

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 381**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/00** (2006.01)

**A61B 3/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2011 E 17154168 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 3195793**

54 Título: **Mejoras en o relativas a la oftalmología**

30 Prioridad:

**13.01.2011 GB 201100555**

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

**10.02.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CREASEY, CHRISTOPHER DAVID;  
MILNE, STUART BRIAN y  
FOGG, ANDREW**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 741 381 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 relativas a la oftalmología

### Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato y método para iluminar la retina de un ojo humano.

#### 5 Antecedentes

Los sistemas de obtención de imágenes, tal como los 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 del barrido láser consta de primer y segundo elementos de barrido ortogonales, que normalmente incluyen un espejo poligonal giratorio de alta velocidad y un espejo de baja velocidad accionado por motor. Estos elementos se utilizan para crear un patrón de barrido por trama de la retina humana. El espejo poligonal tiene una pluralidad de facetas y normalmente proporciona el barrido vertical del rayo láser, y el espejo de baja velocidad normalmente proporciona el barrido horizontal del rayo láser. El espejo de transferencia de barrido transfiere el patrón de barrido láser bidimensional creado mediante los elementos de barrido a la retina del ojo.

Si bien dichos sistemas de obtención de imágenes proporcionan imágenes aceptables de la retina del ojo, están limitados porque 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 a la gran cantidad de componentes ópticos, tienen baja eficacia óptica.

El documento WO 2010/125394 A1 describe un oftalmoscopio de barrido para realizar un barrido de la retina de un ojo y un método para el funcionamiento del mismo. El oftalmoscopio de barrido comprende una fuente de luz colimada, un primer elemento de barrido y un segundo elemento de barrido. La fuente de luz colimada y los elementos de barrido primero y segundo se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada bidimensional de una fuente puntual aparente. El oftalmoscopio de barrido comprende además un dispositivo de transferencia de barrido, en el que el dispositivo de transferencia de barrido es un elemento reflectante y tiene dos focos y la fuente puntual aparente se proporciona en un primer foco del dispositivo de transferencia de barrido y se acomoda un ojo 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 bidimensional desde la fuente puntual aparente al ojo. Los elementos de barrido primero y segundo tienen parámetros de funcionamiento que se seleccionan para controlar la dirección del barrido de luz colimada bidimensional desde la fuente puntual aparente y/o ajustar las dimensiones del barrido de luz colimada bidimensional desde la fuente puntual aparente.

#### 30 Compendio

La presente invención proporciona un aparato para iluminar una retina de un ojo según la reivindicación 1, y un método de iluminación de una retina de un ojo según la reivindicación 15.

Las características opcionales se establecen en las reivindicaciones restantes.

### Breve descripción de los dibujos

35 La figura 1 es una vista lateral esquemática de un aparato para iluminar la retina de un ojo según una realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista lateral esquemática de un aparato alternativo para iluminar, obtener imágenes y tratar la retina de un ojo; y

40 la figura 3 es un diagrama de flujo que detalla un método de iluminación, obtención de imágenes y tratamiento de la retina de un ojo.

### Descripción detallada

A continuación se describe un aparato para iluminar la retina de un ojo según una realización de la invención, que comprende:

un dispositivo de iluminación;

45 un sistema de lentes,

en donde el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para proporcionar iluminación incidente a partir de una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes; y

50 un dispositivo de transferencia de iluminación, en donde el dispositivo de transferencia de iluminación tiene dos focos y la fuente puntual aparente del sistema de lentes se proporciona en un primer punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación y se acomoda un ojo en un segundo punto focal del dispositivo de transferencia de

iluminación, y en donde el dispositivo de transferencia de iluminación transfiere la iluminación incidente desde la fuente puntual aparente al ojo para iluminar la retina.

5 El sistema de lentes incluye un punto focal aparente ubicado dentro del sistema de lentes. El sistema de lentes puede comprender una pluralidad de elementos de lentes. El punto focal aparente puede estar ubicado dentro de un elemento de lente ultraperiférico del sistema de lentes. El punto focal aparente y la fuente puntual aparente son coincidentes.

El dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para iluminar un área de la retina.

Es decir, el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes son capaces de iluminar una porción bidimensional de la retina.

El punto pupilar del ojo puede acomodarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de iluminación.

10 El punto nodal frontal del ojo puede acomodarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de iluminación.

El dispositivo de iluminación y el sistema de lentes están dispuestos de manera que la fuente puntual aparente es estacionaria. Esto garantiza que la máxima iluminación incidente se transfiere al ojo en el punto pupilar.

15 El sistema de lentes incluye una lente gran angular. La lente gran angular puede tener un campo de visión (FOV) de entre 30 grados y 180 grados. Preferiblemente, la lente gran angular tiene un FOV de entre 90 grados y 160 grados. Más preferiblemente, la lente gran angular tiene un FOV de 120 grados. El sistema de lentes puede comprender o consistir en una lente de ojo de pez.

El sistema de lentes puede comprender una pluralidad de elementos de lentes. El sistema de lentes puede comprender cualquier número y/o tipo de lentes requeridos para lograr el FOV deseado y/o para lograr acromatismo en todo el espectro visible.

20 La fuente puntual aparente puede ubicarse dentro de cualquiera de la pluralidad de elementos de lentes. Preferentemente, la fuente puntual aparente se encuentra en el elemento de lente ultraperiférico orientado hacia al dispositivo de transferencia de iluminación.

