina que depende de los ángulos de inclinación (θ , φ), y para guiar la luz que es reflejada por la retina de regreso al elemento de barrido 40. Sin embargo, el componente de guía de luz 50 no necesita estar basado en lentes y puede, por ejemplo, tomar la forma alternativa de uno o más espejos configurados para guiar el haz de luz 201 desde el elemento de barrido 40 hacia el ojo 70. La figura 5 ilustra una implementación de ejemplo de un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-2, que emplea un componente de guía de luz 50-2 a base de espejos. Tal como se ilustra en la figura 5, el componente de guía de luz 50-2 puede tomar, como en el ejemplo de la figura 5, la forma de un espejo elipsoidal, con el elemento de barrido 40 situado en un primer punto focal del espejo y la pupila del ojo 70 situada en un segundo punto focal, P_F , del espejo durante el uso del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-2. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-2 puede emplear por tanto una disposición óptica para obtener imágenes de campo amplio del tipo descrito en el documento US 5.815.242, por ejemplo.

Aunque el ejemplo de la figura 5 emplea un espejo elipsoidal, el espejo también puede adoptar la forma de un espejo esférico o de cualquier espejo con la forma adecuada para hacer converger el haz de luz en una parte del ojo 70.

Con referencia nuevamente a la realización de ejemplo en la figura 4, el componente de guía de luz 50 es incapaz de transmitir sustancialmente toda la luz del elemento de barrido 40 al ojo 70 en todos los ángulos de barrido, y refleja una parte de la luz incidente de regreso al elemento de barrido 40, en el que la parte reflejada varía con el ángulo de barrido α del haz de luz 201. Por lo general, en un sistema de obtención de imágenes basado en lentes del tipo ilustrado en la figura 4, se obtienen fuertes retrorreflexiones en valores específicos del ángulo de barrido del haz α . También surgen problemas similares en muchos sistemas de obtención de imágenes basados en espejos.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 comprende además un detector de luz 20, que está configurado para detectar la luz que ha sido reflejada por la retina y guiada al detector de luz 20 por el componente de guía de luz 50.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 también tiene un divisor de haz 230, que sirve para permitir que el haz de luz de la fuente de luz 200 pase al elemento de barrido 40 mientras también guía parte de la luz reflejada desde la retina al detector de luz 20. Un acoplador óptico 240 está conectado al divisor de haz 230 y está configurado para acoplar la luz desde un plano de imagen 255 del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 al divisor de haz 230.

La máscara de amplitud dinámica 30 puede tomar, como en la presente realización, la forma de un dispositivo de microespejo digital (DMD), por ejemplo. El DMD que forma la máscara de amplitud dinámica 30 comprende una matriz de microespejos giratorios, que son controlables individualmente por el controlador de la máscara de amplitud dinámica 30 para conmutar de una primera y una segunda orientación diferente a la otra de la primera y la segunda orientación. Más específicamente, el DMD puede configurarse para establecer cada microespejo en el DMD en una primera orientación, para reflejar la luz devuelta desde el elemento de barrido 40 hacia el detector de luz 20, o en una segunda orientación para reflejar la luz incidente lejos del detector de luz 20 y así evitar que la luz devuelta desde el elemento de barrido 40 alcance el detector de luz 20. De esta manera, el uso de DMD permite la modulación de amplitud binaria de la luz recibida en cada posición de microespejo en el DMD.

Cabe señalar que la funcionalidad de la máscara de amplitud dinámica 30 puede ser proporcionada por cualquier tipo adecuado de modulador de luz espacial que no sea un DMD, como una matriz de celdas de cristal líquido o una matriz de microespejos analógicos, por ejemplo. Con referencia a la figura 6A, en una realización de ejemplo alternativa, donde la máscara de amplitud dinámica comprende una matriz 31-2 de celdas de cristal líquido, el cristal líquido en cada celda de cristal líquido 34-2 de la matriz 31-2 puede conmutarse individualmente entre una primera fase de cristal líquido y una segunda fase de cristal líquido. Como se muestra en la figura 6B, una celda de cristal líquido 34-21 que está en la primera fase de cristal líquido transmite luz L_i incidente sobre el mismo hacia el detector de luz 20. Una celda de cristal líquido 34-22 que está en la segunda fase de cristal líquido, por otro lado, bloquea la luz incidente L_i , evitando que se transmita al detector de luz 20. Además, la parte no enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede consistir en celdas de cristal líquido de la matriz 31-2 que tienen cristales líquidos en la primera fase, mientras que la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede comprender celdas de cristal líquido de la matriz que tiene cristales líquidos en la segunda fase.

Volviendo a la realización de ejemplo ilustrada en la figura 4, la máscara de amplitud dinámica 30 está dispuesta en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para recibir, desde el componente de guía de luz 50, la luz reflejada desde el ojo 70, así como la luz reflejada de regreso por una o más superficies ópticas del componente de guía de luz 50. Como se señaló anteriormente, esta luz reflejada incide sobre la máscara de amplitud dinámica 30 con una distribución de intensidad espacial que varía en función del ángulo de barrido α del haz de luz 201 que barre el elemento de barrido 40.

La máscara de amplitud dinámica 30 en forma de DMD puede colocarse, como en la presente realización de ejemplo, en un plano de Fourier 255 del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10, en una trayectoria óptica entre el elemento de barrido 40 y el detector de luz 20, de modo que la luz reflejada desde el ojo 70 es guiada por el elemento de barrido 40 al detector de luz 20 por medio de la máscara de amplitud dinámica 30. Cuando el DMD se coloca en el plano de Fourier 255, la distribución de intensidad de la luz que incide sobre el DMD es indicativa de la distribución angular de la intensidad de la luz recibida desde el componente de guía de luz 50.

A modo de ejemplo, una lente convexa 270 implementa la transformada de Fourier de la luz SLO devuelta por el elemento de barrido 40, mientras que una lente convexa 250 implementa una transformada inversa para que el plano 245 detrás de la lente convexa 250 sea un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10. El plano de Fourier 255 de la luz devuelta desde el elemento de barrido 40 se sitúa así entre las lentes 250 y 270, en una posición que está a una distancia focal de cada una de las lentes 250 y 270. La lente convexa 250 puede colocarse, como en la presente realización de ejemplo, a una distancia de una distancia focal lejos del acoplador óptico 240.

El sistema de obtención de imágenes oftálmicas 10 puede comprender, como en la presente realización, además una lente convexa 280 para volver a enfocar la luz devuelta desde el elemento de barrido 40 para compensar los errores de difracción en el ojo 70 del sujeto. En el presente ejemplo, la posición de la lente convexa 280 está controlada por un motor de manera que la luz devuelta desde el ojo 70 se enfoca en un plano de imagen intermedio posicionado en 275.

Aunque la máscara de amplitud dinámica 30 está situada en un plano de Fourier 255 del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 en la presente realización de ejemplo, debe señalarse que la máscara de amplitud dinámica 30 puede colocarse alternativamente en un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10, como, por ejemplo, el plano en 275. Como alternativa adicional, la máscara de amplitud dinámica 30 puede colocarse en un plano que está entre el plano de la imagen y el plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10.

La máscara de amplitud dinámica 30 tiene una parte no enmascarada que está configurada para permitir que la luz reflejada desde el ojo 70 (y guiada a la máscara 30 por el componente de guía de luz 50) se propague al detector de luz 20, así como una parte enmascarada que está configurada para evitar que al menos parte de la luz retrorreflejada (es decir, la luz del elemento de barrido 40 que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 sin haber incidido en el ojo 70) llegue al detector de luz 20. La parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede consistir, como en la presente realización, en microespejos del DMD que se configuran en la primera orientación tal como se definió anteriormente, mientras que la parte no enmascarada consiste en los microespejos en el DMD que se configuran en la segunda orientación tal como se definió anteriormente. La figura 7 proporciona una ilustración esquemática de ejemplo de una máscara de amplitud dinámica 30 que comprende una parte enmascarada 36 y una parte no enmascarada 38. Cabe señalar que, aunque la figura 7 ilustra la parte enmascarada 36 que va a formarse por una sola región de la máscara 30, la parte enmascarada 36 puede estar formada alternativamente por una pluralidad de regiones aisladas en la máscara de amplitud dinámica 30.

Además, aunque la máscara de amplitud dinámica 30 de la presente realización de ejemplo está formada por elementos de enmascaramiento espacialmente discretos, tal como se describió anteriormente, la máscara de amplitud dinámica 30 puede configurarse alternativamente para proporcionar un enmascaramiento óptico que sea continuamente variable a través de una superficie de la máscara, para ejemplo, empleando una superficie reflectante continuamente deformable. Además, la máscara de amplitud dinámica 30 no necesita realizar una modulación binaria de luz tal como se ha descrito anteriormente y puede modular, en algunas realizaciones de ejemplo, la intensidad de la luz recibida para proporcionar niveles de intensidad de luz de salida intermedios que están entre un nivel de intensidad máximo (correspondiente a la luz que pasa de la máscara 30 al detector de luz 20 sin atenuar) y un nivel de intensidad mínimo (correspondiente a la luz que está completamente enmascarada (o bloqueada) por la máscara de amplitud dinámica 30, de modo que el detector de luz 20 detecta un valor correspondiente a intensidad de luz cero).

El controlador (no mostrado) de la máscara de amplitud dinámica 30 mencionado anteriormente está configurado para variar la distribución espacial de la parte enmascarada 36 en función del ángulo de barrido α del haz de luz 201 barrido por el elemento de barrido 40, de modo que la forma de la parte enmascarada 36 sigue la distribución de intensidad espacial de la luz retrorreflejada del componente de guía de luz 50 en la máscara de amplitud dinámica 30 a medida que el ángulo de barrido α del haz de luz 201 varía durante el transcurso de un barrido. La máscara de amplitud dinámica 30 está así configurada para reducir al menos parcialmente la intensidad de la luz retrorreflejada no deseada para todos los valores del ángulo de barrido α .

