

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 986**

51 Int. Cl.:

A61B 3/12 (2006.01)

A61B 3/14 (2006.01)

G02B 17/00 (2006.01)

G02B 26/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.06.2011 PCT/GB2011/051037**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2012 WO12001381**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2011 E 11727745 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2587984**

54 Título: **Mejoras en o relacionadas con la oftalmología**

30 Prioridad:

01.07.2010 GB 201011096

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2018

73 Titular/es:

**OPTOS PLC (100.0%)
Queensferry House Carnegie Business Campus
Queensferry Road
Dunfermline, Fife KY11 8GR, GB**

72 Inventor/es:

**WALL, ROBERT y
GRAY, DAN**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 659 986 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

Mejoras en o relacionadas con la oftalmología

5 La presente invención se refiere a un aparato para iluminar, obtener imágenes y tratar la retina de un ojo humano.

Los sistemas de obtención de imágenes, tales como oftalmoscopios láser de barrido (SLO), pueden comprender un gran número de componentes ópticos, tales como elementos de barrido láser, espejos de transferencia de barrido, fuentes de láser y detectores. La disposición de barrido láser consiste en elementos de barrido ortogonales primero y segundo, que normalmente incluyen un espejo poligonal rotatorio de alta velocidad y un espejo de baja velocidad accionado por motor. Estos elementos se usan para crear un patrón de barrido de retícula de la retina humana. El espejo poligonal tiene una pluralidad de caras y normalmente proporciona el barrido vertical del haz de láser, y el espejo de baja velocidad normalmente proporciona el barrido horizontal del haz de láser. El espejo de transferencia de barrido transfiere el patrón de barrido láser bidimensional creado por los elementos de barrido a la retina del ojo.

15 Aunque tales sistemas de obtención de imágenes proporcionan imágenes aceptables de la retina del ojo, están limitados en cuanto a que son caros de fabricar (los elementos de barrido láser y el espejo de transferencia de barrido son componentes particularmente caros), de gran tamaño y, debido al gran número de componentes ópticos, tienen una baja eficacia óptica.

20 El documento GB2440163 A representa la técnica anterior más próxima. Divulga un aparato para obtener imágenes de la retina de un ojo, una fuente de luz capaz de producir luz en un plano que emana desde un punto, un dispositivo de transferencia de barrido que tiene dos focos, en el que el punto se proporciona en el primer foco, y el dispositivo de transferencia de barrido está adaptado para colocarse de modo que el ojo se aloja en el segundo foco. Este documento no divulga que la fuente de luz y el dispositivo de transferencia de barrido puedan montarse de manera pivotante en una estructura de soporte.

25 La presente invención proporciona un aparato para obtener imágenes de la retina de un ojo según la reivindicación 1. En las reivindicaciones restantes se exponen características opcionales.

30 Ahora se describirán, únicamente a modo de ejemplo, realizaciones de la presente invención, y ejemplos de la técnica anterior que son útiles para entender la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 la figura 1 es una vista lateral esquemática de un aparato para iluminar, obtener imágenes de y tratar la retina de un ojo según una realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista desde arriba esquemática del aparato de la figura 1 que detalla los rayos de luz que entran en el ojo;

40 la figura 3 es una vista desde arriba esquemática de una primera realización del dispositivo de obtención de imágenes del aparato de obtención de imágenes de la figura 1;

la figura 4 es una vista lateral de la figura 3;

45 la figura 5 es una ilustración esquemática de la trayectoria de haz de luz desplegada de la figura 3;

la figura 6 es una ilustración más detallada de la figura 5;

50 la figura 7 es una vista desde arriba esquemática de una segunda realización del dispositivo de obtención de imágenes del aparato de obtención de imágenes de la figura 1;

la figura 8 es una vista lateral de la figura 7; y

55 la figura 9 es una ilustración esquemática del funcionamiento del aparato de una realización cuando se obtienen imágenes de dos ojos.

A continuación se describe un aparato para iluminar la retina de un ojo según un ejemplo de la técnica anterior, que comprende:

60 un dispositivo de iluminación que incluye una fuente de luz plana capaz de producir luz en un plano, de manera que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina; y

una estructura de soporte;

65 en el que el dispositivo de iluminación puede montarse de manera pivotante en la estructura de soporte y puede rotar alrededor de un eje que se encuentra sustancialmente en dicho plano, de manera que, en uso, el dispositivo de

iluminación puede hacerse rotar alrededor del eje para iluminar una zona de la retina.

El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede estar ubicado sobre el punto pupilar del ojo. El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede coincidir con el punto nodal delantero del ojo.

5 El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede encontrarse en un plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de iluminación puede no ser paralelo ni perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. En todas estas disposiciones, el eje de rotación del dispositivo de iluminación debe encontrarse en el plano definido por la fuente de luz.

10 El dispositivo de iluminación puede estar configurado de manera que su rotación alrededor del eje está automatizada. La rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede controlarse por ordenador.

15 El dispositivo de iluminación puede estar configurado para iluminar la retina barriendo luz colimada a través de la retina del ojo. Por tanto, el dispositivo de iluminación puede ser capaz de realizar un barrido unidimensional de luz colimada a través de la retina del ojo.

20 El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser paralelo al plano definido por el barrido de luz colimada unidimensional producido por el dispositivo de iluminación. Es decir, el plano del eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser ortogonal al plano definido por el barrido de luz colimada unidimensional que crea.

25 El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede encontrarse en el plano definido por el barrido de luz colimada unidimensional producido por el dispositivo de iluminación.

El dispositivo de iluminación puede comprender:

una fuente de luz colimada; y

30 un elemento de barrido,

en el que la fuente de luz colimada y el elemento de barrido se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada unidimensional desde un punto; y

35 el dispositivo de transferencia de barrido transfiere el barrido de luz colimada unidimensional desde el punto al interior del ojo.

El punto nodal delantero del ojo puede alojarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de barrido.

40 El elemento de barrido puede ser un mecanismo oscilante.

El elemento de barrido puede ser un espejo oscilante, tal como un espejo plano oscilante.

45 El elemento de barrido puede ser un escáner resonante.

El elemento de barrido puede ser un espejo resonante, tal como un espejo de barrido resonante.

50 El elemento de barrido puede ser un elemento de barrido de sistema microelectromecánico (MEMS). El elemento de barrido de MEMS puede ser un elemento de barrido unidimensional o un elemento de barrido bidimensional.

55 El dispositivo de transferencia de barrido puede comprender un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoide, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides o un sistema de lentes. En el caso en el que el dispositivo de transferencia de barrido comprende un sistema de lentes, el sistema de lentes está dispuesto para proporcionar dos focos.

La fuente de luz colimada puede ser un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo superluminiscente, un láser de diodo o una bombilla incandescente colimada.

60 La fuente de luz colimada puede incluir una o más fuentes de luz. La fuente de luz colimada puede incluir uno o más láseres, diodos emisor de luz (LED), láseres emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL), diodos superluminiscentes, láseres de diodo o bombillas incandescentes colimadas.

La fuente de luz colimada puede incluir una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.

65 El dispositivo de iluminación comprende además uno o más detectores para detectar la luz colimada reflejada desde la retina.

La fuente de luz colimada puede estar ubicada en el dispositivo de iluminación, de manera que rota con el dispositivo de iluminación.

5 Los uno o más detectores pueden estar ubicados en el dispositivo de iluminación, de manera que rotan con el dispositivo de iluminación.

La fuente de luz colimada puede estar ubicada alejada del dispositivo de iluminación y la luz colimada puede transmitirse al dispositivo de iluminación por fibra óptica o similar.

10 El uno o más detectores pueden estar ubicados alejados del dispositivo de iluminación y la luz colimada reflejada puede transmitirse desde el dispositivo de iluminación por fibra óptica o similar.

15 El dispositivo de iluminación puede ser capaz de iluminar una zona de la retina. Es decir, el dispositivo de iluminación puede ser capaz de iluminar una parte bidimensional de la retina.

El elemento de barrido puede ser un elemento de barrido de sistemas microelectromecánicos (MEMS). El elemento de barrido de MEMS puede ser un elemento de barrido bidimensional.

20 El dispositivo de iluminación puede estar configurado para iluminar la línea circunferencial sobre la retina manipulando luz desde una fuente de luz para producir una pluralidad de haces de luz que iluminan la retina del ojo. La pluralidad de haces de luz forma un plano de luz que ilumina la retina. El dispositivo de iluminación puede manipular luz desde la fuente de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea tal como una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente. Es decir, el dispositivo de iluminación
25 puede ser capaz de manipular luz desde la fuente de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea o similar, para producir una pluralidad de haces de luz que iluminan la retina del ojo.

30 El dispositivo de iluminación puede estar configurado para iluminar la línea circunferencial sobre la retina manipulando luz desde una fuente de luz colimada para producir una pluralidad de haces de luz colimada que iluminan la retina del ojo. La pluralidad de haces de luz colimada forma un plano de luz colimada que ilumina la retina. El dispositivo de iluminación puede manipular luz desde la fuente de luz colimada haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea tal como una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente. Es decir, el dispositivo de iluminación puede ser capaz de manipular luz desde la fuente de luz colimada haciendo pasar la luz colimada a través de un elemento de generación de línea o similar, para producir
35 una pluralidad de haces de luz colimada que iluminan la retina del ojo. En esta disposición se manipula luz desde la fuente de luz colimada de manera que la luz está colimada en una dimensión y es divergente en otra dimensión.

40 El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser paralelo al plano definido por la pluralidad de haces de luz producidos por el dispositivo de iluminación. Es decir, el plano del eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser ortogonal al plano de haces de luz producidos por el dispositivo de iluminación. El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede encontrarse en el plano definido por la pluralidad de haces de luz producidos por el dispositivo de iluminación.

45 El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser paralelo al plano definido por la pluralidad de haces de luz colimada producidos por el dispositivo de iluminación. Es decir, el plano del eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser ortogonal al plano de haces de luz colimada producidos por el dispositivo de iluminación.

El dispositivo de iluminación puede comprender:

50 una fuente de luz; y

un elemento de manipulación de luz,

55 en el que la fuente de luz y el elemento de manipulación de luz se combinan para proporcionar una pluralidad de haces de luz desde un punto; y

el dispositivo de transferencia de barrido transfiere la pluralidad de haces de luz desde el punto al interior del ojo.

60 La fuente de luz puede proporcionar luz colimada. Es decir, el dispositivo de iluminación puede comprender una fuente de luz colimada.

El elemento de manipulación de luz puede ser un elemento de manipulación de luz colimada.

65 El elemento de manipulación de luz puede ser un elemento de generación de línea. El elemento de generación de línea puede ser una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente.

El elemento de manipulación de luz colimada puede ser un elemento de generación de línea. El elemento de generación de línea puede ser una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente.