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

30 El aparato puede comprender además un dispositivo de relé de iluminación. El dispositivo de relé de iluminación puede comprender dos focos. Uno de los focos del dispositivo de relé de iluminación puede ser coincidente con uno de los focos del dispositivo de transferencia de iluminación y los otros focos del dispositivo de relé de iluminación pueden ser coincidentes con la fuente puntual aparente del dispositivo de iluminación y el sistema de lentes. En esta disposición, el dispositivo de relé de iluminación se coloca entre el dispositivo de transferencia de iluminación y el sistema de lentes. El dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan de nuevo para proporcionar iluminación incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes, la fuente puntual aparente se ubica en el primer punto focal del dispositivo de relé de iluminación y el segundo foco del dispositivo de relé de iluminación es coincidente con el primer foco del dispositivo de transferencia de iluminación. La retina del ojo se ilumina de nuevo mediante el dispositivo de transferencia de iluminación que transfiere la iluminación desde su primer punto focal al punto pupilar del ojo en su segundo foco.

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

El dispositivo de relé de iluminación puede tener la misma geometría que el dispositivo de transferencia de iluminación.

45 El dispositivo de relé de iluminación tiene un eje principal, que se encuentra en una línea que une los dos focos. El dispositivo de transferencia de iluminación también tiene un eje principal, que se encuentra en una línea que une los dos focos. El dispositivo de transferencia de iluminación y el dispositivo de relé de iluminación pueden estar dispuestos de tal manera que el eje principal de cada dispositivo sea paralelo y/o colineal. Esta disposición corrige las distorsiones introducidas por el dispositivo de transferencia de iluminación. Dado que la geometría del dispositivo de relé de iluminación es la misma que la geometría del dispositivo de transferencia de iluminación, las distorsiones pueden cancelarse o al menos corregirse parcialmente.

50 El dispositivo de iluminación puede incluir una fuente de luz. La fuente de luz puede proporcionar luz colimada.

La fuente de luz puede incluir un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor superficial con cavidad vertical (VCSEL), un diodo súper luminiscente (SLD), un láser de diodo, una lámpara incandescente colimada, un dispositivo de destellos o iluminación o un dispositivo de proyección de procesamiento de luz digital (DLP).

La fuente de luz puede proporcionar iluminación en una o más longitudes de onda diferentes. La fuente de luz puede proporcionar iluminación de luz roja (de aproximadamente 650 nm) y/o iluminación de luz verde (de aproximadamente 510 nm).

- 5 La fuente de luz puede adaptarse para proporcionar luz a una longitud de onda de entre 450 nm y 1000 nm. Preferiblemente, la fuente de luz puede adaptarse para proporcionar luz a una longitud de onda de entre 488 nm y 700 nm. Más preferiblemente, la fuente de luz proporciona luz a una longitud de onda de entre 515 nm y 650 nm.

La fuente de luz puede adaptarse para proporcionar luz a una potencia de entre 500 nWatt y 1 W.

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

La fuente de luz puede configurarse de modo que la longitud de onda de la luz proporcionada sea variable.

- 10 La fuente de luz puede configurarse de manera que la potencia de luz proporcionada sea variable.

El dispositivo de iluminación puede incluir un dispositivo de barrido bidimensional para realizar un barrido de la retina del ojo con luz colimada. En esta configuración, el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada bidimensional desde la fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes.

- 15 El dispositivo de barrido bidimensional puede comprender un primer elemento de barrido y un segundo elemento de barrido.

Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un mecanismo oscilante. El mecanismo oscilante puede ser un escáner resonante.

- 20 Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un espejo plano oscilante. El espejo plano oscilante puede ser un espejo de galvanómetro.

Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un mecanismo giratorio. El mecanismo giratorio puede ser un espejo poligonal giratorio.

- 25 El primer y segundo elementos de barrido pueden comprender un elemento de barrido por líneas. El elemento de barrido por líneas puede comprender un escáner de línea láser. La línea láser puede generarse mediante un elemento óptico difractivo, lente cilíndrica u otros medios conocidos para crear una línea láser.

Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender una combinación de mecanismos oscilantes, mecanismos giratorios o elementos de barrido por líneas, tal como se describió anteriormente.

- 30 El dispositivo de barrido bidimensional puede ser un elemento de barrido de sistema microelectromecánico (MEMS) que tiene dos ejes de giro. Sin embargo, debe apreciarse que el dispositivo de barrido bidimensional puede ser cualquier dispositivo adecuado que sea capaz de girar en al menos dos ejes, que son preferiblemente ortogonales. El dispositivo de barrido debe ser capaz preferiblemente de funcionar a alta velocidad (es decir, por encima de 5 kHz) y proporcionar una gran amplitud de barrido (es decir, de hasta 180 grados o más).

El dispositivo de iluminación puede comprender además uno o más detectores para detectar la luz reflejada de la retina. La luz reflejada de la retina puede usarse para formar una imagen de la retina.

- 35 El detector de luz puede incluir fotodetectores rápidos, tales como fotodiodos de avalancha (APD), diodos PIN, tubos fotomultiplicadores (PMT), fotomultiplicadores de silicio (SPM) o detectores de punto único similares.