La máscara de amplitud dinámica 30 puede estar configurada, como en la presente realización de ejemplo, para recibir información indicativa del ángulo de barrido α del haz de luz 201 barrido por el elemento de barrido 40 (por ejemplo, señales que son indicativas de los ángulos de inclinación θ y φ , tales como señales de accionamiento generadas por el controlador del SLO para establecer las orientaciones del H-galvo 40a y V-galvo 40b), y usar la información recibida para determinar cuál de los microespejos 34 en la matriz de microespejos 31 debe establecerse en la primera orientación para formar la parte no enmascarada 38, y cuál de los microespejos 34 debe establecerse en la segunda orientación para formar al menos una parte de la parte enmascarada 36. Esta determinación puede basarse, como en la presente realización de ejemplo, en información de configuración de máscara prealmacenada que indica las respectivas orientaciones de los microespejos de la máscara de amplitud dinámica 30 que se van a establecer para cada intervalo de ángulo de barrido de una pluralidad de intervalos de ángulo de barrido. La información de configuración de la máscara se puede almacenar en cualquier forma adecuada, como una tabla de consulta, por ejemplo. Además, la información de configuración de la máscara puede obtenerse, como en la presente realización, por adelantado a través de un proceso de calibración, como se describe a continuación.

La información de configuración de la máscara para cada intervalo de ángulo de barrido se puede determinar de antemano sobre la base de una caracterización de la distribución de intensidad espacial de la luz retrorreflejada sobre una superficie de la máscara de amplitud dinámica 30. La distribución de intensidad espacial de la luz retrorreflejada en la máscara de amplitud dinámica 30 puede caracterizarse, por ejemplo, por controlar el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para realizar un barrido de imágenes en un objetivo de imágenes sustancialmente no reflectante (en lugar del ojo 70) o sin que esté presente un objetivo de imágenes, de modo que poca luz o ninguna luz distinta de la luz retrorreflejada se devuelve por el componente de guía de luz 50. En este caso, se puede disponer una matriz de fotodetectores (no mostrada) en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 en lugar de la máscara de amplitud dinámica 30 en el proceso de calibración para medir la luz retrorreflejada para varios ángulos de escaneo diferentes. Por ejemplo, en una realización de ejemplo en la que la máscara de amplitud dinámica 30 se coloca en un plano de Fourier (por ejemplo, el plano 255) del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para el funcionamiento normal del dispositivo 10, como en la presente realización de ejemplo, la distribución de intensidad de retrorreflexión se puede caracterizar en base a un proceso de calibración en el que se coloca una matriz de fotodetectores en el mismo plano de Fourier y se utiliza para adquirir una "imagen de reflexión", que proporciona una indicación de la distribución de intensidad angular de la luz retrorreflejada. Cabe señalar que, en realizaciones alternativas en las que la máscara de amplitud dinámica 30 se coloca en un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para el funcionamiento normal del dispositivo 10, una distribución de intensidad de retrorreflexión puede caracterizarse de manera similar basándose en un proceso de calibración utilizando la matriz de fotodetectores colocada en el mismo plano de la imagen (en lugar de la máscara de amplitud dinámica 30) para medir la distribución de intensidad espacial de la luz retrorreflejada a través de este plano para varios ángulos de barrido diferentes.

La matriz de fotodetectores (no mostrada) utilizada para generar la imagen de reflexión puede tener una superficie de detección que es sustancialmente del mismo tamaño que una superficie receptora de luz de la máscara de amplitud dinámica 30, y puede tener una densidad de matriz de fotodetectores tal que cada ubicación de fotodetector puede mapearse con respecto a un elemento correspondiente de la máscara de amplitud dinámica 30, por ejemplo, a un microespejo 34 correspondiente en la matriz de microespejos 31 que forma la máscara de amplitud dinámica 30 de la presente realización de ejemplo. La matriz de fotodetectores puede tener alternativamente una superficie de detección que es más grande que la superficie receptora de luz de la máscara de amplitud dinámica 30, y una densidad de matriz de fotodetectores diferente, y el mapeo entre las ubicaciones de los fotodetectores y los elementos correspondientes de la máscara de amplitud dinámica 30 puede determinarse por interpolación, por ejemplo.

Durante el proceso de calibración, la matriz de fotodetectores puede ser controlada por el controlador del SLO (o un ordenador dedicado conectado a la matriz de fotodetectores durante el proceso de calibración, por ejemplo) para registrar, para cada uno de una pluralidad de ángulos de barrido, una distribución de intensidad espacial de la luz que incide sobre la matriz de fotodetectores desde el componente de guía de luz 50 cuando el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 obtiene imágenes de un objetivo de obtención de imágenes de prueba con una reflectividad muy baja (idealmente cero). El controlador SLO registra la intensidad de la luz detectada en todas las ubicaciones de los fotodetectores en la matriz de fotodetectores para generar una imagen de reflexión para cada ángulo de barrido α . Las posiciones de píxel donde la luz detectada en la matriz (resultante del dispositivo de obtención de imágenes que obtiene la imagen de prueba) exhibe un valor de intensidad por encima de un umbral predeterminado pueden identificarse y registrarse para indicar las posiciones de la matriz que detectan un nivel significativo de la retrorreflexión. Dado que cada ubicación de fotodetector en la matriz de fotodetectores corresponde a un microespejo respectivo en la máscara de amplitud dinámica 30 en el presente ejemplo, las regiones de la matriz de fotodetectores que experimentan una intensidad significativamente alta de la luz retrorreflejada (es decir, por encima de un nivel de umbral predeterminado) pueden utilizarse para determinar la región enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30.

Por ejemplo, en la presente realización de ejemplo, después de obtener la imagen reflejada para un ángulo de barrido dado, los fotodetectores en la matriz de fotodetectores que han medido un valor de intensidad por encima del umbral predeterminado se mapean con respecto a los microespejos 34 de la matriz de microespejos 31 que están situados correspondientemente en la máscara de amplitud dinámica 30, y que deben establecerse en la segunda orientación para formar la parte enmascarada para ese ángulo de barrido α . La información que identifica estos microespejos puede almacenarse como información de configuración de máscara, en asociación con el ángulo de barrido

- 5 seleccionado en una unidad de memoria (por ejemplo, el almacenamiento de instrucciones 140) dentro del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10. Durante el funcionamiento normal del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10, la amplitud dinámica la máscara 30 puede, para cada ángulo de barrido planificado que va a usarse al obtener imágenes de un punto correspondiente en la región 80 del ojo 70, recuperar (de la unidad de memoria) la información de configuración de la máscara asociada con un ángulo de barrido usado durante la calibración que es el más cercano al ángulo de barrido planificado, y usar la información de configuración de máscara recuperada para configurar la máscara de amplitud dinámica 30 para evitar que la luz retrorreflejada generada para ese ángulo de barrido llegue al detector 20 (o al menos para reducir la intensidad de la luz retrorreflejada).
- 10 El proceso de calibración descrito anteriormente se realiza para una pluralidad de ángulos de barrido, y la información de configuración de máscara respectiva se almacena (en la unidad de memoria) para cada uno de la pluralidad de ángulos de barrido. Para cada ángulo de barrido planificado que va a usar el sistema de obtención de imágenes oftálmicas 10 mientras realiza un barrido, la información de configuración de la máscara almacenada en asociación con el ángulo de barrido más cercano utilizado durante la calibración puede recuperarse y usarse para establecer la configuración de la máscara de amplitud dinámica 30.
- 15 Las figuras 8A y 8B ilustran ejemplos de tablas de consulta que almacenan información de configuración de máscara obtenida durante el procedimiento de calibración descrito anteriormente, que puede ser utilizada por el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para determinar las orientaciones de microespejos que se utilizarán durante el transcurso de un barrido. Las tablas de consulta de ejemplo pueden almacenarse, por ejemplo, en la unidad de memoria.
- 20 La figura 8A ilustra una tabla de consulta de ejemplo que almacena información de configuración de máscara obtenida durante la calibración para un ángulo de inclinación θ del espejo H-galvo 40a del elemento de barrido 40 de 10° , y un ángulo de inclinación φ del espejo V-galvo 40b de 10° . La tabla de consulta en la figura 8A almacena la información de configuración de máscara en forma de una matriz bidimensional de valores de bits binarios, representando cada uno de los valores de bits binarios la primera orientación o la segunda orientación de un microespejo ubicado correspondientemente en el matriz de microespejos. El valor de bit "1" en la tabla indica que el microespejo 34 debe establecerse en la primera orientación descrita anteriormente, y el valor de bit "0" indica que el microespejo 34 debe establecerse en la segunda orientación. La figura 8B ilustra otro ejemplo de tabla de consulta que almacena información de configuración de máscara para un segundo conjunto de ángulos de barrido, a saber, $\theta = 20^\circ$ y $\varphi = 20^\circ$. Por supuesto, las tablas de consulta de ejemplo que se muestran en las figuras 8A y 8B tienen fines ilustrativos solamente, y el alcance de la invención no se limita necesariamente a ellos.
- 25 A cada microespejo 34 en la máscara de amplitud dinámica 30 se le asigna una coordenada (x,y) y corresponde a una entrada en la tabla. En consecuencia, las tablas de consulta en los ejemplos ilustrativos de las figuras 8A y 8B proporcionan información de configuración de máscara para una máscara de amplitud dinámica que tiene una matriz bidimensional de 16 microespejos, aunque en otras realizaciones de ejemplo del presente documento, las tablas de consulta pueden almacenar de manera más general la configuración de máscara para una máscara de amplitud dinámica que tiene un número mayor o menor de microespejos en su matriz de microespejos. En algunas implementaciones prácticas del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10, la tabla de consulta puede tener cientos o miles de entradas, por ejemplo.
- 30 En algunas realizaciones de ejemplo, la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede comprender una disposición intercalada de microespejos 34 en la primera orientación y microespejos en la segunda orientación. En dichas realizaciones de ejemplo, la máscara de amplitud dinámica 30 puede configurarse para recibir una señal de establecimiento de la relación generada en base a una entrada del usuario (a través de un dispositivo de entrada como un teclado o panel táctil conectado al controlador) y establecer, de acuerdo con la señal de establecimiento de relación recibida, una relación de varios microespejos 34 en la primera orientación en la parte enmascarada con respecto a varios microespejos 34 en la segunda orientación en la parte enmascarada.
- 35 La figura 9 ilustra un ejemplo de una máscara de amplitud dinámica 30 que tiene una parte no enmascarada 38 y una parte enmascarada 39 que comprende una disposición intercalada de microespejos 34 en las orientaciones primera y segunda, donde los cuadrados blancos en el patrón de tablero de ajedrez ilustrado en la parte enmascarada 39 representan microespejos en la primera orientación mientras que los cuadrados negros representan microespejos en la segunda orientación. En el ejemplo de la figura 9, la máscara de amplitud dinámica 30 está configurada de acuerdo con una señal de establecimiento de relación que indica una relación del 50 %, de modo que la mitad de los microespejos 34 dentro de la parte enmascarada 39 se establecen en la segunda orientación, estando los restantes microespejos 34 en la parte enmascarada 39 en la primera orientación. Ajustando la relación de varios microespejos 34 en la primera orientación a varios microespejos 34 en la segunda orientación en la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30, la intensidad de la luz detectada por el detector de luz 20 se puede ajustar para obtener un equilibrio satisfactorio entre la SNR de la señal detectada (imagen de reflexión) y la eficacia de la supresión de la retrorreflexión.
- 40 En algunas realizaciones de ejemplo, donde la máscara de amplitud dinámica 30 toma la forma alternativa de una matriz de celdas de cristal líquido, la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 puede comprender de manera similar una disposición intercalada de celdas de cristal líquido en la primera fase y celdas de cristal líquido en la segunda fase. En tales realizaciones, la máscara de amplitud dinámica 30 también puede configurarse para
- 45
- 50
- 55
- 60