5 El dispositivo de transferencia de barrido puede comprender un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoide, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloideos o un sistema de lentes. En el caso en el que el dispositivo de transferencia de barrido comprende un sistema de lentes, el sistema de lentes está dispuesto para proporcionar dos focos.

10 El punto nodal delantero del ojo puede alojarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de barrido.

La fuente de luz puede incluir un diodo láser divergente y una lente toroidal o una fuente de bombilla con una abertura de hendidura.

15 La fuente de luz colimada puede ser un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo superluminiscente, un láser de diodo o una bombilla incandescente colimada.

20 La fuente de luz colimada puede comprender una o más fuentes de luz. Alternativamente, la fuente de luz colimada puede comprender uno o más láseres, diodos emisor de luz (LED), láseres emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL), diodos superluminiscentes, láseres de diodo o bombillas incandescentes colimadas.

La fuente de luz puede incluir una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.

La fuente de luz colimada puede incluir una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.

25 El dispositivo de iluminación puede comprender además los uno o más detectores para detectar la luz reflejada desde la retina.

30 El dispositivo de iluminación puede comprender además los uno o más detectores para detectar la luz colimada reflejada desde la retina.

La fuente de luz puede estar ubicada en el dispositivo de iluminación, de manera que rota con el dispositivo de iluminación.

35 La fuente de luz colimada puede estar ubicada en el dispositivo de iluminación, de manera que rota con el dispositivo de iluminación.

Los uno o más detectores pueden estar ubicados en el dispositivo de iluminación, de manera que rotan con el dispositivo de iluminación.

40 La fuente de luz puede estar ubicada alejada del dispositivo de iluminación y la luz puede transmitirse al dispositivo de iluminación por fibra óptica o similar.

45 La fuente de luz colimada puede estar ubicada alejada del dispositivo de iluminación y la luz colimada puede transmitirse al dispositivo de iluminación por fibra óptica o similar.

El dispositivo de iluminación puede ser capaz de iluminar una zona de la retina. Es decir, el dispositivo de iluminación puede ser capaz de iluminar una parte bidimensional de la retina.

50 El dispositivo de iluminación del aparato puede ser pivotante entre una primera posición, en la que el dispositivo de iluminación puede usarse para iluminar una parte bidimensional de la primera retina de un primer ojo, y una segunda posición, en la que el dispositivo de iluminación puede usarse para iluminar una parte bidimensional de la segunda retina de un segundo ojo.

55 El eje de pivotado del dispositivo de iluminación puede ser ortogonal al eje de rotación del dispositivo de iluminación.

60 El aparato puede comprender dos dispositivos de iluminación, en el que cada dispositivo de iluminación puede ser capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina y puede ser rotatorio alrededor de un eje que se encuentra sustancialmente en el plano definido por la fuente de luz. Los dispositivos de iluminación pueden hacerse rotar juntos o por separado. Los dispositivos de iluminación pueden estar ubicados en una única carcasa, o ubicados por separado en dos carcasas separadas.

65 Los dispositivos de iluminación están configurados de manera que las líneas circunferenciales sobre la retina iluminadas por cada dispositivo están en la misma dirección. Es decir, las líneas circunferenciales iluminadas por cada dispositivo son paralelas.

También se describe un sistema para iluminar la retina de cada ojo de un paciente según otro ejemplo de la técnica

anterior, que comprende dos aparatos según el ejemplo de la técnica anterior descrito anteriormente, en los que cada aparato puede ser capaz de iluminar la retina de un ojo.

5 También se describe un método de iluminar la retina de un ojo con luz colimada según un ejemplo de la técnica anterior que comprende las etapas de:

proporcionar un dispositivo de iluminación que incluye una fuente de luz plana capaz de producir luz en un plano, de manera que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina;

10 proporcionar una estructura de soporte,

en el que el dispositivo de iluminación puede montarse de manera pivotante en la estructura de soporte y puede rotar alrededor de un eje que se encuentra sustancialmente en el plano definido por la fuente de luz; y

15 hacer rotar el dispositivo de iluminación alrededor del eje para iluminar una pluralidad de líneas circunferenciales sobre la retina con luz colimada.

20 El eje de rotación del dispositivo de iluminación puede encontrarse en un plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de iluminación puede ser perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de iluminación puede no ser paralelo ni perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. En todas estas disposiciones, el eje de rotación del dispositivo de iluminación debe encontrarse en el plano definido por la fuente de luz.

25 El dispositivo de iluminación puede estar configurado de manera que su rotación alrededor del eje está automatizada. La rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede controlarse por ordenador.

También se describe un aparato para obtener imágenes de la retina de un ojo según una realización descrita con más detalle a continuación, que comprende:

30 un dispositivo de obtención de imágenes capaz de obtener una imagen sustancialmente unidimensional de la retina; y

una estructura de soporte;

35 en el que el dispositivo de obtención de imágenes está montado de manera pivotante en la estructura de soporte y puede rotar alrededor de un eje que es paralelo a la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional, de manera que, en uso, el dispositivo de obtención de imágenes puede hacerse rotar alrededor del eje para obtener una pluralidad de imágenes sustancialmente unidimensionales de la retina, que pueden combinarse para obtener una imagen bidimensional de la retina.

40 En este caso se considera que la imagen sustancialmente unidimensional de la retina obtenida mediante el dispositivo de obtención de imágenes es una imagen que tiene una longitud que es muchas veces mayor que su anchura. Se considera que la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional está en la misma dirección que la longitud de la imagen.

45 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede estar ubicado sobre el punto pupilar del ojo. El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede coincidir con el punto nodal delantero del ojo.

50 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede encontrarse en un plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede no ser paralelo ni perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. En todas estas disposiciones, el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes debe permanecer paralelo a la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional.

55 El dispositivo de obtención de imágenes puede estar configurado de manera que su rotación alrededor del eje está automatizada. La rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede controlarse por ordenador.

60 El dispositivo de obtención de imágenes puede estar configurado para obtener la imagen sustancialmente unidimensional de la retina barriendo luz colimada a través de la retina del ojo. Por tanto, el dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de realizar un barrido unidimensional de luz colimada a través de la retina del ojo.

65 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser paralelo a un plano definido por el barrido de luz colimada de imagen sustancialmente unidimensional producido por el dispositivo de obtención de imágenes. Es decir, el plano del eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser ortogonal al plano definido por el barrido de luz colimada unidimensional que crea.

El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede encontrarse en el plano definido por el barrido de luz colimada unidimensional producido por el dispositivo de obtención de imágenes.

5 El dispositivo de obtención de imágenes puede comprender:

una fuente de luz colimada; y

un elemento de barrido,

10 en el que la fuente de luz colimada y el elemento de barrido se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada unidimensional desde un punto; y

15 el dispositivo de obtención de imágenes comprende además un dispositivo de transferencia de barrido, en el que el dispositivo de transferencia de barrido tiene dos focos y el punto se proporciona en un primer foco del dispositivo de transferencia de barrido y el punto pupilar del ojo se aloja en un segundo foco del dispositivo de transferencia de barrido, y en el que el dispositivo de transferencia de barrido transfiere el barrido de luz colimada unidimensional desde el punto al interior del ojo.

20 El punto nodal delantero del ojo puede alojarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de barrido.

El elemento de barrido puede ser un mecanismo oscilante.

El elemento de barrido puede ser un espejo oscilante, tal como un espejo plano oscilante.

25 El elemento de barrido puede ser un escáner resonante.

El elemento de barrido puede ser un espejo resonante, tal como un espejo de barrido resonante.

30 El elemento de barrido puede ser un elemento de barrido de sistema microelectromecánico (MEMS). El elemento de barrido de MEMS puede ser un elemento de barrido unidimensional o un elemento de barrido bidimensional.

35 El dispositivo de transferencia de barrido puede comprender un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoide, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides o un sistema de lentes. En el caso en el que el dispositivo de transferencia de barrido comprende un sistema de lentes, el sistema de lentes está dispuesto para proporcionar dos focos.

40 La fuente de luz colimada puede ser un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo superluminiscente, un láser de diodo o una bombilla incandescente colimada.

La fuente de luz colimada puede incluir una o más fuentes de luz. La fuente de luz colimada puede incluir uno o más láseres, diodos emisor de luz (LED), láseres emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL), diodos superluminiscentes, láseres de diodo o bombillas incandescentes colimadas.

45 La fuente de luz colimada puede incluir una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.

El dispositivo de obtención de imágenes comprende además uno o más detectores para detectar la luz colimada reflejada desde la retina.

50 La fuente de luz colimada puede estar ubicada en el dispositivo de obtención de imágenes, de manera que rota con el dispositivo de obtención de imágenes.

Los uno o más detectores pueden estar ubicados en el dispositivo de obtención de imágenes, de manera que rotan con el dispositivo de obtención de imágenes.

55 La fuente de luz colimada puede estar ubicada alejada del dispositivo de obtención de imágenes y la luz colimada puede transmitirse al dispositivo de obtención de imágenes por fibra óptica o similar.

60 Los uno o más detectores pueden estar ubicados alejados del dispositivo de obtención de imágenes y la luz colimada reflejada puede transmitirse desde el dispositivo de obtención de imágenes por fibra óptica o similar.

65 El dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de obtener una imagen bidimensional de la retina. Por tanto, en uso, el dispositivo de obtención de imágenes puede hacerse rotar alrededor del eje para obtener una pluralidad de imágenes bidimensionales de la retina. La pluralidad de imágenes bidimensionales puede combinarse para obtener una imagen bidimensional más grande de la retina. Es decir, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede producir una imagen bidimensional de montaje de la retina. En esta disposición, la pluralidad de imágenes

bidimensionales pueden “coserse” para formar una imagen bidimensional más grande de la retina. Alternativamente, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede disponerse para solaparse en la dirección de rotación del dispositivo de obtención de imágenes. La pluralidad de imágenes bidimensionales solapantes de la retina puede “coserse” para formar la imagen bidimensional de montaje de la retina.

5 El elemento de barrido puede ser un elemento de barrido de sistemas microelectromecánicos (MEMS). El elemento de barrido de MEMS puede ser un elemento de barrido bidimensional.

10 El dispositivo de obtención de imágenes puede estar configurado para obtener la imagen sustancialmente unidimensional de la retina manipulando una fuente de luz para producir una pluralidad de haces de luz que iluminan la retina del ojo. La pluralidad de haces de luz forma un plano de luz que ilumina la retina. El dispositivo de obtención de imágenes puede manipular la fuente de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea tal como una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente. Es decir, el dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de manipular la fuente de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea o similar, para producir una pluralidad de haces de luz que iluminan la retina del ojo.