El aparato puede comprender además uno o más dispositivos de procesamiento de datos para visualizar, almacenar y/o combinar las imágenes obtenidas de la retina.

- 40 El aparato puede ser capaz de pivotar entre una primera posición, en la que el aparato puede usarse para iluminar la primera retina de un primer ojo, y una segunda posición, en la que el aparato puede usarse para iluminar la segunda retina de un segundo ojo.

También se describe un sistema para iluminar la retina de cada ojo de un paciente que comprende dos aparatos tal como se estableció anteriormente, en el que cada aparato puede ser capaz de iluminar la retina de un ojo.

- 45 También se describe un método para iluminar la retina de un ojo según una realización de la invención, que comprende las etapas de:

proporcionar un dispositivo de iluminación;

proporcionar un sistema de lentes;

usar el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes en combinación para proporcionar iluminación incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes;

proporcionar un dispositivo de transferencia de iluminación que tiene dos focos;

5 proporcionar la fuente puntual aparente en el primer punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación y un ojo en el segundo punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación; y

usar el dispositivo de transferencia de iluminación para transferir la iluminación incidente desde la fuente puntual aparente al ojo.

10 El sistema de lentes incluye un punto focal aparente ubicado dentro del sistema de lentes. El sistema de lentes puede comprender una pluralidad de elementos de lentes. El punto focal aparente puede estar ubicado dentro de un elemento de lente ultraperiférico del sistema de lentes. El punto focal aparente y la fuente puntual aparente son coincidentes.

El dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para iluminar un área de la retina.

Es decir, el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes son capaces de iluminar una porción bidimensional de la retina.

El punto pupilar del ojo puede acomodarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de iluminación.

15 El punto nodal frontal del ojo puede acomodarse en el segundo foco del dispositivo de transferencia de iluminación.

El dispositivo de iluminación y el sistema de lentes están dispuestos de manera que la fuente puntual aparente es estacionaria. Esto garantiza que la máxima iluminación incidente se transfiere al ojo en el punto pupilar.

20 El sistema de lentes incluye una lente gran angular. La lente gran angular puede tener un campo de visión (FOV) de entre 30 grados y 180 grados. Preferiblemente, la lente gran angular tiene un FOV de entre 90 grados y 160 grados. Más preferiblemente, la lente gran angular tiene un FOV de 120 grados. El sistema de lentes puede comprender o consistir en una lente de ojo de pez.

El sistema de lentes puede comprender una pluralidad de elementos de lentes.

25 La fuente puntual aparente puede ubicarse dentro de cualquiera de la pluralidad de elementos de lentes. Preferentemente, la fuente puntual aparente se encuentra en el elemento de lente ultraperiférico orientado hacia el dispositivo de transferencia de iluminación.

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

30 El método puede comprender la etapa adicional de proporcionar un dispositivo de relé de iluminación que comprende dos focos. Uno de los focos del dispositivo de relé de iluminación puede ser coincidente con uno de los focos del dispositivo de transferencia de iluminación y los otros focos del dispositivo de relé de iluminación pueden ser coincidentes con la fuente puntual aparente del dispositivo de iluminación y el sistema de lentes. En esta disposición, el dispositivo de relé de iluminación se coloca entre el dispositivo de transferencia de iluminación y el sistema de lentes. El dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan de nuevo para proporcionar iluminación incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes, la fuente puntual aparente se ubica en el primer punto focal del dispositivo de relé de iluminación y el segundo foco del dispositivo de relé de iluminación es coincidente con el primer foco del dispositivo de transferencia de iluminación. La retina del ojo se ilumina de nuevo mediante el dispositivo de transferencia de iluminación que transfiere la iluminación desde su primer punto focal al punto pupilar del ojo en su segundo foco.

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

45 El dispositivo de relé de iluminación puede tener la misma geometría que el dispositivo de transferencia de iluminación.

50 El dispositivo de relé de iluminación tiene un eje principal, que se encuentra en una línea que une los dos focos. El dispositivo de transferencia de iluminación también tiene un eje principal, que se encuentra en una línea que une los dos focos. El dispositivo de transferencia de iluminación y el dispositivo de relé de iluminación pueden estar dispuestos de modo que los ejes principales de cada dispositivo sean paralelos y/o colineales. Esta disposición corrige distorsiones introducidas por el dispositivo de transferencia de iluminación. Dado que la geometría del dispositivo de relé de iluminación es la misma que la geometría del dispositivo de transferencia de iluminación, las distorsiones pueden cancelarse o al menos corregirse parcialmente.

El dispositivo de iluminación puede incluir una fuente de luz. La fuente de luz puede proporcionar luz colimada.

La fuente de luz puede incluir un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor superficial con cavidad vertical (VCSEL), un diodo súper luminiscente (SLD), un láser de diodo, una lámpara incandescente colimada, un dispositivo de destello o iluminación o un dispositivo de proyección de procesamiento de luz digital (DLP).

- 5 La fuente de luz puede proporcionar iluminación en una o más longitudes de onda diferentes. La fuente de luz puede proporcionar iluminación de luz roja (de aproximadamente 650 nm) y/o iluminación de luz verde (de aproximadamente 510 nm).