recibir una señal de establecimiento de relación generada sobre la base de una entrada de usuario tal como se ha descrito anteriormente y establecer, de acuerdo con la señal de establecimiento de relación recibida, una relación de varias celdas de cristal líquido en la primera fase en la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30 a varias celdas de cristal líquido en la segunda fase en la parte enmascarada de la máscara de amplitud dinámica 30.

5 Cabe señalar que, en realizaciones de ejemplo como la ilustrada en la figura 4, la máscara de amplitud dinámica 30 está preferiblemente dispuesta en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para enmascarar no solo la luz que ha viajado hacia la máscara 30 desde el ojo 70 a través del componente de guía de luz 50 y el elemento de barrido 40 sino también la luz que viaja en la dirección opuesta, desde la fuente de luz 200 hacia el ojo 70. En este tipo de disposición óptica, la máscara de amplitud dinámica 30 puede variar, además de suprimir la luz retrorreflejada, también la intensidad de la luz que entra en el ojo 70 cuando el ángulo de barrido α y, por lo tanto, la configuración de la máscara 30 varía durante el transcurso de un barrido realizado por el dispositivo de obtención de imágenes oftálmica 10. La fluctuación de la intensidad del haz de luz que entra en el ojo 70 puede causar artefactos en la imagen ocular adquirida.

10 Para abordar lo anterior, el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 puede comprender, como en la presente realización de ejemplo, además un controlador de intensidad de luz 210, que está configurado para controlar la intensidad de la luz recibida por la máscara de amplitud dinámica 30, que es para formar el haz de luz 210 barrido a través del componente de guía de luz 50 por el elemento de barrido 40, en función del ángulo de barrido α , de modo que la intensidad del haz de luz 201 escaneado a través del componente de guía de luz 50 por el elemento de barrido 40 es sustancialmente independiente del ángulo de barrido α .

20 El controlador de intensidad de luz 210 puede comprender, como en la presente realización de ejemplo, un atenuador óptico variable (no mostrado en la figura 4), que está configurado para atenuar la luz (de la fuente de luz 200) que debe recibir la máscara de amplitud dinámica 30 y formar el haz de luz barrido a través del componente de guía de luz 50 por el elemento de barrido 40. El controlador de intensidad de luz 210 puede configurarse para controlar el atenuador óptico variable para variar la atenuación de la luz en función del ángulo de barrido de modo que la intensidad del haz de luz barrido a través del componente de guía de luz 50 por el elemento de barrido 40 es sustancialmente independiente del ángulo de barrido. El nivel de atenuación realizado por el atenuador óptico variable (no mostrado) puede seleccionarse basándose en una caracterización previa de una fluctuación de potencia de la luz lanzada al ojo 70 para cada uno de varios ángulos de barrido diferentes. Esta caracterización previa se puede realizar midiendo la intensidad de la salida del haz de luz del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10 para cada uno de los ángulos de barrido. Alternativamente, el controlador de intensidad de luz 210 puede configurarse, como en la presente realización, para controlar el atenuador óptico variable (no mostrado) para variar la atenuación de la luz usando la información de configuración de máscara para cada ángulo de barrido. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el controlador de intensidad de luz 210 puede controlar el atenuador óptico variable para variar su atenuación en función de la variación de la relación de orientación del microespejo con el ángulo de barrido que se ha discutido anteriormente (por ejemplo, y la información correspondiente de una tabla de consulta). De manera más general, dado que la fluctuación de la intensidad del haz de luz barrido a través del ojo 70 está directamente relacionada con los cambios en el área de la parte enmascarada 32 en la máscara de amplitud dinámica 30, cualquier información que sea indicativa de una variación del área de la parte enmascarada con el ángulo de barrido puede ser utilizada por el controlador 210 para establecer el nivel requerido de atenuación del atenuador en función del ángulo de barrido.

[Realización 2]

40 En las realizaciones de ejemplo descritas anteriormente, se proporciona una sola máscara de amplitud dinámica 30 en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10, por ejemplo, en un plano de Fourier (por ejemplo, 255) o un plano de imagen (por ejemplo, 275) del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10. Sin embargo, el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas puede comprender más de una máscara de amplitud dinámica 30 y puede comprender, como en la presente realización de ejemplo, una primera máscara de amplitud dinámica que está situada en un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (igual que en la primera realización de ejemplo) y una segunda máscara de amplitud dinámica que está situada en un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas. La segunda máscara de amplitud dinámica puede comprender una segunda parte no enmascarada y una segunda parte enmascarada, donde la segunda parte enmascarada también tiene una distribución espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido 40.

50 Por lo tanto, en la segunda realización de ejemplo, que es una variante de la realización de ejemplo descrita anteriormente con referencia a la figura 4, la primera máscara de amplitud dinámica se coloca en el plano de Fourier 255 y la segunda máscara de amplitud dinámica se coloca en el plano de imagen 275. Por tanto, la primera máscara de amplitud dinámica está dispuesta para realizar, basándose en el ángulo de barrido, la modulación espacial de la luz de la luz reflejada desde el componente de guía de luz 50 en el plano de Fourier. La segunda máscara de amplitud dinámica está configurada para realizar, basándose en el ángulo de barrido, la modulación de luz espacial de la luz reflejada desde el componente de guía de luz 50 en el plano de imagen.

60 En la segunda realización de ejemplo, aunque tanto la primera máscara de amplitud dinámica como la segunda máscara de amplitud dinámica están configuradas para variar las distribuciones espaciales de sus respectivas porciones enmascaradas en función del ángulo de barrido, cabe señalar que, para cualquier ángulo de barrido, la

primera la máscara de amplitud dinámica puede configurarse para tener una parte enmascarada que tiene una distribución espacial diferente a la de la parte enmascarada de la segunda máscara de amplitud dinámica, ya que la distribución espacial de la luz reflejada que incide en las dos máscaras de amplitud dinámica puede ser diferente. Puede usarse un proceso de calibración similar al descrito anteriormente con referencia a la primera realización de ejemplo para obtener la información de configuración de máscara de la segunda máscara de amplitud dinámica.

En otros aspectos, la presente realización de ejemplo es la misma que la primera realización de ejemplo, y las variaciones y modificaciones de la primera realización de ejemplo descrita anteriormente son aplicables a la presente realización.

[Realización 3]

En una tercera realización de ejemplo, las partes enmascaradas y no enmascaradas de la máscara de amplitud dinámica descrita en la primera realización de ejemplo se proporcionan en una primera región de un plano (donde esas partes se denominan primera parte enmascarada y primera parte no enmascarada, respectivamente), y la máscara de amplitud dinámica comprende además una segunda parte enmascarada y una segunda parte no enmascarada, que se proporcionan en una segunda región del mismo plano, siendo la segunda región distinta o separada de la primera región. Además, la primera región del plano coincide con un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas, y la segunda región del plano coincide con un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas.

Además, la segunda parte no enmascarada está configurada para permitir que la luz de la primera parte del haz de luz, que ha sido reflejada por la región 80 del ojo 70 y haya pasado a través de la (primera) parte no enmascarada en la primera región de la máscara de amplitud dinámica, se propague al detector de luz 20. Además, la segunda parte enmascarada tiene una distribución espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido. En particular, la distribución espacial de la segunda parte enmascarada está configurada para variar de tal manera que la segunda parte enmascarada evita que al menos parte de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50, y que ha pasado a través de la (primera) parte no enmascarada de la máscara de amplitud dinámica en la primera región, llegue al detector de luz 20, cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región 80 del ojo 70.