15 El dispositivo de obtención de imágenes puede estar configurado para obtener la imagen sustancialmente unidimensional de la retina manipulando una fuente de luz colimada para producir una pluralidad de haces de luz colimada que iluminan la retina del ojo. La pluralidad de haces de luz colimada forma un plano de luz colimada que ilumina la retina. El dispositivo de obtención de imágenes puede manipular la fuente de luz colimada haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea tal como una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente. Es decir, el dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de manipular la fuente de luz colimada haciendo pasar la luz colimada a través de un elemento de generación de línea o similar, para producir una pluralidad de haces de luz colimada que iluminan la retina del ojo. En esta disposición la fuente de luz colimada se manipula de manera que la luz está colimada en una dimensión y es divergente en otra dimensión.

20 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser paralelo a un plano definido por la pluralidad de haces de luz producidos por el dispositivo de obtención de imágenes. Es decir, el plano del eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser ortogonal al plano de haces de luz producidos por el dispositivo de obtención de imágenes.

25 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser paralelo a un plano definido por la pluralidad de haces de luz colimada producidos por el dispositivo de obtención de imágenes. Es decir, el plano del eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser ortogonal al plano de haces de luz colimada producidos por el dispositivo de obtención de imágenes.

30 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede encontrarse en el plano definido por la pluralidad de haces de luz producidos por el dispositivo de obtención de imágenes.

35 El dispositivo de obtención de imágenes puede comprender:

una fuente de luz; y

40 un elemento de manipulación de luz,

45 en el que la fuente de luz y el elemento de manipulación de luz se combinan para proporcionar una pluralidad de haces de luz desde un punto; y

50 el dispositivo de obtención de imágenes comprende además un dispositivo de transferencia de barrido, en el que el dispositivo de transferencia de barrido tiene dos focos y el punto se proporciona en un primer foco del dispositivo de transferencia de barrido y el punto pupilar del ojo se aloja en un segundo foco del dispositivo de transferencia de barrido, y en el que el dispositivo de transferencia de barrido transfiere la pluralidad de haces de luz desde el punto al interior del ojo.

55 La fuente de luz puede proporcionar luz colimada. Es decir, el dispositivo de obtención de imágenes puede comprender una fuente de luz colimada.

El elemento de manipulación de luz puede ser un elemento de manipulación de luz colimada.

60 El elemento de manipulación de luz puede ser un elemento de generación de línea. El elemento de generación de línea puede ser una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente.

El elemento de manipulación de luz colimada puede ser un elemento de generación de línea. El elemento de generación de línea puede ser una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente.

65 El dispositivo de transferencia de barrido puede comprender un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un

espejo elíptico, un espejo elipsoide, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides o un sistema de lentes. En el caso en el que el dispositivo de transferencia de barrido comprende un sistema de lentes, el sistema de lentes está dispuesto para proporcionar dos focos.

5 El punto nodal delantero del ojo puede alojarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de barrido.

La fuente de luz puede incluir un diodo láser divergente y una lente toroidal o una fuente de bombilla con una abertura de hendidura.

10 La fuente de luz colimada puede ser un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo superluminiscente, un láser de diodo o una bombilla incandescente colimada.

15 La fuente de luz colimada puede comprender una o más fuentes de luz. Alternativamente, la fuente de luz colimada puede comprender uno o más láseres, diodos emisor de luz (LED), láseres emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL), diodos superluminiscentes, láseres de diodo o bombillas incandescentes colimadas.

La fuente de luz puede incluir una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.

20 La fuente de luz colimada puede incluir una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.

El dispositivo de obtención de imágenes comprende además uno o más detectores para detectar la luz reflejada desde la retina.

25 La fuente de luz puede estar ubicada en el dispositivo de obtención de imágenes, de manera que rota con el dispositivo de obtención de imágenes.

La fuente de luz colimada puede estar ubicada en el dispositivo de obtención de imágenes, de manera que rota con el dispositivo de obtención de imágenes.

30 Los uno o más detectores pueden estar ubicados en el dispositivo de obtención de imágenes, de manera que rotan con el dispositivo de obtención de imágenes.

La fuente de luz puede estar ubicada alejada del dispositivo de obtención de imágenes y la luz puede transmitirse al dispositivo de obtención de imágenes por fibra óptica o similar.

35 La fuente de luz colimada puede estar ubicada alejada del dispositivo de obtención de imágenes y la luz colimada puede transmitirse al dispositivo de obtención de imágenes por fibra óptica o similar.

40 El dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de obtener una imagen bidimensional de la retina. Por tanto, en uso, el dispositivo de obtención de imágenes puede hacerse rotar alrededor del eje para obtener una pluralidad de imágenes bidimensionales de la retina. La pluralidad de imágenes bidimensionales puede combinarse para obtener una imagen bidimensional más grande de la retina. Es decir, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede producir una imagen bidimensional de montaje de la retina. En esta disposición, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede "coserse" para formar una imagen bidimensional más grande de la retina. Alternativamente, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede disponerse para solaparse en la dirección de rotación del dispositivo de obtención de imágenes. La pluralidad de imágenes bidimensionales solapantes de la retina puede "coserse" para formar la imagen bidimensional de montaje de la retina.

50 El dispositivo de obtención de imágenes del aparato puede ser pivotante entre una primera posición, en la que el dispositivo de obtención de imágenes puede usarse para obtener una imagen bidimensional de la primera retina de un primer ojo, y una segunda posición, en la que el dispositivo de obtención de imágenes puede usarse para obtener una imagen bidimensional de la segunda retina de un segundo ojo.

55 El eje de pivotado del dispositivo de obtención de imágenes puede ser ortogonal al eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes.

60 El aparato puede comprender dos dispositivos de obtención de imágenes, en el que cada dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de obtener una imagen sustancialmente unidimensional de la retina y puede ser rotatorio alrededor de un eje que es paralelo a la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional. Los dispositivos de obtención de imágenes pueden hacerse rotar juntos o por separado. Los dispositivos de obtención de imágenes pueden estar ubicados en una única carcasa, o ubicados por separado en dos carcasas separadas.

65 Los dispositivos de obtención de imágenes están configurados de manera que las imágenes sustancialmente unidimensionales obtenidas por cada dispositivo están en la misma dirección. Es decir, las imágenes sustancialmente unidimensionales obtenidas por cada dispositivo son paralelas.

El aparato puede comprender además uno o más dispositivos de procesamiento de datos para almacenar la pluralidad de imágenes al menos unidimensionales y/o combinar las imágenes para obtener la imagen bidimensional.

5 También se describe un método de obtención de imágenes de la retina de un ojo según otro ejemplo de la técnica anterior, que comprende las etapas de:

10 proporcionar un dispositivo de obtención de imágenes capaz de obtener una imagen sustancialmente unidimensional de la retina, en el que el dispositivo de obtención de imágenes puede rotar alrededor de un eje que es paralelo a la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional;

proporcionar una estructura de soporte;

15 en el que el dispositivo de obtención de imágenes puede montarse de manera pivotante en la estructura de soporte;

hacer rotar el dispositivo de obtención de imágenes alrededor del eje para obtener una pluralidad de imágenes sustancialmente unidimensionales de la retina; y

20 combinar la pluralidad de imágenes sustancialmente unidimensionales para obtener una imagen bidimensional de la retina.

25 El eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede encontrarse en un plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede ser perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. Alternativamente, el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede no ser paralelo ni perpendicular al plano horizontal definido por el eje óptico del ojo. En todas estas disposiciones, el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes debe permanecer paralelo a la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional.

30 El dispositivo de obtención de imágenes puede estar configurado de manera que su rotación alrededor del eje está automatizada. La rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede controlarse por ordenador.

También se describe un aparato para tratar la retina de un ojo con luz colimada según otro ejemplo de la técnica anterior, que comprende:

35 un dispositivo de iluminación que incluye una fuente de luz plana capaz de producir luz en un plano, de manera que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina; y

una estructura de soporte;

40 en el que el dispositivo de iluminación puede montarse de manera pivotante en la estructura de soporte y puede rotar alrededor de un eje que se encuentra sustancialmente en el plano definido por la fuente de luz, de manera que, en uso, el dispositivo de iluminación puede hacerse rotar alrededor del eje para iluminar una pluralidad de líneas circunferenciales sobre la retina con luz colimada.

45 En este caso se interpreta que el tratamiento de la retina incluye terapia fotodinámica, fotoablación, fotoporación, fotoactivación u otros métodos en los que se usa la interacción de la luz para alterar el estado o la estructura de la retina o para alterar el estado de productos químicos dentro de la estructura de la retina.

50 También se describe un método de tratamiento de la retina de un ojo con luz colimada según otro ejemplo de la técnica anterior, que comprende las etapas de:

proporcionar un dispositivo de iluminación que incluye una fuente de luz plana capaz de producir luz en un plano, de manera que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina;

55 proporcionar una estructura de soporte,

en el que el dispositivo de iluminación puede montarse de manera pivotante en la estructura de soporte y puede rotar alrededor de un eje que se encuentra sustancialmente en el plano definido por la fuente de luz; y

60 hacer rotar el dispositivo de iluminación alrededor del eje para iluminar una pluralidad de líneas circunferenciales sobre la retina con luz colimada.

65 Las figuras 1 y 2 ilustran un aparato 10 para iluminar, obtener imágenes de y tratar la retina 12 de un ojo 14. El aparato 10 incluye un dispositivo 16 de obtención de imágenes que es capaz de obtener una imagen sustancialmente unidimensional de la retina 12. Es decir, el dispositivo 16 de obtención de imágenes es capaz de obtener una imagen lineal de la retina 12.

El aparato 10 también incluye una estructura de soporte (no mostrada) para soportar el dispositivo 16 de obtención de imágenes. El dispositivo 16 de obtención de imágenes está montado de manera pivotante en la estructura de soporte. La estructura de soporte puede incluir un elemento de base que puede montarse en una mesa o similar. Alternativamente, la estructura de soporte puede incluir dispositivos para la cabeza, que, por ejemplo, puede llevar puestos un paciente.

En la realización descrita en este caso el aparato 10 incluye un dispositivo 16 de obtención de imágenes que es capaz de obtener una imagen sustancialmente unidimensional de la retina 12. El dispositivo de iluminación incluye una fuente de luz plana y es capaz de producir luz en un plano, de manera que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina.

Tal como se ilustra en la figura 1, el dispositivo 16 de obtención de imágenes puede rotar alrededor del ojo 14. Tal como se ilustra en la figura 2, el dispositivo 16 de obtención de imágenes puede rotar alrededor de un eje 18. El eje 18 está ubicado en la región del punto 20 pupilar del ojo 14. El eje 18 puede coincidir con el punto 22 nodal delantero del ojo 14. El eje 18 es paralelo a la dirección de la imagen sustancialmente unidimensional de la retina 12 (véase la figura 2). El eje 18 se encuentra en un plano 24 de luz producido por el dispositivo 16 de obtención de imágenes. La figura 2 ilustra los rayos 28 de luz generados por el dispositivo 16 de obtención de imágenes para obtener imágenes de la retina 12. Debe observarse que la refracción de los rayos 28 de luz por el cristalino del ojo 14 se ha omitido por claridad.