- 10 La fuente de luz puede adaptarse para proporcionar luz a una longitud de onda de entre 450 nm y 1000 nm. Preferiblemente, la fuente de luz puede adaptarse para proporcionar luz a una longitud de onda de entre 488 nm y 700 nm. Más preferiblemente, la fuente de luz proporciona luz a una longitud de onda de entre 515 nm y 650 nm.

La fuente de luz puede adaptarse para proporcionar luz a una potencia de entre 500 nWatt y 1 W.

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

La fuente de luz puede configurarse de modo que la longitud de onda de luz proporcionada sea variable.

La fuente de luz puede configurarse de manera que la potencia de luz proporcionada sea variable.

- 15 El dispositivo de iluminación puede incluir un dispositivo de barrido bidimensional para realizar un barrido de la retina del ojo con luz colimada. En esta configuración, el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada bidimensional desde la fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes.

- 20 El dispositivo de barrido bidimensional puede comprender un primer elemento de barrido y un segundo elemento de barrido.

Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un mecanismo oscilante. El mecanismo oscilante puede ser un escáner resonante.

Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un espejo plano oscilante. El espejo plano oscilante puede ser un espejo de galvanómetro.

- 25 Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un mecanismo giratorio. El mecanismo giratorio puede ser un espejo poligonal giratorio.

El primer y segundo elementos de barrido pueden comprender un elemento de barrido por líneas. El elemento de barrido por líneas puede comprender un escáner de línea láser. La línea láser puede generarse mediante un elemento óptico difractivo, lente cilíndrica u otros medios conocidos para crear una línea láser.

- 30 Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender una combinación de mecanismos oscilantes, mecanismos giratorios o elementos de barrido por líneas, tal como se describió anteriormente.

- 35 El dispositivo de barrido bidimensional puede ser un elemento de barrido de sistema microelectromecánico (MEMS) que tiene dos ejes de giro. Sin embargo, debe apreciarse que el dispositivo de barrido bidimensional puede ser cualquier dispositivo adecuado que sea capaz de girar en al menos dos ejes, que son preferiblemente ortogonales. El dispositivo de barrido debe ser capaz de funcionar a alta velocidad (es decir, por encima de 5 kHz) y proporcionar una gran amplitud de barrido (es decir, de hasta 180 grados o más).

El método puede comprender la etapa adicional de proporcionar uno o más detectores de luz y usar uno o más detectores de luz para detectar la luz reflejada de la retina para formar una imagen de la retina. En esta disposición, el método realiza las etapas de iluminar la retina y obtener una imagen de la retina.

- 40 El detector de luz puede incluir fotodetectores rápidos, como fotodiodos de avalancha (APD), diodos PIN, tubos fotomultiplicadores (PMT), fotomultiplicadores de silicio (SPM) o detectores de punto único similares.

- 45 El método puede comprender la etapa adicional de hacer pivotar el dispositivo de iluminación, el sistema de lentes y el dispositivo de transferencia de iluminación entre una primera posición, en la que se realiza la iluminación de la primera retina de un primer ojo, y una segunda posición, en la que se realiza la iluminación de la segunda retina de un segundo ojo.

También se describe a continuación un aparato para obtener imágenes de la retina de un ojo que comprende:

un dispositivo de iluminación;

un sistema de lentes,

en donde el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para proporcionar iluminación incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes;

un detector de luz; y

5 un dispositivo de transferencia de iluminación, en donde el dispositivo de transferencia de iluminación tiene dos focos y la fuente puntual aparente del sistema de lentes se proporciona en un primer punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación y un ojo se acomoda en un segundo punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación, y en donde el dispositivo de transferencia de iluminación transfiere la iluminación incidente desde la fuente puntual aparente al ojo para iluminar la retina y el detector de luz detecta la luz reflejada de la retina para obtener una imagen de la retina.

10 También se describe un método para obtener imágenes de la retina de un ojo que comprende las etapas de:

proporcionar un dispositivo de iluminación;

proporcionar un sistema de lentes;

usar el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes en combinación para proporcionar iluminación incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes;

15 proporcionando un detector de luz;

proporcionar un dispositivo de transferencia de iluminación que tiene dos focos;

proporcionar la fuente puntual aparente en el primer punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación y un ojo en el segundo punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación;

20 usar el dispositivo de transferencia de iluminación para transferir la iluminación incidente desde la fuente puntual aparente al ojo; y

usar el detector de luz para detectar la luz reflejada de la retina para producir una imagen de la retina.

También se describe un aparato para tratar la retina de un ojo con luz colimada que comprende:

un dispositivo de iluminación de luz colimada;

un sistema de lentes,

25 en donde el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes se combinan para proporcionar iluminación de luz colimada incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes; y

30 un dispositivo de transferencia de iluminación, en donde el dispositivo de transferencia de iluminación tiene dos focos y la fuente puntual aparente del sistema de lentes se proporciona en un primer punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación y se acomoda un ojo en un segundo punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación, y en donde el dispositivo de transferencia de iluminación transfiere la iluminación de luz colimada incidente desde la fuente puntual aparente al ojo.

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 los compuestos químicos dentro de la estructura retiniana.