La figura 10 es una ilustración esquemática de un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-3 de acuerdo con la tercera realización de ejemplo. En la figura 10, una máscara de amplitud dinámica 295 comprende una primera región R-1 que coincide con un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-3. La primera región R-1 comprende una primera parte enmascarada R_M-1 y una primera parte no enmascarada P_U-1 . La máscara de amplitud dinámica 295 comprende además una segunda región R-2 que coincide con un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-3. La segunda región R-2 comprende una segunda parte enmascarada R_M-2 y una segunda parte no enmascarada R_U-2 . Como se ilustra en la figura 10, la primera región R-1 y la segunda región R-2 están situadas en el mismo plano y están separadas entre sí. Otros componentes del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-3 ilustrado en la figura 10 que tienen los mismos números de referencia que los que se muestran en la primera realización de ejemplo de la figura 4, funcionan de la misma manera que los componentes correspondientes de la primera realización de ejemplo ilustrada en la figura 4. Además de la implementación diferente de la máscara de amplitud dinámica 295, la única diferencia es que en la figura 10 hay una reorganización de las lentes convergentes 250 y 270, y se proporciona un espejo 290 que sirve para guiar la luz entre la primera región R-1 y la segunda región R-2. Esta reorganización permite que un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-3 y el plano de obtención de imágenes del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-3 sean coplanares, en la realización de ejemplo que se muestra en la figura 10.

En otros aspectos, la presente realización de ejemplo es la misma que la primera realización de ejemplo, y las variaciones y modificaciones de la primera realización de ejemplo descrita anteriormente son aplicables a la presente realización.

[Realización 4]

Cada uno de los dispositivos de obtención de imágenes oftálmicas de las realizaciones de ejemplo descritas anteriormente está provisto de al menos una máscara de amplitud dinámica 30, 295 para enmascarar físicamente la luz devuelta por el componente de guía de luz 50, para reducir la reflexión no deseada en la imagen generada por el detector de luz 20, 200. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas de la cuarta realización de ejemplo, por otra parte, está configurado para realizar el enmascaramiento en un dominio digital, específicamente mediante el procesamiento de imágenes adquiridas durante el transcurso de un barrido para reducir reflexiones no deseadas en las mismas. La presente realización de ejemplo difiere de la primera realización de ejemplo porque tiene, en lugar del detector de luz 20 y la máscara de amplitud dinámica 30 como componente físico, un fotodetector y un procesador de imágenes configurados para implementar una máscara digital que procesa una imagen detectada y digitalmente elimina las reflexiones no deseadas. Sin embargo, en común con las realizaciones de ejemplo anteriores, la presente realización de ejemplo también hace uso de información que indica cómo varía la distribución de intensidad de las reflexiones del componente de guía de luz 50 con el ángulo de barrido. En particular, debido a la naturaleza dependiente del ángulo de la luz reflejada, la máscara digital está adaptada para realizar el enmascaramiento digital dinámicamente basándose en el ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido.

La figura 11 ilustra un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4 para obtener imágenes del ojo 70 según la cuarta realización de ejemplo. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4 comprende un componente de guía de luz 50 y un elemento de barrido 40, que son los mismos que en la primera realización. Es decir, el elemento de barrido 40 puede operar para barrer un haz de luz a través del componente de guía de luz 50 de manera que una primera parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz 50 es guiada por el componente de guía de luz 50 para barrer a través de una región del ojo 70, y una segunda parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz 50 es reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4 comprende además un fotodetector 37 que tiene una superficie de detección de luz. El fotodetector 37 está dispuesto en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4 para detectar una distribución de intensidad de luz espacial de la luz que incide sobre la superficie de detección de luz, comprendiendo la luz incidente la luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región 80 del ojo 70 y guiada al fotodetector 37 por el componente de guía de luz 50, y la luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 e incide en el fotodetector 37 con una distribución de intensidad espacial sobre la superficie de detección de luz que varía en función de un ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido 40.

A modo de ejemplo, el fotodetector 37 puede proporcionarse, como en la presente realización, en forma de un sensor de imagen complementario de semiconductor de óxido de metal (CMOS). Sin embargo, el fotodetector 37 puede adoptar alternativamente la forma de un sensor de imagen de dispositivo acoplado por carga (CCD), por ejemplo, o cualquier otro dispositivo que sea capaz de registrar una distribución de intensidad espacial de la luz que incide sobre el mismo. Además, en la presente realización de ejemplo, el fotodetector 37 se coloca en un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4, aunque el fotodetector 37 se puede colocar alternativamente en el plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4, o en otro plano que está situado entre el plano de imagen y el plano de Fourier.

El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4 comprende además un procesador de imágenes 25, que está configurado para procesar datos generados por el fotodetector 37, que es indicativo de la distribución de intensidad de luz espacial detectada por el fotodetector 37 sobre una superficie de detección del mismo, específicamente mediante la aplicación de un máscara digital a los datos indicativos de la distribución de intensidad de luz espacial para reducir los valores de la intensidad de la luz detectada en una parte enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial detectada que ha sido enmascarada por la máscara digital, y para generar datos de imagen basados en la distribución de intensidad de luz procesada. Por ejemplo, cuando los datos generados por el fotodetector 37 se pueden representar como una matriz bidimensional de valores de píxeles, siendo cada valor de píxel indicativo de la intensidad de la luz medida por el fotodetector 37 en una ubicación respectiva en la superficie de detección correspondiente a la ubicación del píxel, la máscara digital puede comprender una matriz de valores de máscara del tamaño correspondiente, estando configurado el procesador de imagen 25 para procesar los datos adquiridos por el fotodetector 37 multiplicando cada píxel en la matriz bidimensional de valores de píxel por el valor de máscara que se encuentra correspondientemente en la máscara digital. A modo de ejemplo, cada valor de máscara puede ser "1" o "0", de modo que una parte enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial detectada consta de ceros, mientras que la parte restante no enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial detectada consta de valores de intensidad sin cambios detectados por el fotodetector 37. La parte enmascarada tiene una distribución espacial de ceros que está configurada para variar en función del ángulo de barrido para eliminar sustancialmente una contribución de la luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 a los datos de imagen generados por el procesador de imágenes 25 cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región 80 del ojo 70.

Debe señalarse, sin embargo, que los valores de máscara, con los que los píxeles ubicados correspondientemente en la matriz bidimensional de valores de píxeles generados por el fotodetector 37 se multiplican en la parte enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial, no necesitan ser "0", y alternativamente podría tomar cualquier valor intermedio entre 1 y 0 para que la parte enmascarada tenga una distribución espacial de los valores ponderados que está configurada para variar en función del ángulo de barrido para reducir hasta cierto punto (por ejemplo, por un porcentaje predefinido) una contribución de la luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz 50 a los datos de imagen generados por el procesador de imágenes 25 a medida que la primera parte del haz de luz se barre a través de la región 80 del ojo 70.

El procesador de imágenes de la cuarta realización de ejemplo puede implementarse utilizando el hardware de procesamiento de señal programable ilustrado en la figura 3 y descrito previamente en relación con la implementación de un controlador para la máscara de amplitud dinámica 30 de las realizaciones de ejemplo anteriores.

Al igual que con la máscara de amplitud dinámica 30 del primer, segundo y tercer ejemplo de realización, la máscara digital de la presente realización de ejemplo está configurada dinámicamente para diferentes ángulos de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido 40. Más específicamente, los valores de máscara utilizados para realizar el enmascaramiento digital pueden variar según el ángulo de barrido utilizado, de modo que se enmascara una región diferente de la distribución de luz espacial detectada para cada ángulo de barrido diferente. Para determinar una máscara digital apropiada para cada ángulo de barrido empleado por el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas 10-4, se puede utilizar un proceso de calibración similar al descrito en relación con las realizaciones de

ejemplo primera, segunda y tercera. Más específicamente, la distribución de intensidad espacial de la luz retrorreflejada se puede caracterizar para cada ángulo de barrido realizando un barrido en un objetivo de obtención de imágenes sustancialmente no reflectante o sin que esté presente ningún objetivo de obtención de imágenes. Basándose en la distribución de luz espacial de la luz retrorreflejada en el fotodetector 37, se puede establecer un conjunto de valores de máscara correspondientes a cada máscara digital para cada ángulo de barrido y almacenarse en una memoria del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas.

En la descripción anterior, los aspectos de ejemplo se describen con referencia a varias realizaciones de ejemplo. En consecuencia, la especificación debe considerarse ilustrativa y no restrictiva. De manera similar, las figuras ilustradas en los dibujos, que resaltan la funcionalidad y las ventajas de las realizaciones de ejemplo, se presentan solo con fines de ejemplo. La arquitectura de las realizaciones de ejemplo es lo suficientemente flexible y configurable, de modo que se puede utilizar (y navegar) de maneras distintas a las que se muestran en las figuras adjuntas.