A medida que se hace rotar el dispositivo 16 de obtención de imágenes alrededor del eje 18, se obtiene una pluralidad de imágenes unidimensionales de la retina 12. Después se combinan estas imágenes para formar una imagen bidimensional de la retina 12. El aparato 10 incluye uno o más dispositivos de procesamiento de datos (no mostrados) que se usan para almacenar la pluralidad de imágenes unidimensionales y/o combinarlas para formar la imagen bidimensional.

El dispositivo 16 de obtención de imágenes se hace rotar a través del eje 18 a una velocidad lo suficientemente rápida como para evitar un gran movimiento del ojo. Normalmente, una rotación completa tarda aproximadamente de 100 ms a 200 ms. Sin embargo, debe apreciarse que pueden usarse velocidades de barrido más lentas o más rápidas.

Las figuras 3 y 4 son ilustraciones esquemáticas de una primera realización del dispositivo 16 de obtención de imágenes. El dispositivo 16 de obtención de imágenes en esta realización está configurado para obtener una imagen unidimensional de la retina 12 barriendo luz 30 colimada a través de la retina 12 del ojo 14. Es decir, el dispositivo 16 de obtención de imágenes es por tanto capaz de realizar un barrido 32 unidimensional de luz 30 colimada a través de la retina 12 del ojo 14.

En esta realización, el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes es paralelo a un plano 34 producido por el barrido 32 de luz colimada unidimensional producido por el dispositivo 16 de obtención de imágenes. Es decir, el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes se encuentra en el plano 34 definido por el barrido 32 de luz colimada unidimensional producido por el dispositivo 16 de obtención de imágenes, y el plano del eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes es ortogonal al plano 34 definido por el barrido 32 de luz colimada unidimensional producido por el dispositivo 16 de obtención de imágenes.

Con referencia a la figura 3 en particular, el dispositivo 16 de obtención de imágenes comprende una fuente 36 de luz colimada, un elemento 38 de barrido y un dispositivo 40 de transferencia de barrido.

La fuente 36 de luz colimada transmite luz 30 al elemento 38 de barrido a través de una lente 44 de enfoque (véase a continuación). La lente 44 de enfoque proporciona luz colimada al ojo 14 a través del dispositivo 40 de transferencia de barrido (véase a continuación). En la realización descrita en este caso, el elemento 38 de barrido es un escáner de sistema microelectromecánico (MEMS) unidimensional. Sin embargo, debe apreciarse que también pueden usarse elementos de barrido alternativos. El elemento 38 de barrido barre la luz 30 colimada a través del dispositivo 40 de transferencia de barrido. La fuente 36 de luz colimada y el elemento 38 de barrido se combinan para producir el barrido 32 de luz colimada unidimensional desde un punto 46.

El dispositivo 40 de transferencia de barrido, que, en la realización descrita e ilustrada en este caso, es un espejo elipsoide, tiene dos focos; un primer punto 48 focal y un segundo punto 50 focal. El punto 46, desde el cual emana el barrido 32 de luz colimada unidimensional, está ubicado en el primer punto 48 focal del dispositivo 40 de transferencia de barrido y el punto 20 pupilar del ojo 14 está ubicado en el segundo punto 50 focal del dispositivo 40 de transferencia de barrido. Dado que el dispositivo 40 de transferencia de barrido tiene dos puntos 48, 50 focales, el dispositivo 40 de transferencia de barrido transfiere el barrido 32 de luz colimada unidimensional desde el punto 46 al interior del ojo 14. Por tanto, el dispositivo 16 de obtención de imágenes obtiene una imagen unidimensional de la retina 12 barriendo la luz 30 colimada a través de la retina 12 del ojo 14.

La distancia entre los dos focos 48, 50 del dispositivo 40 de transferencia de barrido es de aproximadamente 40 mm

a 150 mm. Es preferible que la distancia entre los dos focos 48, 50 del dispositivo 40 de transferencia de barrido sea de 50 mm a 60 mm. Esta disposición reduce el grado de aumento variable y desviación focal durante el barrido.

5 El eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes también se encuentra en el segundo punto 50 focal del dispositivo 40 de transferencia de barrido. Es decir, en la realización ilustrada y descrita en este caso, el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes está ubicado en el punto 20 pupilar del ojo 14 y el segundo punto 50 focal del dispositivo 40 de transferencia de barrido.

10 Tal como se describió anteriormente, y con referencia a la figura 4, a medida que se hace rotar el dispositivo 16 de obtención de imágenes alrededor del eje 18, se obtiene una pluralidad de imágenes unidimensionales de la retina 12. Después se combinan estas imágenes para formar una imagen bidimensional de la retina 12.

15 La fuente 36 de luz colimada en la realización descrita e ilustrada en este caso es un láser. El láser 36 se acopla en una primera fibra 42 óptica, que es una fibra de mantenimiento de polarización de un único modo. El láser 36 puede estar ubicado en una carcasa 19 (véase la figura 1) que está alejada del dispositivo 16 de obtención de imágenes y la primera fibra 42 óptica transfiere la luz 30 colimada desde el láser 36 hasta el dispositivo 16 de obtención de imágenes. En esta disposición el dispositivo 16 de obtención de imágenes puede moverse con respecto a la carcasa 19. Alternativamente, el láser 36 puede estar ubicado en el dispositivo 16 de obtención de imágenes y el láser 36 y la primera fibra 42 óptica rotan con el dispositivo 16 de obtención de imágenes.

20 El dispositivo 16 de obtención de imágenes también incluye una ventana 17 de protección, que protege el ojo 14 frente a polvo y residuos. La ventana 17 de protección puede montarse alrededor del ojo 14 de modo que su posición es fija con respecto al ojo 14, o la ventana 17 de protección puede montarse en el dispositivo 16 de obtención de imágenes de modo que rota con el dispositivo 16 de obtención de imágenes.

25 Con referencia a la figura 5, la luz divergente emitida por la primera fibra 42 óptica vuelve a enfocarse en la retina 12 del ojo 14 a través de la combinación de una lente 44 de enfoque, el dispositivo 40 de transferencia de barrido y el cristalino 54 del ojo 14. Tal como se ilustra en la figura 5, los planos de la retina se marcan con (R) y los planos de la pupila se marcan con (P).

30 Con referencia a la figura 6, la luz reflejada desde la retina 12 vuelve a enfocarse en una segunda fibra 56 óptica a través de la combinación del cristalino 54 del ojo 14, el dispositivo 40 de transferencia de barrido y la lente 44 de enfoque. La segunda fibra 56 óptica es una fibra óptica de múltiples modos con un núcleo de gran diámetro.

35 Tal como se ilustra en la figura 6, un divisor 58 de haz está colocado entre las fibras 42, 56 ópticas primera y segundo. El divisor 58 de haz es un divisor de haz de placa de vidrio y está orientado a 45 grados con respecto a la lente 44 de enfoque. El divisor 58 de haz refleja una parte de la luz 30 colimada emitida desde la primera fibra 42 óptica hasta la lente 44 de enfoque y al interior del ojo 14. El divisor 58 de haz puede no estar recubierto y proporciona una razón de división de aproximadamente 90/10 usando reflexiones de Fresnel específicas de polarización. El uso de fibras ópticas de mantenimiento de polarización de un único modo permite lograr una potencia óptica estable durante el barrido. Aproximadamente el 90 % de la luz procedente de la primera fibra 42 óptica se transmite a través del divisor 58 de haz, pasando el 10 % restante al ojo 14. La luz transmitida a través del divisor 58 de haz en la entrada puede usarse para monitorizar la potencia de la luz 30 colimada por motivos de seguridad.

45 La mayor parte de la luz reflejada desde la retina 12 se transmite a través del divisor 58 de haz y se enfoca en la segunda fibra 56 óptica. La segunda fibra 56 óptica está conectada a al menos un elemento 60 fotodetector de un único punto, rápido, tal como un fotodetector de tipo fotodetector de avalancha APD, diodo PIN, tubo fotomultiplicador (PMT), fotomultiplicador de silicio (SPM) o detectores de un único punto similares. El detector 60 puede estar ubicado en la carcasa 19 que está alejada del dispositivo 16 de obtención de imágenes y la segunda fibra 56 óptica transfiere la luz 30 colimada reflejada desde el dispositivo 16 de obtención de imágenes hasta el detector 60. En esta disposición el dispositivo 16 de obtención de imágenes puede moverse con respecto a la carcasa 19. Alternativamente, el detector 60 puede estar ubicado en el dispositivo 16 de obtención de imágenes y el detector 60 y la segunda fibra 56 óptica rotan con el dispositivo 16 de obtención de imágenes.

50 El aparato 10 también incluye al menos un dispositivo de procesamiento de datos (no mostrado), tal como un ordenador, para almacenar la pluralidad de imágenes al menos unidimensionales y combinar las imágenes para obtener la imagen bidimensional. El dispositivo de procesamiento de datos está ubicado alejado del dispositivo 16 de obtención de imágenes y puede estar ubicado dentro de la carcasa 19.

60 Si el láser 36 y el detector 60 están ubicados en el dispositivo 16 de obtención de imágenes, el aparato 10 puede comprender además uno o más dispositivos de comunicación de datos, tales como fibras ópticas, etc., para permitir que el dispositivo de procesamiento de datos se comunique con, y/o controle, el láser 36 y el detector 60. La comunicación entre el dispositivo 16 de obtención de imágenes y el dispositivo de procesamiento de datos puede ser inalámbrica.

65

El aparato 10 también puede ser capaz de realizar la obtención de imágenes a múltiples longitudes de onda. Puede lograrse la obtención de imágenes a múltiples longitudes de onda, por ejemplo, proporcionando múltiples láseres combinados en una fibra óptica, que se somete a multiplexado en el tiempo y se sincroniza con un único detector.

5 Alternativamente, dos fibras ópticas de un único modo pueden transmitir la luz colimada desde dos fuentes de luz colimada diferentes a la trayectoria de haz. En esta disposición, los láseres se someterán una vez más a multiplexado en el tiempo con un único detector. Con el fin de evitar el multiplexado en el tiempo, puede insertarse un divisor de haz adicional con propiedades de división de longitud de onda entre el divisor 58 de haz y la segunda fibra 56 óptica, de manera que la segunda fibra 56 óptica transmite luz de bandas de longitud de onda diferente a dos fotodetectores de un único punto.