35 También se describe un método para tratar la retina de un ojo con luz colimada que comprende las etapas de:

proporcionar un dispositivo de iluminación de luz colimada;

proporcionar un sistema de lentes;

usar el dispositivo de iluminación y el sistema de lentes en combinación para proporcionar iluminación de luz colimada incidente desde una fuente puntual aparente ubicada dentro del sistema de lentes;

40 proporcionar un dispositivo de transferencia de iluminación que tiene dos focos;

proporcionar la fuente puntual aparente en el primer punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación y un ojo en el segundo punto focal del dispositivo de transferencia de iluminación; y

usar el dispositivo de transferencia de iluminación para transferir la iluminación de luz colimada incidente desde la fuente puntual aparente al ojo.

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 los compuestos químicos dentro de la estructura retiniana.

Las realizaciones de la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos.

5 La figura 1 ilustra un aparato 10 para iluminar la retina 12 de un ojo 14 según una realización de la invención. El aparato 10 incluye un dispositivo de iluminación 16, un sistema de lentes 18 y un dispositivo de transferencia de iluminación 20.

10 El sistema de lentes 18 está dispuesto para incluir un punto focal aparente 23 ubicado dentro del sistema de lentes 18. El dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 están dispuestos de modo que se combinen para proporcionar iluminación incidente 22 desde una fuente puntual aparente 24 ubicada dentro del sistema de lentes 18. El punto focal aparente 23 del sistema de lentes 18 es coincidente con la fuente puntual aparente 24 del sistema de lentes 18. El punto focal 23 y la fuente puntual 24 se denominan "aparentes" porque cuando el dispositivo de iluminación 16 ilumina el sistema de lentes 18 parece que la iluminación incidente 22 emana de un punto verdadero o "real", ubicado dentro del sistema. Es decir, si la iluminación incidente 22 se rastrea en el sistema de lentes 18 sin ninguna refracción, parecería que emana de un solo punto. Esto, por supuesto, no es cierto con una lente gran angular, por lo tanto, se utiliza el término "aparente" para tanto el punto focal como la fuente puntual. De manera importante, la fuente puntual aparente 24 es estacionaria con respecto al sistema de lentes 18. Esto garantiza que la iluminación incidente 22 emana de la fuente puntual aparente 24 sin traslación.

20 La iluminación incidente 22 generada por el dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 es bidimensional y, por lo tanto, ilumina un área de la retina 12 (véase a continuación). La iluminación incidente 22 en la realización ilustrada y descrita en este caso proporciona una "iluminación de inundación", es decir, el dispositivo de iluminación 16 ilumina simultáneamente el área de la retina.

25 El dispositivo de iluminación 16 incluye una fuente de luz 26. La fuente de luz 26 puede proporcionar luz colimada. La fuente de luz 26 puede incluir un láser, un diodo emisor de luz (LED), un láser emisor superficial con cavidad vertical (VCSEL), un diodo súper luminiscente (SLD), un láser de diodo, una lámpara incandescente colimada, un dispositivo de flash o iluminación o un dispositivo de proyección de procesamiento de luz digital (DLP).

30 La fuente de luz 26 es capaz de proporcionar iluminación a una o más longitudes de onda diferentes. En esta disposición, la fuente de luz 26 puede proporcionar iluminación de luz roja (de aproximadamente 650 nm) y/o iluminación de luz verde (de aproximadamente 510 nm). La fuente de luz 26 es capaz de proporcionar luz a una potencia de entre 500 nWatt y 1 W. Tanto la longitud de onda como la potencia de luz de la fuente de luz 26 pueden ser variables.

35 Tal como se ilustra en la figura 1, el sistema de lentes 18 incluye una trayectoria óptica incidente 28 y una trayectoria óptica de retorno 30. La trayectoria óptica incidente 28 y una trayectoria óptica de retorno 30 están divididas por un divisor de haz 32. El divisor de haz 32 ilustrado y descrito en este caso es 80:20 de transmisión/reflexión. Sin embargo, debe apreciarse que podrían usarse otros tipos de divisores de haz si fuera necesario.

40 La trayectoria óptica incidente 28 incluye una primera lente de enfoque 34 y la trayectoria óptica de retorno 30 incluye una segunda y tercera lentes de enfoque 38, 40 y una lente de enfoque y apertura combinadas 46. En la realización ilustrada y descrita en este caso, la trayectoria óptica de retorno 30 también incluye un segundo divisor de haz (dicroico) 48 que divide la luz reflejada devuelta desde la retina 12 hasta un primer detector 50 y un segundo detector 52. Tal como se describe a continuación, el primer detector 50 detecta la luz roja y el segundo detector 52 detecta la luz verde. Sin embargo, debe apreciarse que el aparato 10 puede no necesitar incluir necesariamente dos detectores de color por separado y que el aparato 10 puede funcionar igualmente bien con un solo detector.

45 En la realización descrita e ilustrada en este caso, el sistema de lentes 18 es un sistema de lentes gran angular que puede consistir o comprender una lente de ojo de pez. El sistema de lentes 18 es una lente gran angular que comprende una pluralidad de elementos de lentes de menisco 18a a 18e. La lente gran angular puede tener un campo de visión (FOV) de entre 30 grados y 180 grados. Preferiblemente, el FOV es de alrededor de 120 grados. Sin embargo, debe apreciarse que la lente gran angular puede tener un FOV a cualquier ángulo adecuado entre el intervalo mencionado anteriormente dependiendo de los requisitos específicos del aparato 10.