Las realizaciones de software de los ejemplos presentados en este documento pueden proporcionarse como un programa informático o software, como uno o más programas que tienen instrucciones o secuencias de instrucciones, incluidas o almacenadas en un artículo de fabricación, como un medio accesible o legible por máquina, un almacenamiento de instrucciones o un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador, cada uno de los cuales puede ser no transitorio, en una realización de ejemplo (y puede formar una memoria o un almacenamiento). El programa o las instrucciones en el medio no transitorio accesible por máquina, el medio legible por máquina, la memoria, el almacenamiento de instrucciones o el dispositivo o medio de almacenamiento legible por ordenador pueden usarse para programar un sistema informático u otro dispositivo electrónico. El dispositivo/medio legible por máquina o por ordenador, la memoria, el almacenamiento de instrucciones y el dispositivo de almacenamiento pueden incluir, entre otros, disquetes flexibles, discos ópticos y discos magneto-ópticos u otros tipos de medios/medios legibles por máquina/ almacenamiento de instrucciones/dispositivo de almacenamiento adecuados para almacenar o transmitir instrucciones electrónicas. Las técnicas descritas en este documento no se limitan a ninguna configuración de software en particular. Pueden encontrar aplicabilidad en cualquier entorno informático o de procesamiento. Los términos "medio legible por ordenador", "medio accesible por máquina", "medio legible por máquina", "memoria", "almacenamiento de instrucciones", "medio de almacenamiento legible por ordenador" y "dispositivo de almacenamiento legible por ordenador" utilizados en el presente documento incluirán cualquier medio que sea capaz de almacenar, codificar o transmitir instrucciones o una secuencia de instrucciones para su ejecución por la máquina, ordenador o procesador de ordenador y que haga que la máquina/ordenador/procesador de ordenador realice cualquiera de los métodos descritos en el presente documento. Además, es común en la técnica hablar de software, en una forma u otra (por ejemplo, programa, procedimiento, proceso, aplicación, módulo, unidad, lógica, etc.), como si realizara una acción o causara un resultado. Tales expresiones son simplemente una forma abreviada de afirmar que la ejecución del software por parte de un sistema de procesamiento hace que el procesador realice una acción para producir un resultado.

Algunas realizaciones también pueden implementarse mediante la preparación de circuitos integrados específicos de la aplicación, conjuntos de puertas programables en campo o mediante la interconexión de una red apropiada de circuitos de componentes convencionales.

Algunas realizaciones incluyen un producto de programa informático. El producto de programa informático puede ser un medio o medios de almacenamiento, memoria, almacenamiento(s) de instrucciones o dispositivo(s) de almacenamiento, que tienen instrucciones almacenadas en los mismos que pueden usarse para controlar, o hacer que un ordenador o procesador de ordenador realice cualquiera de los procedimientos de las realizaciones de ejemplo descritas en el presente documento. El medio de almacenamiento/memoria/almacenamiento de instrucciones/dispositivo de almacenamiento puede incluir, por ejemplo y sin limitación, un disco óptico, una ROM, una RAM, una EPROM, una EEPROM, una DRAM, una VRAM, una memoria flash, una tarjeta flash, una tarjeta magnética, una tarjeta óptica, nanosistemas, un circuito integrado de memoria molecular, un RAID, almacenamiento/archivo/almacenamiento remoto de datos y/o cualquier otro tipo de dispositivo adecuado para almacenar instrucciones y/o datos.

Almacenado en cualquiera de los medios legibles por ordenador, memoria, almacenamiento(s) de instrucciones o dispositivo(s) de almacenamiento, algunas implementaciones incluyen software para controlar tanto el hardware del sistema como para permitir que el sistema o el microprocesador interactúen con un usuario humano u otro mecanismo que utiliza los resultados de las realizaciones de ejemplo descritas en el presente documento. Dicho software puede incluir, entre otros, controladores de dispositivos, sistemas operativos y aplicaciones de usuario. En última instancia, dichos medios o dispositivos de almacenamiento legibles por ordenador incluyen además software para realizar aspectos de ejemplo de la invención, como se describe anteriormente.

En la programación y/o el software del sistema se incluyen módulos de software para implementar los procedimientos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones de ejemplo del presente documento, un módulo incluye software, aunque en otras realizaciones de ejemplo del presente documento, un módulo incluye hardware o una combinación de hardware y software.

Si bien anteriormente se han descrito varias realizaciones de ejemplo de la presente invención, debe entenderse que se han presentado a modo de ejemplo y no de limitación. Será evidente para los expertos en la(s) técnica(s)

relevante(s) que se pueden realizar diversos cambios en forma y detalle en el mismo. Por lo tanto, la presente invención no debe estar limitada por ninguna de las realizaciones de ejemplo descritas anteriormente, sino que debe definirse solo de acuerdo con las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

- 5 Además, el propósito del Resumen es permitir que la Oficina de Patentes y el público en general, y especialmente los científicos, ingenieros y profesionales en la materia que no estén familiarizados con términos legales o de patentes o fraseología, determinen rápidamente a partir de una inspección superficial la naturaleza y esencia de la divulgación técnica de la solicitud. El Resumen no pretende ser limitativo en cuanto al alcance de las realizaciones de ejemplo presentadas en el presente documento de ninguna manera. También debe entenderse que cualquier procedimiento mencionado en las reivindicaciones no necesita realizarse en el orden presentado.
- 10 Si bien esta especificación contiene muchos detalles de realización específicos, estos no deben interpretarse como limitaciones en el alcance de cualquier invención o de lo que se puede reivindicar, sino más bien como descripciones de características específicas de realizaciones particulares descritas en el presente documento.

Habiendo descrito ahora algunas realizaciones ilustrativas y realizaciones, es evidente que lo anterior es ilustrativo y no limitativo, habiéndose presentado a modo de ejemplo.

- 15 Las realizaciones anteriores son ilustrativas en lugar de limitativas de los sistemas y métodos descritos. El alcance de los sistemas y aparatos ópticos descritos en el presente documento se define, por lo tanto, en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) para obtener imágenes de un ojo (70), que comprende:
 - un componente de guía de luz (50);
 - 5 un elemento de barrido (40) operable para barrer un haz de luz a través del componente de guía de luz (50) de manera que una primera parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz (50) es guiada por el componente de guía de luz (50) para barrer a través de una región del ojo (70), y una segunda parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz (50) es reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50);
 - 10 un detector de luz (20) configurado para detectar luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región (80) del ojo (70) y guiada al detector de luz (20) por el componente de guía de luz (50);
 caracterizado por que comprende, además:
 - 15 una máscara de amplitud dinámica (30; 295) que está dispuesta en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) para recibir, desde el componente de guía de luz (50), luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por la región (80) del ojo, y luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50) e incide en la máscara de amplitud dinámica (30) con una distribución de intensidad espacial que varía en función de un ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido (40),
 - 20 en el que la máscara de amplitud dinámica (30) tiene una parte no enmascarada (38) configurada para permitir que la luz recibida de la primera parte del haz de luz, que ha sido reflejada por la región (80) del ojo (70), se propague al detector de luz (20), y una parte enmascarada (36) que tiene una distribución espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido de modo que la parte enmascarada (36) evita que al menos parte de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50) no llegue al detector de luz (20) cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región del ojo (80).
- 25 2. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 1, en el que el componente de guía de luz (50) comprende uno de:
 - una o más lentes (55-1, 55-2, 55-3) configuradas para guiar la primera parte del haz de luz para barrer a través de la región (80) del ojo (70); o
 - 30 un espejo (50-2) que tiene una forma configurada para guiar la primera parte del haz de luz desde el elemento de barrido (40) hasta una pupila del ojo (70), estando situado el elemento de barrido (40) en un primer punto focal del espejo (50-2) y estando situada una pupila del ojo (80) en un segundo punto focal (P_F) del espejo (50-2) durante el uso del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-2; 10-3).
- 35 3. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la máscara de amplitud dinámica (30; 295) comprende una matriz (31) de microespejos, pudiendo conmutarse cada microespejo (34) en la matriz (31) individualmente entre una primera orientación (34-01), en la que el microespejo (34) refleja la luz que incide sobre el mismo hacia el detector de luz (20), y una segunda orientación (34-02), en la que el microespejo (34) refleja la luz que incide sobre el mismo lejos del detector de luz (20), y en el que la parte no enmascarada (38) de la máscara de amplitud dinámica (30) consta de microespejos (34) de la matriz (31) que están en la primera orientación (34-01), y la parte enmascarada (36) de la máscara de amplitud dinámica (30; 295) comprende al menos algunos microespejos (34) de la matriz (31) que están en la segunda orientación (34-02).
- 40 4. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 3, en el que
 - la parte enmascarada (39) de la máscara de amplitud dinámica (30) comprende una disposición intercalada de microespejos en la primera orientación (34-01) y microespejos en la segunda orientación (34-02), y
 - 45 la máscara de amplitud dinámica (30; 295) está configurada para recibir una señal de establecimiento de relación y establecer, de acuerdo con la señal de establecimiento de relación recibida, una relación de varios microespejos en la primera orientación (34-01) en la parte enmascarada (39) de la máscara de amplitud dinámica (30; 295) a varios microespejos en la segunda orientación (34-02) en la parte enmascarada (39) de la máscara de amplitud dinámica (30; 295).
- 50 5. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que cada uno de los microespejos es un dispositivo de microespejo digital, DMD.
6. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la máscara de amplitud dinámica comprende una matriz (31-2) de celdas de cristal líquido (34-2), en la que un cristal líquido en cada celda de cristal líquido (34-2) de la matriz se puede conmutar individualmente entre una