15 Las figuras 7 y 8 son ilustraciones esquemáticas de una segunda realización del dispositivo 116 de obtención de imágenes del aparato 10. El dispositivo 116 de obtención de imágenes en esta realización está configurado para obtener una imagen sustancialmente unidimensional de la retina 12 manipulando luz desde una fuente 136 de luz para producir una pluralidad de haces 130 de luz que iluminan la retina 12 del ojo 14. La pluralidad de haces 130 de luz forma un plano 134 de luz que ilumina la retina 12. El dispositivo 116 de obtención de imágenes puede manipular luz desde la fuente 136 de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento 138 de generación de línea, tal como una lente cilíndrica, lente toroidal o lente de índice de refracción en gradiente. Es decir, el dispositivo 116 de obtención de imágenes es por tanto capaz de manipular la fuente 136 de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento 20 de generación de línea o similar, para producir una pluralidad de haces 130 de luz que iluminan la retina 12 del ojo 14.

25 La fuente 136 de luz puede incluir un diodo láser divergente y una lente toroidal, una fuente de bombilla con una abertura de hendidura, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo superluminiscente, un láser de diodo o una bombilla incandescente colimada.

El haz de luz producido por la fuente 136 de luz puede estar colimado. Es decir, el aparato puede usar una fuente de luz colimada para iluminar la retina 12 del ojo 14.

30 En esta realización, el eje 118 de rotación del dispositivo 116 de obtención de imágenes es paralelo al plano 134 producido por el dispositivo 116 de obtención de imágenes. Es decir, el eje 118 de rotación del dispositivo 116 de obtención de imágenes se encuentra en el plano 134 definido por la pluralidad de haces 130 de luz producidos por el dispositivo 116 de obtención de imágenes, y el plano del eje 118 de rotación del dispositivo 116 de obtención de imágenes es ortogonal al plano 134 definido por la pluralidad de haces 130 de luz producidos por el dispositivo 116 de obtención de imágenes.

35 Con referencia a las figuras 7 y 8, la disposición de la segunda realización del dispositivo 116 de obtención de imágenes es similar a la disposición de la primera realización (figuras 3 y 4). El dispositivo 116 de obtención de imágenes comprende una fuente 136 de luz, un elemento 138 de manipulación de luz y un dispositivo 140 de transferencia de barrido.

En la realización descrita en este caso la fuente 136 de luz es un láser. Sin embargo, debe apreciarse que la fuente de luz no tiene que estar necesariamente colimada.

45 La fuente 136 de luz colimada transmite luz 130 colimada al elemento 138 de manipulación de luz. La fuente 136 de luz colimada y el elemento 138 de manipulación de luz se combinan para producir una pluralidad de haces 130 de luz desde un punto 146.

50 El dispositivo 140 de transferencia de barrido es idéntico al descrito en relación con la primera realización del dispositivo 16 de obtención de imágenes. El punto 146 desde el cual emana la pluralidad de haces 130 de luz está ubicado en el primer punto 148 focal del dispositivo 140 de transferencia de barrido y el punto 20 pupilar del ojo 14 está ubicado en el segundo punto 150 focal del dispositivo 140 de transferencia de barrido. De nuevo, dado que el dispositivo 140 de transferencia de barrido tiene dos puntos 148, 150 focales, el dispositivo 140 de transferencia de barrido transfiere la pluralidad de haces 130 de luz desde el punto 146 al interior del ojo 14. Por tanto, el dispositivo 55 116 de obtención de imágenes obtiene una imagen unidimensional de la retina 12 iluminando la retina 12 del ojo 14 con un plano 134 de luz y detectando la luz reflejada desde la misma.

60 El eje 118 de rotación del dispositivo 116 de obtención de imágenes se encuentra de nuevo en el segundo punto 150 focal del dispositivo 140 de transferencia de barrido. Es decir, en la realización ilustrada y descrita en este caso, el eje 118 de rotación del dispositivo 116 de obtención de imágenes está ubicado en el punto 20 pupilar del ojo 14 y el segundo punto 150 focal del dispositivo 140 de transferencia de barrido.

65 El aparato 100 también incluye una estructura de soporte (no mostrada) para soportar el dispositivo 116 de obtención de imágenes. El dispositivo 116 de obtención de imágenes está montado de manera pivotante en la estructura de soporte. La estructura de soporte puede incluir un elemento de base que puede montarse en una mesa o similar. Alternativamente, la estructura de soporte puede incluir dispositivos para la cabeza, que, por ejemplo,

puede llevar puestos un paciente.

De nuevo tal como se describió anteriormente, a medida que se hace rotar el dispositivo 116 de obtención de imágenes alrededor del eje 118, se obtiene una pluralidad de imágenes unidimensionales de la retina 12. Después se combinan estas imágenes para formar una imagen bidimensional de la retina 12.

El láser 136 se acopla en la primera fibra óptica, que es una fibra de mantenimiento de polarización de un único modo. El láser 136 puede estar ubicado en la carcasa 19 que está alejada del dispositivo 116 de obtención de imágenes y la primera fibra óptica transfiere la luz 130 colimada desde el láser 136 hasta el dispositivo 116 de obtención de imágenes. En esta disposición el dispositivo 116 de obtención de imágenes puede moverse de nuevo con respecto a la carcasa 19. Alternativamente, el láser 136 puede estar ubicado en el dispositivo 116 de obtención de imágenes y el láser 136 y la primera fibra óptica rotan con el dispositivo 116 de obtención de imágenes.

Con referencia a la figura 7, la luz 130 colimada ilumina la retina 12 del ojo 14 a través de la combinación del elemento 138 de manipulación de luz, el dispositivo 140 de transferencia de barrido y el cristalino del ojo 14.

Un divisor 158 de haz está colocado entre el elemento 138 de manipulación de luz y el dispositivo 140 de transferencia de barrido. La luz reflejada desde la retina 12 vuelve a enfocarse en un detector 160 a través de la combinación del cristalino 54 del ojo 14, el dispositivo 140 de transferencia de barrido y una lente 152 de enfoque. El detector 160 es una matriz lineal de elementos de fotodetección, tales como un dispositivo CCD o CMOS. El detector 160 en esta realización debe ser una matriz lineal. Sin embargo, debe apreciarse que la matriz lineal puede ser unidimensional o bidimensional.

El divisor 158 de haz es un divisor de haz de placa de vidrio y está orientado a 45 grados con respecto a la lente 152 de enfoque. Debe apreciarse que no se necesita que el divisor 158 de haz esté necesariamente orientado a 45 grados y que otros ángulos de orientación son posibles con el mismo efecto. Aproximadamente el 90 % de la luz procedente del dispositivo 140 de transferencia de barrido se transmite a través del divisor 158 de haz y se enfoca por la lente 152 de enfoque en el detector 160.

El detector 160 puede estar ubicado en la carcasa 19 que está alejada del dispositivo 116 de obtención de imágenes y una segunda fibra óptica (no mostrada) puede transferir la luz 130 colimada reflejada desde el dispositivo 116 de obtención de imágenes hasta el detector 160. En esta disposición el dispositivo 116 de obtención de imágenes puede moverse con respecto a la carcasa 19. Alternativamente, el detector 160 puede estar ubicado en el dispositivo 116 de obtención de imágenes y el detector 160 rota con el dispositivo 116 de obtención de imágenes.

Si el láser 136 y el detector 160 están ubicados en el dispositivo 116 de obtención de imágenes, el aparato 10 puede comprender además uno o más dispositivos de comunicación de datos, tales como fibras ópticas, etc., para permitir que el dispositivo de procesamiento de datos se comunice con, y/o controle, el láser 136 y el detector 160.

El dispositivo 116 de obtención de imágenes también incluye una ventana 117 de protección, que protege el ojo 14 frente a polvo y residuos. La ventana 117 de protección puede montarse alrededor del ojo 14 de modo que su posición es fija con respecto al ojo 14, o la ventana 117 de protección puede montarse en el dispositivo 16 de obtención de imágenes de modo que rota con el dispositivo 116 de obtención de imágenes.

De nuevo puede lograrse la obtención de imágenes a múltiples longitudes de onda proporcionando múltiples láseres con longitudes de onda diferentes. De nuevo, puede insertarse un divisor de haz con propiedades de división de longitud de onda entre el dispositivo 140 de transferencia de barrido y los uno o más detectores 160. En esta disposición el detector 160 puede dotarse de un filtro de Bayer para facilitar la detección de múltiples longitudes de onda.

Con referencia a la figura 9, el dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes puede ser pivotante alrededor de un eje 62. El eje 62 es ortogonal al eje 18, 118 de rotación del dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes. Por tanto, el dispositivo de obtención de imágenes puede pivotar entre una primera posición (lado izquierdo de la figura 9), en la que el dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes puede usarse para obtener una imagen bidimensional de la primera retina 12a de un primer ojo 14a, y una segunda posición (lado derecho de la figura 9), en la que el dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes puede usarse para obtener una imagen bidimensional de la primera retina 12b de un segundo ojo 14b. Por tanto, el aparato 10 puede obtener imágenes de ambos ojos de un paciente.

El dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes puede estar configurado de manera que su rotación alrededor del eje 18, 118 puede controlarse por un ordenador o similar. Esto permite automatizar el procedimiento de obtención de imágenes, lo que aumenta la velocidad a la que se crea la imagen bidimensional. Esto también mejora la repetibilidad de la adquisición de imágenes.

El dispositivo de obtención de imágenes puede estar configurado de manera que su rotación alrededor del eje está automatizada. La rotación del dispositivo de obtención de imágenes puede controlarse por ordenador.

El aparato 10 de las realizaciones puede fabricarse a un coste menor que el aparato de obtención de imágenes de retina conocido, tal como oftalmoscopios láser de barrido (SLO), ya que el aparato 10 no requiere elementos de barrido láser convencionales, tales como espejos poligonales. El aparato 10 puede hacerse más compacto que los aparatos de obtención de imágenes de retina conocidos, ya que el aparato usa un número de componentes menor que los aparatos de obtención de imágenes de retina conocidos. El aparato 10 también incluye un menor número de superficies ópticas, lo que aumenta la eficacia óptica del aparato. El resultado de esto es que, para la misma cantidad de potencia de entrada en el ojo, la potencia total en el detector de obtención de imágenes es mayor que en los métodos conocidos. Además, dado que la rotación de todo el dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes es alrededor del punto pupilar del ojo, solo se requiere un único dispositivo de transferencia de barrido de pequeño tamaño. Esto reduce el coste y el tamaño del aparato. Además, el aparato 10 puede ser capaz de realizar obtención de imágenes "de campo ancho" u obtención de imágenes "de campo estrecho". Por tanto, el aparato puede ajustarse a escala para diferentes mercados. Además, dependiendo de la geometría del dispositivo de transferencia de barrido, no se necesita ninguna corrección focal para lograr una obtención de imágenes de alta resolución. Esto proporciona imágenes de mayor resolución que los métodos conocidos. Además, el aparato 10 soporta una obtención de imágenes confocal poco precisa para evitar retroreflexiones procedentes de una ventana, córnea y otras superficies. Esto significa que para barridos puntuales o barridos lineales puede usarse una abertura para bloquear reflexiones procedentes de la córnea que de lo contrario provocarían una falta de contraste y artefactos en la imagen.