50 El dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 están dispuestos de tal manera que la iluminación incidente 22 emana de la fuente puntual aparente 24 a un ángulo  $\alpha$ . El ángulo  $\alpha$  es de alrededor de 120 grados (véase la figura 1).

55 El dispositivo de transferencia de iluminación 20 tiene dos focos 20a, 20b. En la realización ilustrada y descrita en este caso, el dispositivo de transferencia de iluminación 20 es un espejo elipsoidal. Sin embargo, debe apreciarse que el dispositivo de transferencia de iluminación 20 puede comprender de manera alternativa un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoidal, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides o un sistema de lentes. En el caso en que el dispositivo de transferencia de iluminación comprende un sistema de lentes, el sistema de lentes está dispuesto para proporcionar dos focos.

Tal como se ilustra en la figura 1, el dispositivo de transferencia de iluminación 20 y el sistema de lentes 18 están dispuestos de manera que la fuente puntual aparente 24 se proporciona en el primer punto focal 20a del dispositivo de transferencia de iluminación 20 y el ojo 14 se acomoda en el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20. Más específicamente, el punto pupilar 14a del ojo 14 se coloca en el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20.

La iluminación incidente 22 se transmite al ojo del sujeto 14 a través del dispositivo de transferencia de iluminación 20. La iluminación incidente 22 proporcionada en la fuente puntual aparente 24 mediante el dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 está acoplado mediante el dispositivo de transferencia de iluminación 20 a través del punto pupilar 14a del ojo del sujeto 14, y por lo tanto sobre la retina 12. Por lo tanto, el aparato 10 proporciona iluminación de un área de la retina 12.

Tal como se indicó anteriormente, la iluminación incidente 22 emana de la fuente puntual aparente 24 sin traslación, es decir, la fuente puntual aparente 24 es estacionaria durante el funcionamiento. El resultado de esto es que la iluminación incidente 22 que emerge en el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20 también es estacionaria. Por lo tanto, el dispositivo de transferencia de iluminación 20 proporciona una transferencia "punto a punto" de la iluminación incidente 22 sin traslación, o recorte, de la misma. Dado que el dispositivo de transferencia de iluminación 20 proporciona una transferencia punto a punto de la iluminación incidente 22, la iluminación incidente 22 que emerge en el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20 emana del mismo con el mismo ángulo  $\alpha$  del que emana la iluminación incidente 22 del primer punto focal 20a del dispositivo de transferencia de iluminación 20, es decir, a un ángulo de alrededor de 120 grados.

El resultado de esto es que la iluminación incidente 22 entra en el ojo sin ser "recortada" por el iris, por ejemplo. Esto maximiza el área de la retina 12 que puede iluminarse por el aparato 10 y permite que se realice una iluminación ultra ancha de la retina 12. Tal como se describió anteriormente, la iluminación incidente 22 entra en el punto pupilar 14a del ojo del sujeto 14 a un ángulo de alrededor de 120 grados. Un ángulo de alrededor de 120 grados en el punto pupilar 14a del ojo 14 equivale a un ángulo de alrededor de 200 grados cuando se mide en el centro del ojo 14. Por lo tanto, puede considerarse que el aparato 10 proporciona un ángulo "externo" de 120 grados de iluminación y un ángulo "interno" de iluminación de 200 grados.

Las propiedades descritas anteriormente del dispositivo de iluminación 16, el sistema de lentes 18 y el dispositivo de transferencia de iluminación 20 también garantizan que la luz reflejada de la retina se transmita de vuelta a través de la misma trayectoria óptica del aparato 10.

En la figura 3 se ilustra el proceso de iluminar la retina 12 del ojo 14. Con referencia a la figura 3, la retina 12 del ojo 14 puede iluminarse (a) proporcionando el dispositivo de iluminación 16, (b) proporcionando el sistema de lentes 18, (c) utilizando el dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 en combinación para proporcionar iluminación incidente desde la fuente puntual aparente 24 ubicada dentro del sistema de lentes 18, (d) proporcionando el dispositivo de transferencia de iluminación 20 que tiene dos focos 20a, 20b, (e) proporcionando la fuente puntual aparente 24 en el primer punto focal 20a del dispositivo de transferencia de iluminación 20 y un ojo 14 en el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20 y (f) utilizando el dispositivo de transferencia de iluminación 20 para transferir la iluminación incidente 22 desde la fuente puntual aparente 24 al ojo 14.

Tal como se describió anteriormente, la luz reflejada devuelta desde la retina 12 se detecta en el primer y segundo detectores 50, 52. La luz reflejada devuelta desde la retina 12 se usa para producir una imagen de la retina 12 del sujeto de la manera conocida.

Los detectores 50, 52 pueden incluir fotodetectores rápidos, tales como fotodiodos de avalancha (APD), diodos PIN, tubos fotomultiplicadores (PMT), fotomultiplicadores de silicio (SPM) o detectores de punto único similares.

El aparato 10 también comprende un dispositivo de procesamiento de datos para visualizar, procesar, almacenar y/o combinar las imágenes obtenidas de la retina 12. El aparato 10 también puede comprender un dispositivo de corrección de distorsión, que puede ser parte del dispositivo de procesamiento de datos, para corregir distorsiones introducidas por el dispositivo de transferencia de iluminación 20. El aparato 10 también puede incluir uno o más elementos aplanadores presentados que corrigen aberraciones focales en el sistema.