- primera fase, en la que la celda de cristal líquido (34-21) transmite luz (L_i) que incide sobre la misma hacia el detector de luz (20), y una segunda fase, en la que la celda de cristal líquido (34-22) impide que la luz (L_i) que incide sobre la misma se transmita hacia el detector de luz (20), en el que la parte no enmascarada (38) de la máscara de amplitud dinámica (295) consta de celdas de cristal líquido (34-21) de la matriz (31-2) que tienen cristales líquidos en la primera fase, y la parte enmascarada (36) de la máscara de amplitud dinámica (30; 295) comprende al menos algunas celdas de cristal líquido (34-22) de la matriz (31-2) que tienen cristales líquidos en la segunda fase.
- 5
7. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 6, en el que
- la parte enmascarada (36) de la máscara de amplitud dinámica (30) comprende una disposición intercalada de celdas de cristal líquido (34-21) en la primera fase y celdas de cristal líquido (34-22) en la segunda fase, y
- 10 la máscara de amplitud dinámica (295) está configurada para recibir una señal de establecimiento de relación y establecer, de acuerdo con la señal de establecimiento de relación recibida, una relación de varias celdas de cristal líquido (34-21) en la primera fase en la parte enmascarada (36) de la máscara de amplitud dinámica (295) a varias celdas de cristal líquido (34-22) en la segunda fase en la parte enmascarada (36) de la máscara de amplitud dinámica (295).
- 15
8. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la máscara de amplitud dinámica (30; 295) está situada en al menos uno de un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3), un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) o un plano en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) que se encuentra entre el plano de imagen y el plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3).
- 20
9. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que
- la máscara de amplitud dinámica (30; 295) está dispuesta en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) para recibir luz que formará el haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40),
- 25
- la parte no enmascarada (38) de la máscara de amplitud dinámica (30; 295) está configurada para permitir que una primera parte de la luz recibida, que va a formar el haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40), se propague al elemento de barrido (40), y la parte enmascarada (36) de la máscara de amplitud dinámica (30; 295) está configurada para evitar que al menos parte de la luz recibida, que va a formar el haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40), se propague al elemento de barrido (40), y
- 30
- el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) comprende además un controlador de intensidad de luz (210) configurado para controlar, en función del ángulo de barrido, la intensidad de la luz recibida por la máscara de amplitud dinámica (30; 295), que va a formar el haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40), de tal manera que la intensidad del haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40) sea sustancialmente independiente del ángulo de barrido.
- 35
10. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10; 10-2; 10-3) según la reivindicación 9, en el que el controlador de intensidad de luz (210) comprende:
- 40 un atenuador óptico variable configurado para atenuar la luz que va a ser recibida por la máscara de amplitud dinámica (30; 295) y va a formar el haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40),
- en el que el controlador de intensidad de luz (210) está configurado para controlar el atenuador óptico variable para variar la atenuación de la luz en función del ángulo de barrido, de modo que la intensidad del haz de luz barrido a través del componente de guía de luz (50) por el elemento de barrido (40) sea sustancialmente independiente del ángulo de barrido.
- 45
11. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-3) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:
- 50 la parte enmascarada (R_M-1) y la parte no enmascarada (R_U-1) de la máscara de amplitud dinámica (295) se proporcionan en una primera región (R-1) de un plano;
- la máscara de amplitud dinámica (295) comprende además una segunda parte no enmascarada (R_U-2) configurada para permitir que la luz de la primera parte del haz de luz, que ha sido reflejada por la región (80) del ojo (70) y ha pasado a través de la parte no enmascarada (R_U-1) de la máscara de amplitud dinámica (295), se propague hacia el detector de luz (20), y una segunda parte enmascarada (R_M-2) que tiene una distribución

- 5 espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido de manera que la segunda parte enmascarada (R_M-2) evite que al menos parte de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50) y que ha pasado a través de la parte no enmascarada (R_U-1) de la máscara de amplitud dinámica (295) llegue al detector de luz (20) cuando la primera parte del haz de luz se barre a través de la región (80) del ojo (70), en el que la segunda parte enmascarada (R_M-2) y la segunda parte no enmascarada (R_U-2) están provistas en una segunda región (R-2) del plano que está separada de la primera región (R-1); y
- la primera región (R-1) del plano coincide con un plano de imagen del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-3), y la segunda región (R-2) del plano coincide con un plano de Fourier del dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-3).
- 10 12. Un dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-4) para obtener imágenes de un ojo (70), que comprende:
- un componente de guía de luz (50);
- 15 un elemento de barrido (40) operable para barrer un haz de luz a través del componente de guía de luz (50) de tal manera que una primera parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz (50) es guiada por el componente de guía de luz (50) para barrer a través de una región del ojo (70), y una segunda parte del haz de luz que incide sobre el componente de guía de luz (50) es reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50);
- caracterizado por que comprende, además:
- 20 un fotodetector (37) que está dispuesto en el dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-4) para detectar una distribución de intensidad de luz espacial, a través de una superficie de detección de luz del fotodetector (37), de la luz que incide sobre la superficie de detección de luz, en el que la luz comprende luz de la primera parte del haz de luz que ha sido reflejada por una región (80) del ojo y guiada al fotodetector (37) por el componente de guía de luz (50), y luz de la segunda parte del haz de luz que ha sido reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50) e incide en el fotodetector (37) con una distribución de intensidad espacial que
- 25 varía en función del ángulo de barrido del haz de luz barrido por el elemento de barrido (40); y
- un procesador de imágenes (25) configurado para procesar la distribución de intensidad de luz espacial detectada por el fotodetector (37) aplicando una máscara digital a la distribución de intensidad de luz espacial para reducir los valores de intensidad de luz detectada en una parte enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial detectada que ha sido enmascarada por la máscara digital, y para generar datos de imagen basados
- 30 en la distribución de intensidad de luz espacial procesada, en el que la parte enmascarada tiene una distribución espacial que está configurada para variar en función del ángulo de barrido para reducir un contribución de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de guía de luz (50) a los datos de imagen generados a medida que la primera parte del haz de luz se barre a través de la región del ojo (70).
- 35 13. El dispositivo de obtención de imágenes oftálmicas (10-4) según la reivindicación 12, en el que el procesador de imágenes (25) está configurado para procesar la distribución de intensidad de luz espacial aplicando la máscara digital a la distribución de intensidad de luz espacial para establecer valores de la intensidad de luz detectada en la parte enmascarada de la distribución de intensidad de luz espacial detectada para indicar una intensidad de luz cero, en el que la distribución espacial de la parte enmascarada está configurada para variar en función del ángulo de barrido para eliminar la contribución de la luz de la segunda parte del haz de luz reflejada de regreso por el componente de
- 40 guía de luz (50) a los datos de imagen generados a medida que la primera parte del haz de luz se barre a través de la región del ojo (70).