Pueden realizarse modificaciones y mejoras a lo anterior sin apartarse del alcance de la presente invención, que se define por las reivindicaciones. Por ejemplo, aunque anteriormente se ha ilustrado y descrito que el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes coincide con el punto 20 pupilar del ojo 14, debe apreciarse que el eje 18 puede estar ubicado generalmente sobre el punto 22 nodal delantero del ojo 14. Es decir, el eje 18 puede estar ubicado en el eje 26 óptico delante del cristalino, en el plano del iris o en el punto nodal trasero del ojo 14. Con el fin de lograr el campo de visión más amplio, es decir para evitar recortar el haz de luz, el eje 18 debe estar ubicado delante del cristalino del ojo 14, es decir en el plano del iris. Por tanto, el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes está dentro de +/- 4 mm del plano del iris.

Además, aunque anteriormente se ha ilustrado y descrito que el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes está en el plano 24 horizontal definido por el eje 26 óptico del ojo 14, debe apreciarse que el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes puede ser perpendicular al plano 24 horizontal. Alternativamente, el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes puede no ser ni paralelo ni perpendicular al plano 24 horizontal. En cualquiera de estas disposiciones el eje 18 de rotación del dispositivo 16 de obtención de imágenes debe permanecer paralelo a la dirección de la imagen unidimensional.

Además, aunque anteriormente se ha descrito que el punto 20 pupilar del ojo 14 está ubicado en el segundo punto 50 focal del dispositivo 40 de transferencia de barrido, debe apreciarse que el punto 20 pupilar del ojo 14 incluye cualquier punto en la región del punto 20 pupilar en el eje 26 óptico delante del cristalino, en el plano del iris, el punto nodal delantero del ojo 14 o el punto nodal trasero del ojo 14. Por tanto, cualquier punto en la región del punto 20 pupilar, que incluye la región delante del cristalino, en el plano del iris, el punto nodal delantero del ojo 14 o el punto nodal trasero del ojo 14, puede estar ubicado en el segundo punto 50 focal del dispositivo 40 de transferencia de barrido.

Además, aunque anteriormente se ha descrito que la fuente 36 de luz colimada es un láser, debe apreciarse que la fuente 36 de luz colimada puede ser alternativamente un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo superluminiscente, un láser de diodo o una bombilla incandescente colimada.

Además, aunque anteriormente se ha descrito que el divisor 58 de haz proporciona una razón de división de 90/10, debe apreciarse que pueden usarse divisores de haz con otras razones de división, tales como 80/20, 50/50 u otros tipos de divisores de haz, tales como divisores de haz de abertura, divisores de haz de polarización, espejos dicróicos (para obtención de imágenes por fluorescencia) en los que el diámetro de haz de entrada es menor que el diámetro de haz de salida. Además, una vez más el divisor 158 de haz puede estar orientado en cualquier ángulo adecuado distinto de 45 grados con el mismo efecto.

Además, aunque anteriormente se ha ilustrado y descrito que el elemento de barrido es un escáner de MEMS, debe apreciarse que el elemento de barrido puede ser cualquier mecanismo oscilante adecuado para barrer la luz 30 colimada a través del dispositivo 40 de transferencia de barrido. Esto puede incluir escáneres resonantes, espejos planos oscilantes y similares. El elemento de barrido debe ser preferiblemente capaz de funcionar a alta velocidad (es decir, por encima de 5 kHz) y proporcionar una alta amplitud de barrido (es decir, hasta 180 grados).

Además, aunque anteriormente se ha ilustrado y descrito que el dispositivo 40 de transferencia de barrido es un espejo elipsoide, debe apreciarse que el dispositivo 40 de transferencia de barrido puede ser alternativamente un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoide, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides o un sistema de lentes.

Además, aunque anteriormente se ha descrito que el dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes es capaz de

obtener una imagen unidimensional de la retina 12, es decir una imagen lineal de la retina 12, y que se obtiene una imagen bidimensional de la retina combinando varias de estas imágenes entre sí, debe apreciarse que el dispositivo de obtención de imágenes puede ser capaz de obtener una imagen bidimensional de la retina. Por tanto, en uso, el dispositivo de obtención de imágenes puede hacerse rotar alrededor del eje para obtener una pluralidad de imágenes bidimensionales de la retina. La pluralidad de imágenes bidimensionales puede combinarse para obtener una imagen bidimensional más grande de la retina. Es decir, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede producir una imagen bidimensional de montaje de la retina. En esta disposición, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede "coserse" para formar una imagen bidimensional más grande de la retina. Alternativamente, la pluralidad de imágenes bidimensionales puede disponerse para solaparse en la dirección de rotación del dispositivo de obtención de imágenes. La pluralidad de imágenes bidimensionales solapantes de la retina puede "coserse" para formar la imagen bidimensional de montaje de la retina. En esta disposición puede usarse un elemento de barrido bidimensional para obtener la pluralidad de imágenes bidimensionales de la retina. El elemento de barrido es capaz de barrer en dos direcciones. Al menos una de las direcciones de barrido debe estar en la misma dirección que el eje de rotación del dispositivo de obtención de imágenes. Las imágenes bidimensionales pueden tener una relación de aspecto rectangular, tal como 1000:100. Sin embargo, debe apreciarse que la relación de aspecto puede ser cualquier valor deseado. Las imágenes bidimensionales se adquieren a una velocidad de trama rápida, tal como 30 tramas por segundo, para evitar el movimiento del ojo. El dispositivo de obtención de imágenes en esta disposición puede hacerse rotar a una velocidad más lenta que la disposición descrita anteriormente. Después se combinan las imágenes bidimensionales para formar una imagen bidimensional más grande, tal como una imagen con una relación de aspecto de 1000:800 o 1000:1000. El elemento de barrido puede ser un escáner de MEMS bidimensional. En esta disposición, las imágenes bidimensionales pueden captarse usando una matriz rectangular bidimensional, tal como se describió anteriormente.

Además, aunque anteriormente se ha ilustrado y descrito que el aparato 10 comprende un único dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes, debe apreciarse que el aparato 10 puede comprender dos dispositivos 16, 116 de obtención de imágenes, en el que cada dispositivo 16, 116 de obtención de imágenes puede ser capaz de obtener una imagen al menos unidimensional de la retina y puede ser rotatorio alrededor de un eje que es paralelo a la dirección de la imagen al menos unidimensional. En esta disposición los dispositivos 16, 116 de obtención de imágenes pueden hacerse rotar juntos o por separado. Los dispositivos 16, 116 de obtención de imágenes pueden estar ubicados en una única carcasa, o ubicados por separado en dos carcasas separadas. Esta disposición permite obtener imágenes de dos ojos al mismo tiempo.

Además, debe apreciarse que el aparato 10, 100 también puede usarse para la obtención de imágenes por fluorescencia obteniendo imágenes a una longitud de onda y detectando a otra, tal como resulta habitual en aplicaciones tales como angiografía y obtención de imágenes por autofluorescencia. Por tanto, debe apreciarse que el aparato 10, 100 puede obtener una imagen de la retina recibiendo luz reflejada desde la retina o luz fluorescente emitida por la retina tras la excitación de la misma. Además, aunque anteriormente se ha descrito que el aparato 10, 100 es para iluminar y obtener imágenes de la retina 12 del ojo 14, debe apreciarse que el aparato 10, 100 también puede usarse para administrar tratamiento a la retina 12 iluminando la retina 12 con luz colimada de una longitud de onda y/o potencia adecuadas. El tratamiento de la retina 12, según un ejemplo de la técnica anterior que no forma parte de una realización de la presente invención, puede incluir las siguientes etapas: (i) identificar una región de la retina para su tratamiento, (ii) especificar el tamaño de la zona de tratamiento mediante planificación de tratamiento, vinculado con un sistema de obtención de imágenes, y (iii) guiar el tratamiento o bien mediante control manual o bien mediante control automatizado previamente especificado para suministrar la iluminación de tratamiento a un único o a múltiples sitios a través de una trayectoria de entrada común para la(s) fuente(s) de obtención de imágenes. Esto proporciona una correlación entre la geografía de tratamiento y la planificación de tratamiento derivada del sistema de obtención de imágenes. Tratar la retina 12 también puede incluir las etapas opcionales de visualizar una imagen de la retina 12 durante el tratamiento y/o volver a obtener imágenes de la retina para confirmar que el tratamiento es satisfactorio.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (10, 100) para obtener imágenes de la retina (12) de un ojo (14) que comprende:
 - 5 un dispositivo de iluminación que incluye una fuente de luz capaz de producir luz en un plano (24, 34, 134), emanando la luz desde un punto (46, 146) de manera que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una línea circunferencial sobre la retina;
 - 10 una estructura de soporte; y
 - 15 uno o más detectores (60, 160) para detectar la luz reflejada desde la retina para producir una imagen al menos unidimensional de la retina,
 - 20 en el que el dispositivo de iluminación puede montarse de manera pivotante en la estructura de soporte y puede rotar alrededor de un eje (18, 118) que se encuentra sustancialmente en dicho plano, de manera que, en uso, el dispositivo de iluminación puede hacerse rotar alrededor del eje para obtener una pluralidad de imágenes unidimensionales de la retina, y
 - 25 en el que el dispositivo de iluminación comprende además un dispositivo (40, 140) de transferencia de barrido,
 - 30 en el que el dispositivo de transferencia de barrido tiene dos focos y el punto se proporciona en un primer foco (48, 148) del dispositivo de transferencia de barrido y el dispositivo de transferencia de barrido está adaptado para colocarse de modo que el punto (20) pupilar del ojo se aloja en un segundo foco (50, 150) del dispositivo de transferencia de barrido y el dispositivo de transferencia de barrido está adaptado para transferir la luz en un plano desde el punto al interior del ojo.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de iluminación está configurado para iluminar dicha línea circunferencial sobre la retina barriendo luz colimada a través de la retina del ojo en una dimensión.
3. Aparato según la reivindicación 2, en el que el eje de rotación del dispositivo de iluminación se encuentra en un plano (34) definido por el barrido (32) unidimensional producido por el dispositivo de iluminación.
- 35 4. Aparato según la reivindicación 2 o 3, en el que el dispositivo de iluminación comprende:
 - 40 una fuente (36) de luz colimada; y
 - 45 un elemento (38) de barrido,
 - 50 en el que la fuente de luz colimada y el elemento de barrido se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada unidimensional desde dicho punto,
 - 55 y en el que el dispositivo de transferencia de barrido transfiere el barrido de luz colimada unidimensional que emana desde el punto al interior del ojo.
5. Aparato según la reivindicación 4, en el que el elemento de barrido es uno del grupo que consiste en un mecanismo oscilante, un espejo oscilante, un escáner resonante, un espejo de barrido resonante y un elemento de barrido de sistema microelectromecánico (MEMS).
6. Aparato según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de iluminación comprende:
 - 60 una fuente (136) de luz; y
 - 65 un elemento (138) de manipulación de luz,
 - 70 en el que la fuente de luz y el elemento de manipulación de luz se combinan para proporcionar una pluralidad de haces (130) de luz para formar dicha luz en un plano (134) que emana desde dicho punto,
 - 75 y en el que el dispositivo de transferencia de barrido transfiere la pluralidad de haces de luz que emanan desde el punto al interior del ojo.
7. Aparato según la reivindicación 6, en el que el dispositivo de iluminación manipula luz desde la fuente de luz haciendo pasar la luz a través de un elemento de generación de línea.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que el elemento de generación de línea es uno del grupo que

consiste en una lente cilíndrica, una lente toroidal y una lente de índice de refracción en gradiente.