La figura 2 ilustra una realización alternativa del aparato 10. La única diferencia entre el aparato 10 de la figura 1 y el aparato 100 de la figura 2 es que se ha colocado un dispositivo de relé de iluminación 200 entre el sistema de lentes 18 y el dispositivo de transferencia de iluminación 20. El dispositivo de relé de iluminación 200 tiene la misma geometría que el dispositivo de transferencia de iluminación 20.

El dispositivo de relé de iluminación 200 tiene dos focos 200a, 200b. En la realización ilustrada y descrita en este caso, el dispositivo de relé de iluminación 200 es un espejo elipsoidal. Sin embargo, debe apreciarse que el dispositivo de relé de iluminación 200 puede comprender de manera alternativa un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoidal, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides o un sistema de lentes. En el caso en que el dispositivo de transferencia de iluminación comprende un sistema de lentes, el sistema de lentes está dispuesto para proporcionar dos focos.

5 Tal como se ilustra en la figura 2, el dispositivo de relé de iluminación 200, el dispositivo de transferencia de iluminación 20 y el sistema de lentes 18 están dispuestos de manera que la fuente puntual aparente 24 se proporciona en el primer punto focal 200a del dispositivo de relé de iluminación 200 y el segundo punto focal 200b del dispositivo de relé de iluminación 200 es coincidente con el primer punto focal 20a del dispositivo de transferencia de iluminación 20. El ojo del sujeto 14 se acomoda en el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20 como antes.

10 La iluminación incidente 22 se transmite al ojo del sujeto 14 a través del dispositivo de relé de iluminación 200 y el dispositivo de transferencia de iluminación 20. La iluminación incidente 22 proporcionada en la fuente puntual aparente 24 mediante el dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 está acoplada mediante el dispositivo de relé de iluminación 200 al dispositivo de transferencia de iluminación 20, que, a su vez, acopla la iluminación incidente 22 a través del punto pupilar 14a del ojo del sujeto 14 a la retina 12, como antes.

15 Dado que el dispositivo de relé de iluminación 200 tiene la misma geometría que el dispositivo de transferencia de iluminación 20, el dispositivo de relé de iluminación 200 también proporciona transferencia punto a punto de la iluminación incidente 22 sin traslación, o recorte, de la misma. Por lo tanto, la iluminación incidente 22 que emerge en el segundo punto focal 200b del dispositivo de relé de iluminación 200 emana del mismo con el mismo ángulo  $\alpha$  al que la iluminación incidente emana del primer punto focal 200a del dispositivo de relé de iluminación 200. Por lo tanto, se deduce que la iluminación incidente 22 que emana del primer punto focal 20a del dispositivo de transferencia de iluminación 20 (o el segundo punto focal 200b del dispositivo de relé de iluminación 200) emana con el mismo ángulo  $\alpha$  que la iluminación incidente 22 que emana desde el segundo punto focal 20b del dispositivo de transferencia de iluminación 20 al ojo 14, como antes. Por lo tanto, la iluminación incidente 22 se introduce de nuevo en el ojo 14 sin ser recortada, maximizando así el área de la retina 12 que puede iluminarse mediante el aparato 10. El aparato 100 proporciona de nuevo un ángulo externo de 120 grados (ángulo interno de 200 grados) de iluminación de la retina, como antes.

25 El dispositivo de relé de iluminación 200 tiene un eje principal, que se encuentra en una línea que une los dos focos (200a, 200b). El dispositivo de transferencia de iluminación 20 también tiene un eje principal, que se encuentra en una línea que une los dos focos (20a, 20b). El dispositivo de transferencia de iluminación 20 y el dispositivo de relé de iluminación 200 pueden estar dispuestos de manera que los ejes principales de cada dispositivo sean paralelos y/o colineales.

30 El propósito del dispositivo de relé de iluminación 200 es corregir las distorsiones introducidas por el dispositivo de transferencia de iluminación 20. Dado que la geometría del dispositivo de relé de iluminación 200 es la misma que la geometría del dispositivo de transferencia de iluminación 20, las distorsiones pueden cancelarse, o al menos corregirse parcialmente. La disposición del dispositivo de relé de iluminación 200 y el dispositivo de transferencia de iluminación 20 es tal que el eje principal (es decir, la línea que une los dos focos del dispositivo) del dispositivo de relé de iluminación 200 es paralelo y colineal con respecto al eje principal del dispositivo de transferencia de iluminación 20. En esta disposición, las distorsiones se cancelan por simetría.

35 El aparato 10 también puede comprender un dispositivo de corrección de distorsión, que puede ser parte del dispositivo de procesamiento de datos, para corregir distorsiones introducidas por el dispositivo de transferencia de iluminación 20.

40 La luz reflejada devuelta desde la retina 12 se detecta de la misma manera que la descrita anteriormente en relación con el aparato 10 de la figura 1. Por lo tanto, el aparato 100 es capaz de obtener imágenes de la retina 12 del ojo 14 de la misma manera que se describió anteriormente en relación con el aparato 10.