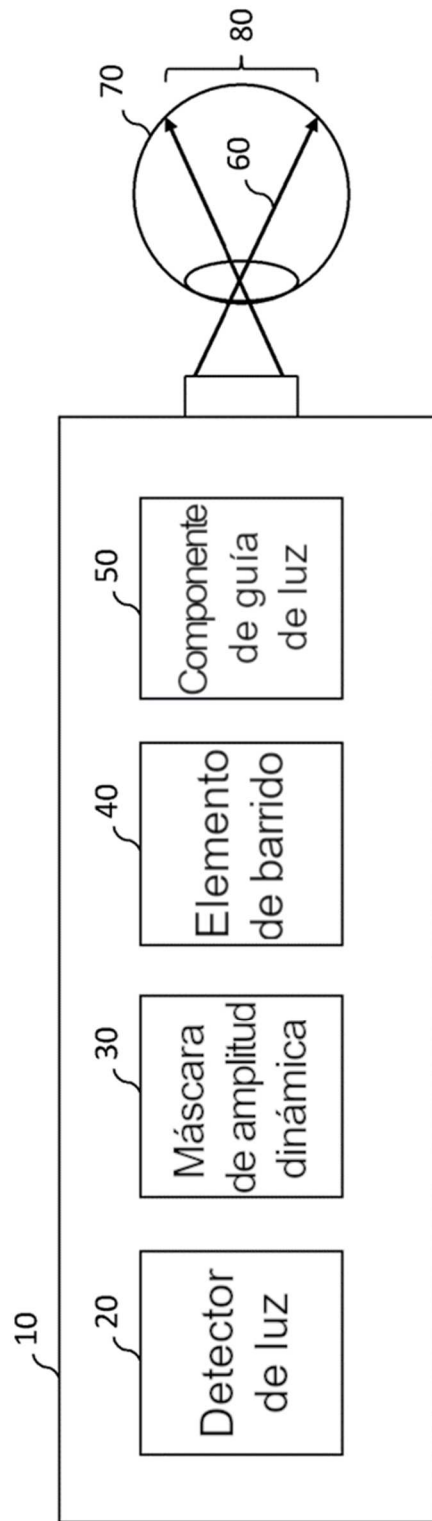


Fig. 1

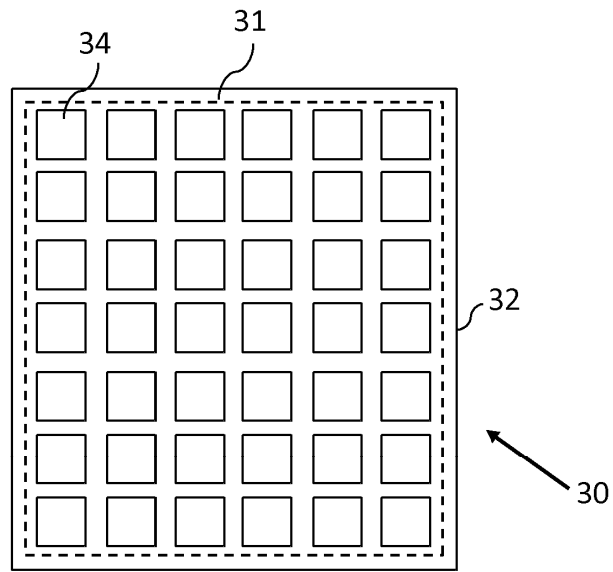


Fig. 2A

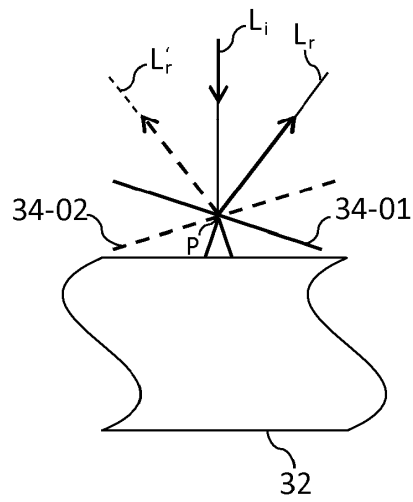


Fig. 2B

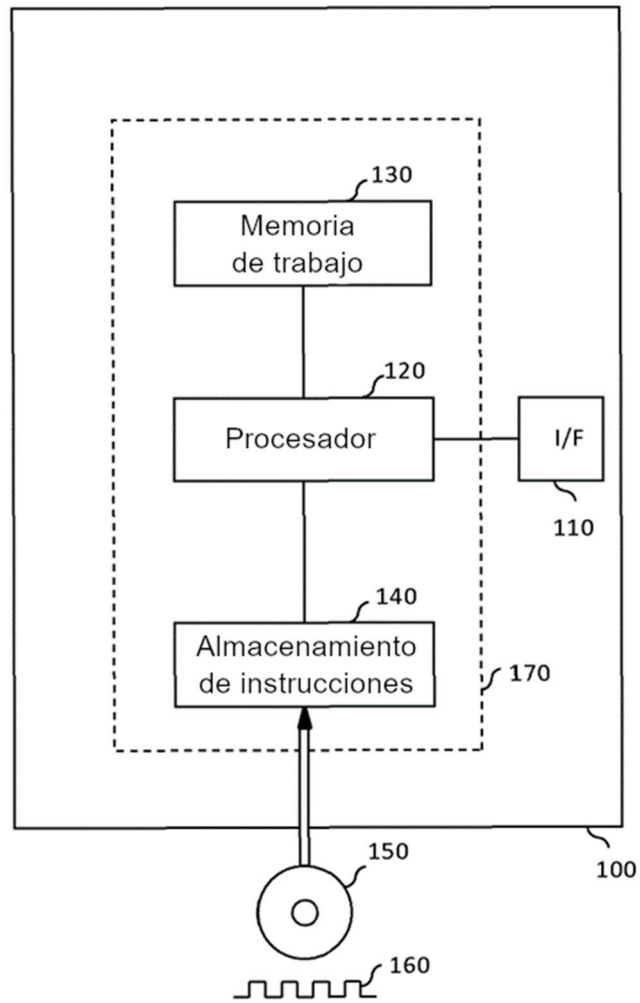


Fig. 3

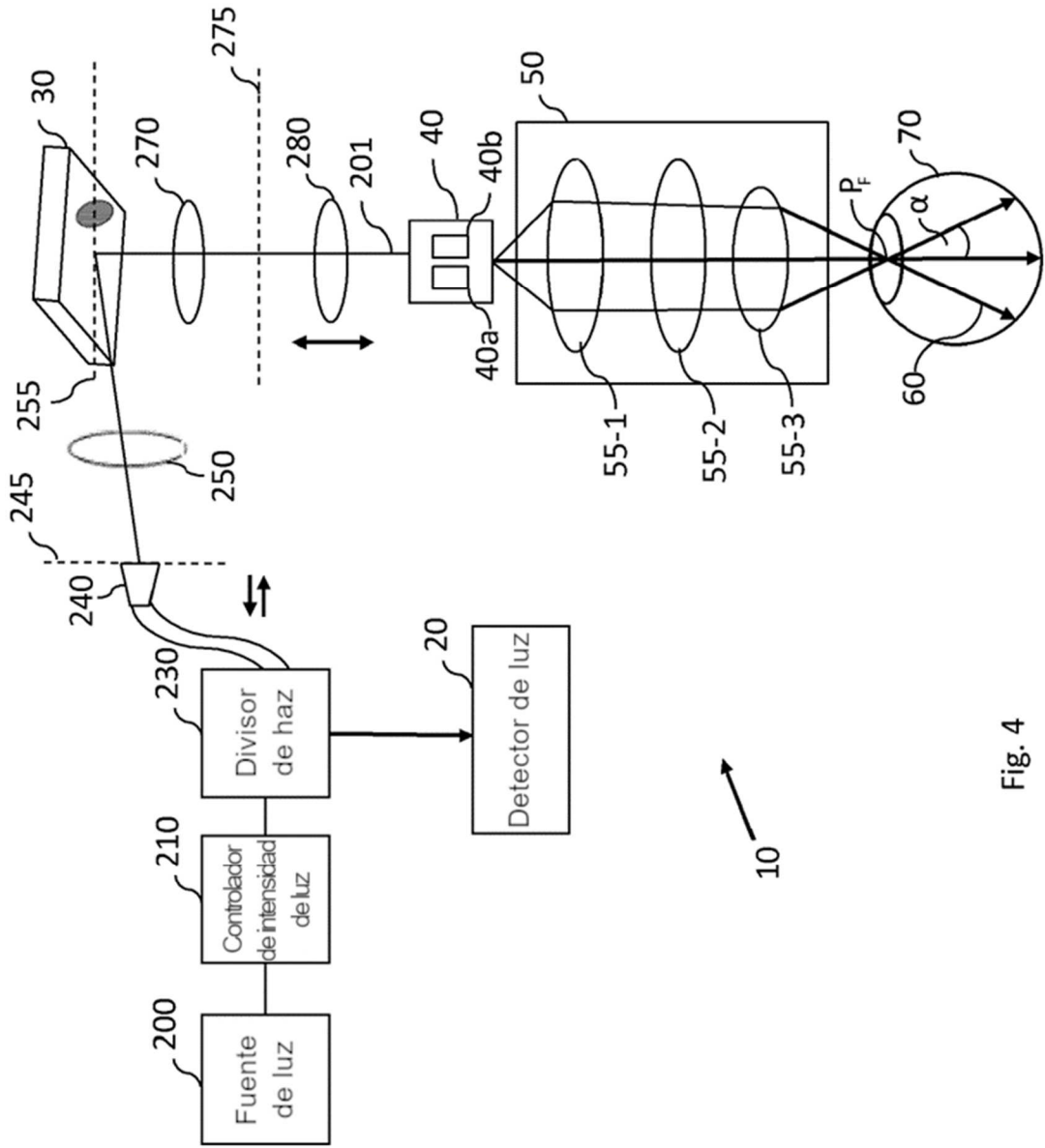


Fig. 4

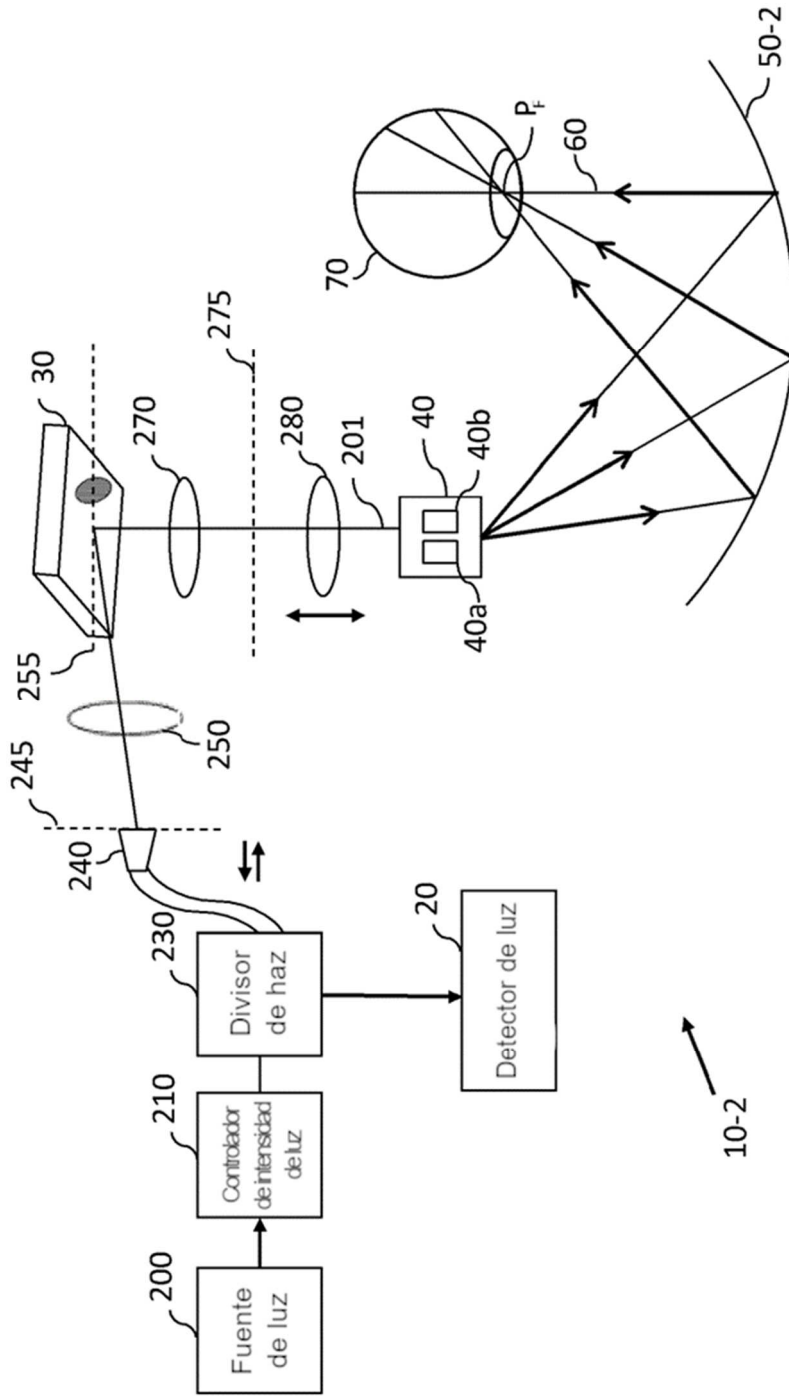


Fig. 5

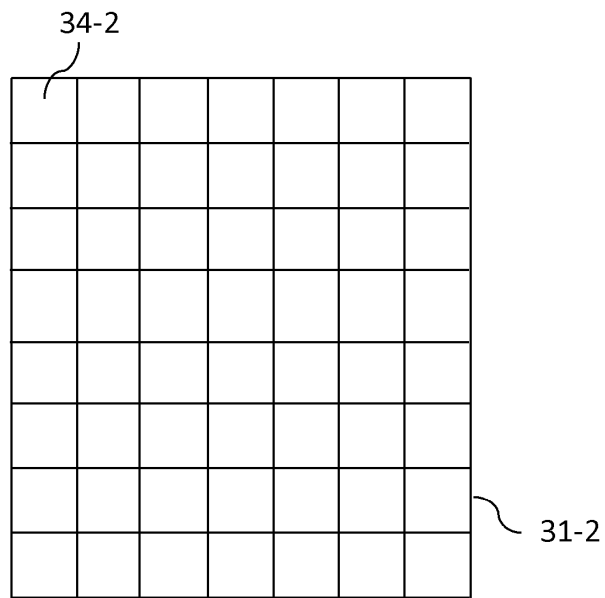


Fig. 6A

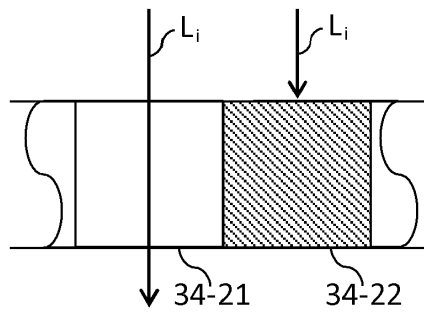


Fig. 6B

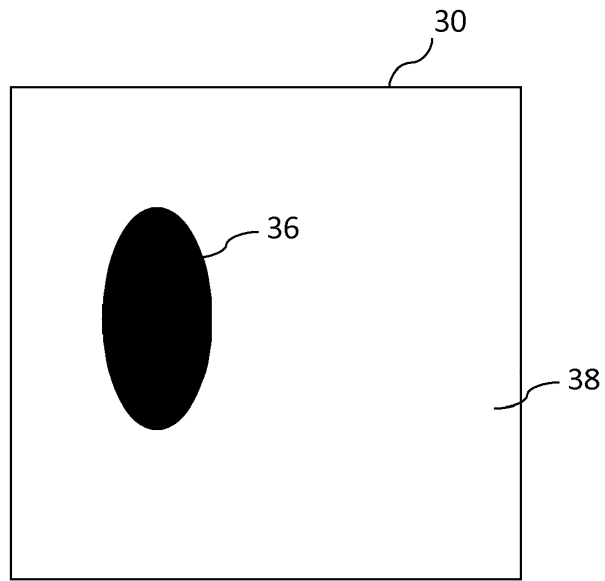