- 5 9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el eje de rotación del dispositivo de iluminación se encuentra en el plano definido por la pluralidad de haces de luz producidos por el dispositivo de iluminación.
- 10 10. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de iluminación es capaz de iluminar una parte bidimensional de la retina.
- 10 11. Aparato según la reivindicación 10, dependiendo de la reivindicación 4 o 5, en el que el elemento de barrido es un elemento de barrido microelectromecánico (MEMS) bidimensional.
- 15 12. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que la fuente de luz incluye una o más fuentes de luz de longitudes de onda diferentes.
- 15 13. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que la fuente de luz está ubicada en el dispositivo de iluminación, de manera que rota con el dispositivo de iluminación.
- 20 14. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que la fuente de luz está ubicada alejada del dispositivo de iluminación, en el que la luz se transmite al dispositivo de iluminación.
- 15 15. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que el uno o más detectores están ubicados en el dispositivo de iluminación, de manera que rotan con el dispositivo de iluminación.
- 25 16. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho aparato está configurado para iluminar la retina con luz colimada de una longitud de onda y potencia adecuadas para tratar la retina.

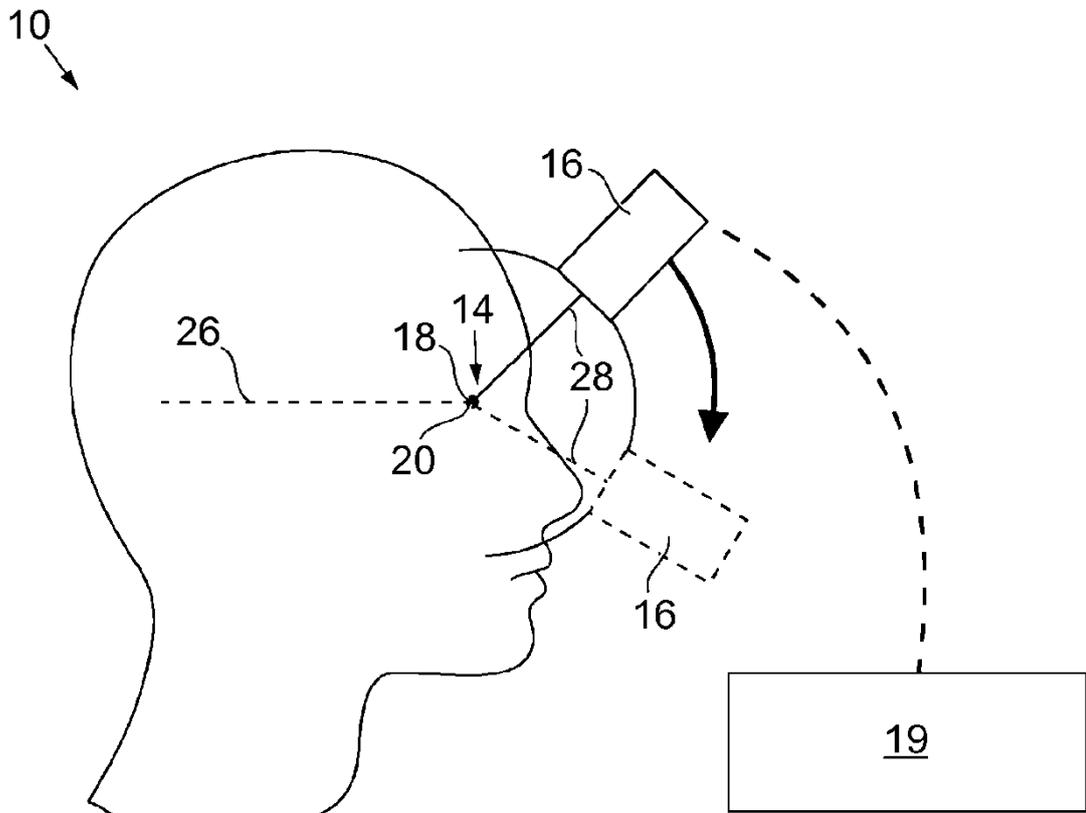


Fig. 1

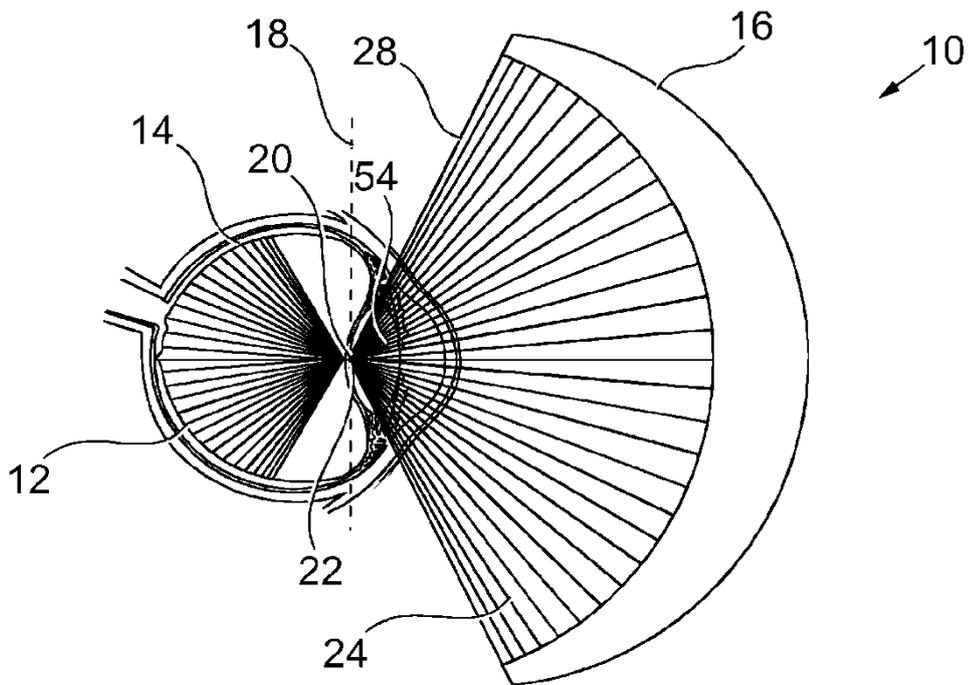


Fig. 2

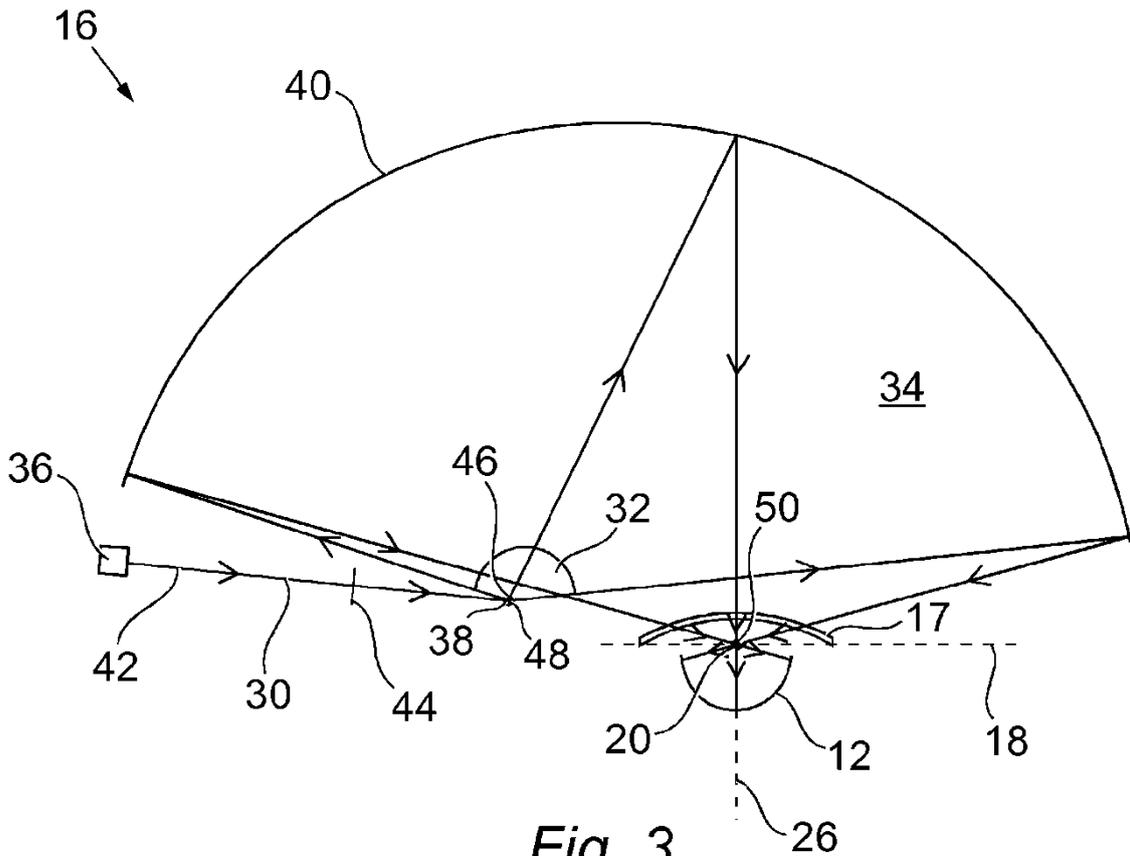


Fig. 3

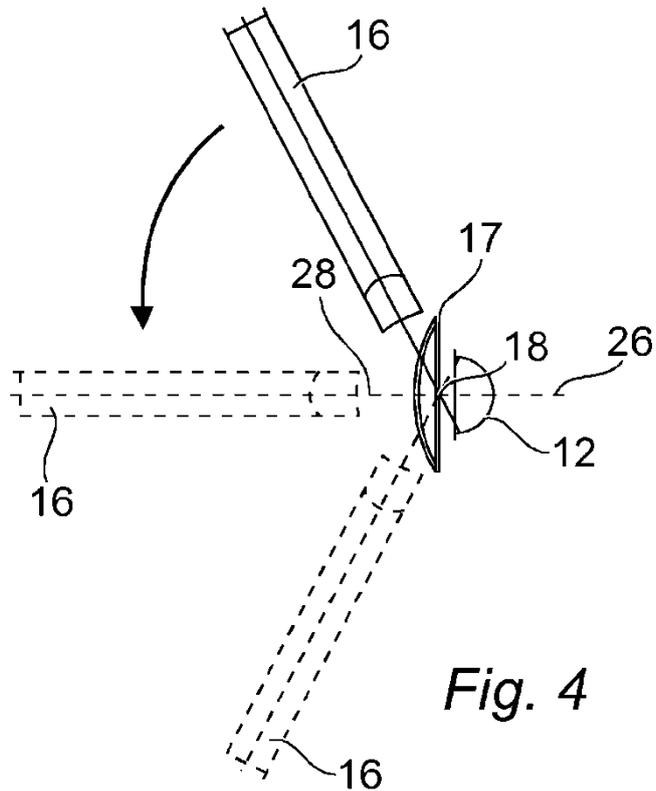


Fig. 4

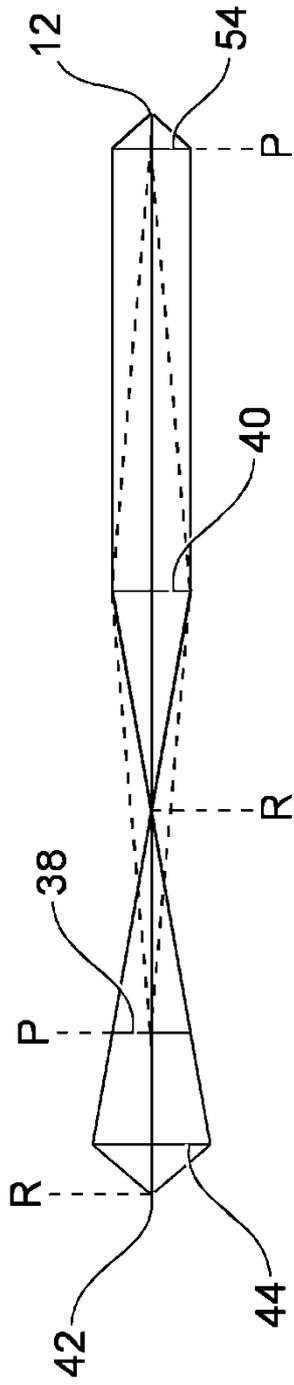


Fig. 5

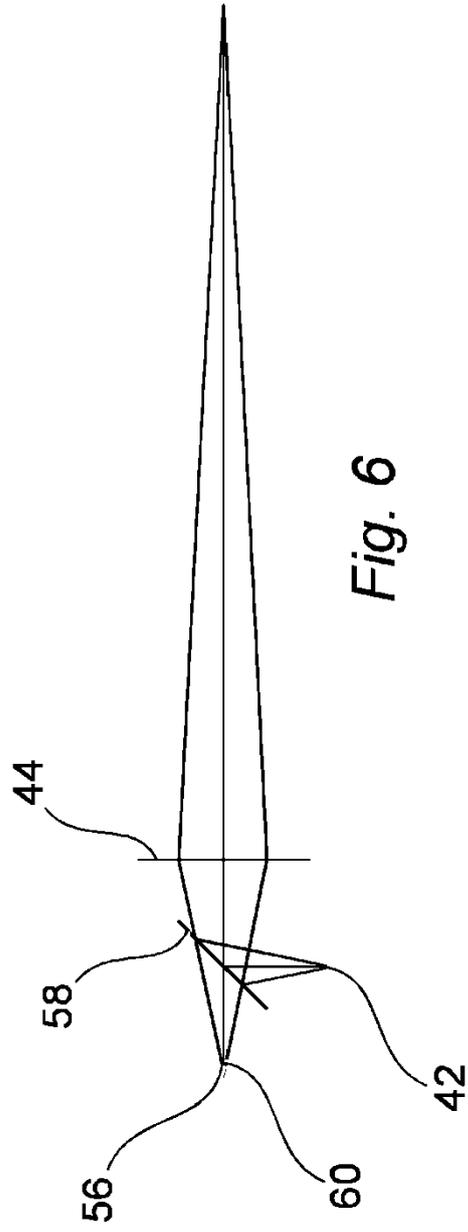


Fig. 6

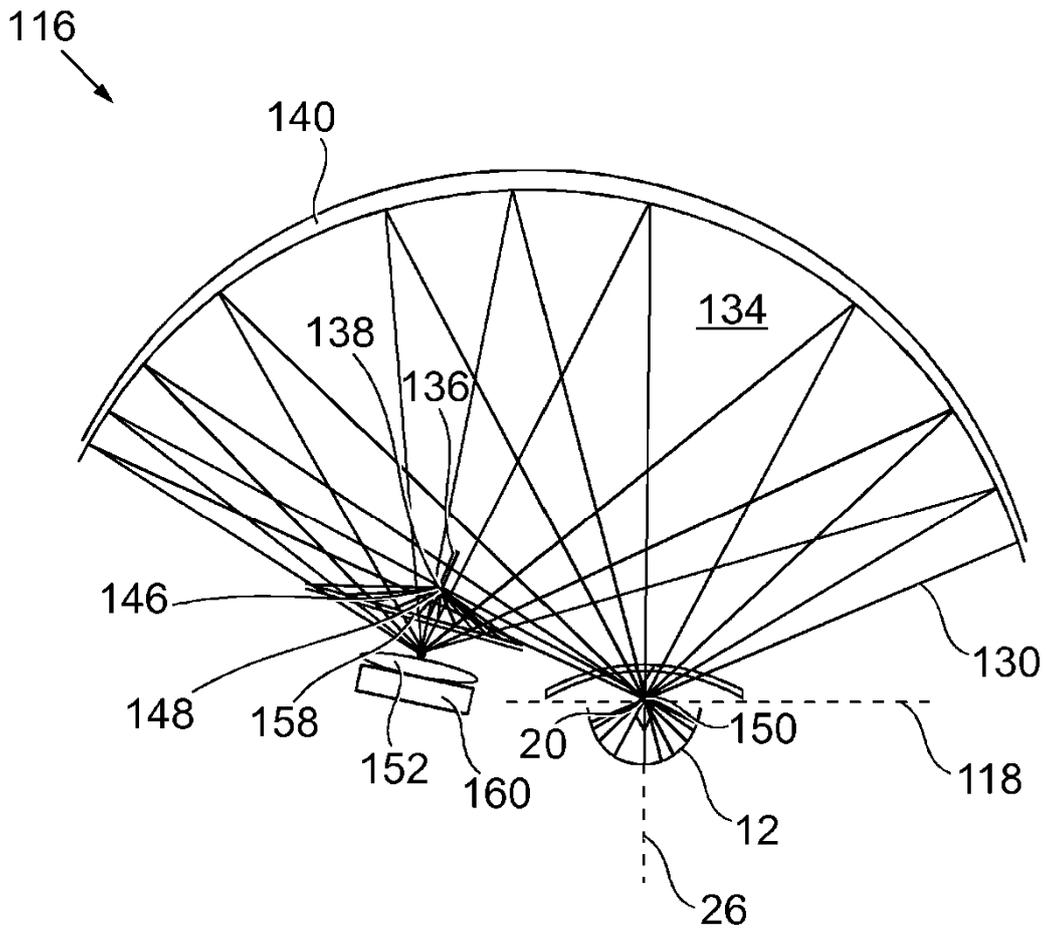


Fig. 7

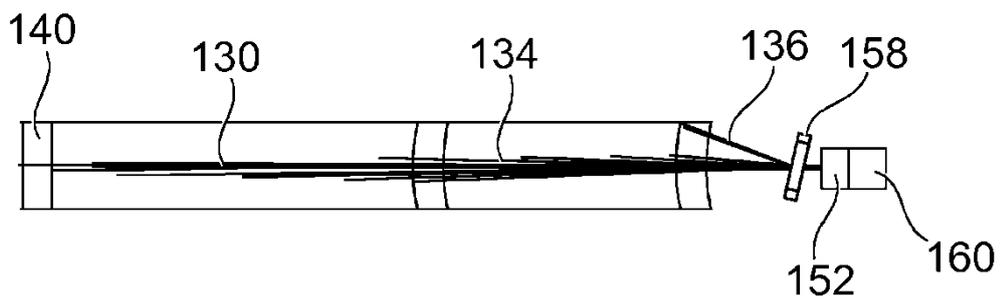


Fig. 8

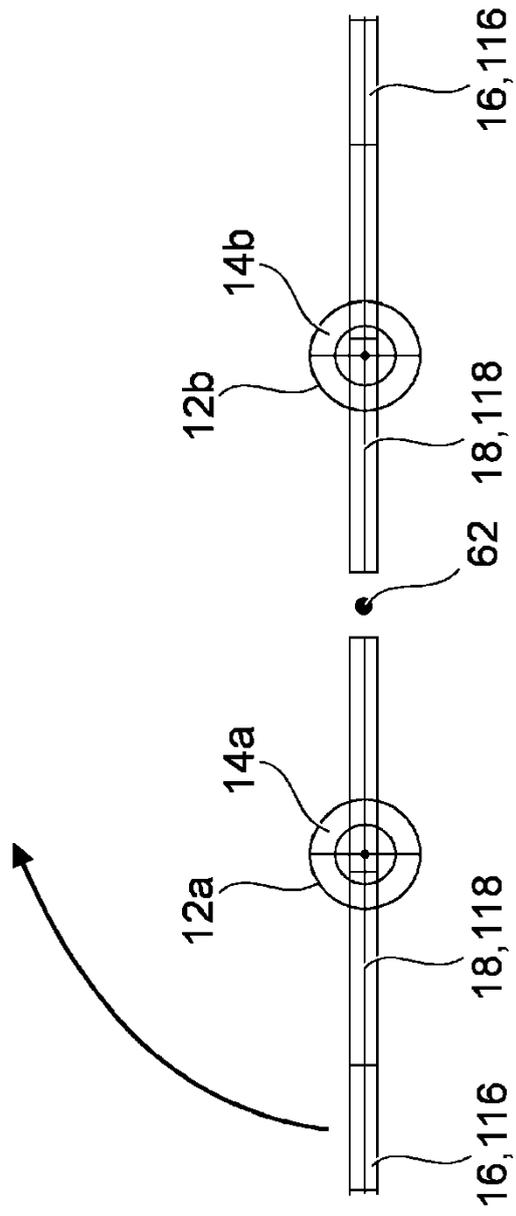


Fig. 9