Fig. 7

$(\theta = 10^\circ, \varphi = 10^\circ)$

	$y = 1$	$y = 2$	$y = 3$	$y = 4$
$x = 1$	0	0	1	1
$x = 2$	0	0	1	1
$x = 3$	1	1	1	1
$x = 4$	1	1	1	1

Fig. 8A

$(\theta = 10^\circ, \varphi = 20^\circ)$

	$y = 1$	$y = 2$	$y = 3$	$y = 4$
$x = 1$	1	1	1	1
$x = 2$	1	1	1	1
$x = 3$	1	1	0	0
$x = 4$	1	1	0	0

Fig. 8B

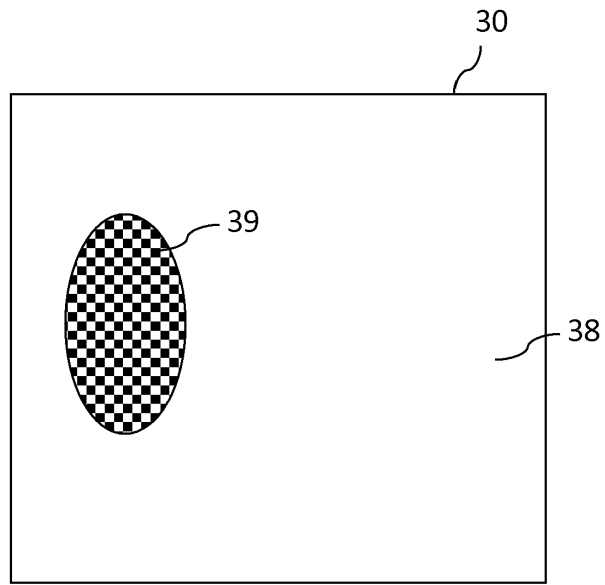


Fig. 9

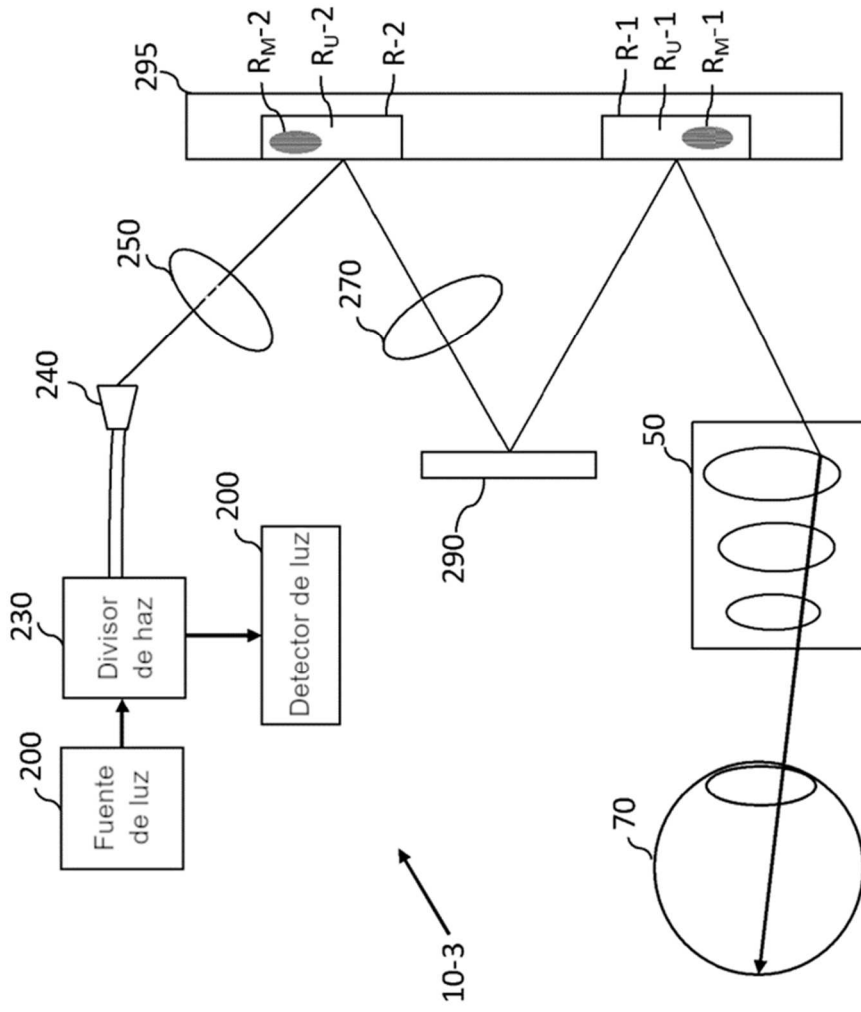


Fig. 10

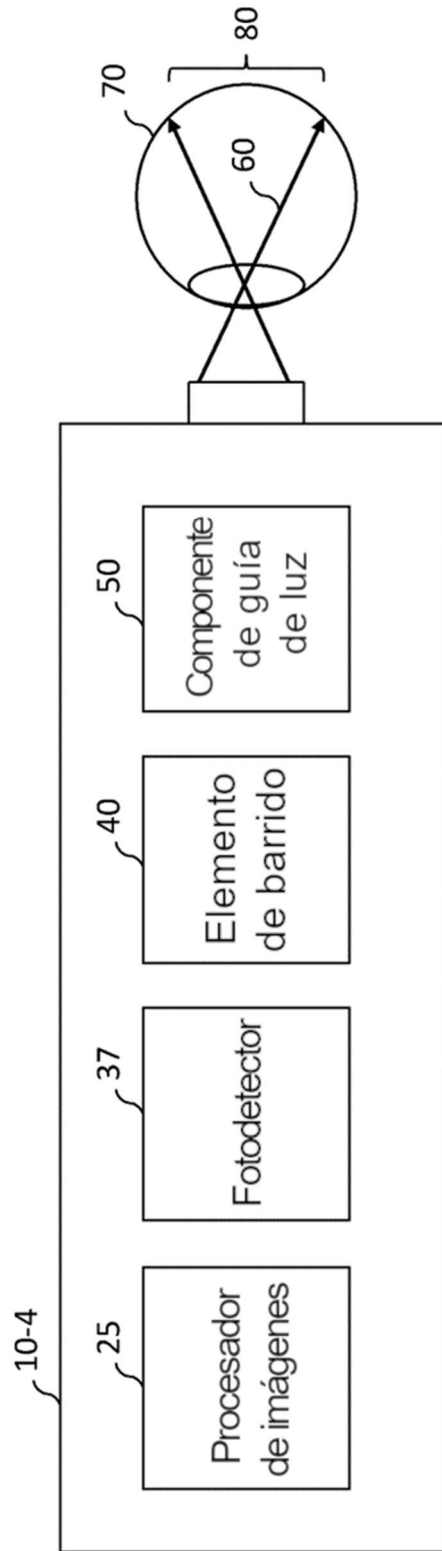


Fig. 11