45 Aunque el aparato 10, 100 se ha ilustrado y descrito anteriormente utilizándose para iluminar y obtener imágenes de la retina 12 de un solo ojo 14 de un sujeto, debe apreciarse que el aparato 10, 100 puede ser capaz de pivotar entre una primera posición, en la que el aparato 10, 100 puede usarse para iluminar y obtener imágenes de la primera retina de un primer ojo, y una segunda posición, en la que el aparato 10, 100 puede usarse para iluminar y obtener imágenes de la segunda retina de un segundo ojo. En esta disposición, el aparato 10, 100 puede usarse para iluminar y obtener imágenes de ambos ojos de un sujeto sin la necesidad de mover al sujeto. Alternativamente, puede proporcionarse un sistema para iluminar y obtener imágenes de la retina de cada ojo del paciente, en el cual el sistema comprende dos aparatos 10, 100, utilizándose cada aparato 10, 100 para iluminar y obtener imágenes de un ojo del sujeto.

50 Aunque el aparato 10, 100 se ha descrito anteriormente utilizándose para iluminar y obtener imágenes de la retina 12 del ojo 14, debe apreciarse que el aparato 10, 100 no necesita producir necesariamente una imagen de la retina 12. Es decir, el aparato 10, 100 puede usarse para simplemente iluminar la retina 12 sin adquirir una imagen, es decir, sin detectar la luz reflejada de la retina 12. Por lo tanto, el aparato 10, 100 puede usarse para tratar la retina 12 del ojo 14 iluminando la retina 12 con luz.

55 El aparato 10, 100 de la presente invención puede fabricarse a un coste menor que los aparatos de obtención de imágenes retinianas conocidos, tales como los oftalmoscopios láser de barrido (SLO), ya que el aparato 10, 100 no requiere elementos de barrido láser por separado convencionales (es decir, dos elementos de barrido unidimensionales por separado separados en el espacio entre sí, tales como un espejo poligonal de barrido horizontal y un escáner de galvanómetro de barrido vertical). Aunque, tal como se describió anteriormente, el aparato 10, 100

puede usar tales elementos de barrido. El aparato 10, 100 puede hacerse más compacto que los aparatos de obtención de imágenes retinianas conocidos, ya que el aparato 10, 100 usa un número menor de componentes. El aparato 10, 100 de la presente invención también incluye un número menor de superficies ópticas, lo que aumenta la eficacia óptica del aparato 10, 100. El resultado de esto es que, para la misma cantidad de potencia de entrada al ojo, la potencia total en el detector de obtención de imágenes es mayor que los métodos conocidos. Proporcionar un sistema de lentes gran angular 18 en combinación con un dispositivo de transferencia de iluminación 20, tal como se describió anteriormente, permite que la iluminación incidente 22 se proporcione indirectamente al punto pupilar 14a del ojo 14. Esto permite el uso de un sistema de lentes gran angular donde la fuente puntual "aparente" de iluminación incidente se ubica dentro del propio sistema de lentes para proporcionar una iluminación de campo amplio de la retina. El aparato 10, 100 de la presente invención evita así la necesidad de contacto físico con el ojo 14. Esto es ventajoso, ya que los pacientes a menudo encuentran el contacto físico con aparatos de iluminación retiniana extremadamente difícil.

Se pueden realizar modificaciones y mejoras a lo anterior sin apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, aunque el dispositivo de iluminación 16 se ha descrito anteriormente como que incluye una fuente de luz 26 que proporciona una "iluminación de inundación" a la retina, es decir, el dispositivo de iluminación 16 ilumina simultáneamente el área de la retina 12, debe apreciarse que, alternativa, o adicionalmente, el dispositivo de iluminación 16 puede incluir un dispositivo de barrido bidimensional para realizar un barrido de la retina 12 del ojo 14 con luz colimada. En una configuración de este tipo, el dispositivo de iluminación 16 y el sistema de lentes 18 se combinan para proporcionar un barrido de luz colimada bidimensional desde la fuente puntual aparente 24 ubicada dentro del sistema de lentes 18. El dispositivo de barrido bidimensional puede comprender un primer elemento de barrido y un segundo elemento de barrido. Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un mecanismo oscilante. El mecanismo oscilante puede ser un escáner resonante. Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un espejo plano oscilante. El espejo plano oscilante puede ser un espejo de galvanómetro. Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender un mecanismo giratorio. El mecanismo giratorio puede ser un espejo poligonal giratorio. El primer y segundo elementos de barrido pueden comprender un elemento de barrido por líneas. El elemento de barrido por líneas puede comprender un escáner de línea láser. La línea láser puede generarse mediante un elemento óptico difractivo, lente cilíndrica u otros medios conocidos para crear una línea láser. Los elementos de barrido primero y segundo pueden comprender una combinación de mecanismos oscilantes, mecanismos giratorios o elementos de barrido por líneas, tal como se describió anteriormente. Alternativamente, el dispositivo de barrido bidimensional puede ser un elemento de barrido de sistema microelectromecánico (MEMS) que tiene dos ejes de giro. Sin embargo, debe apreciarse que el dispositivo de barrido bidimensional puede ser cualquier dispositivo adecuado que sea capaz de girar en al menos dos ejes, que son preferiblemente ortogonales. El dispositivo de barrido debe ser capaz de funcionar a alta velocidad (es decir, por encima de 5 kHz) y proporcionar una gran amplitud de barrido (es decir, de hasta 180 grados o más). En esta disposición, el aparato 10, 100 iluminaría la retina 12 del ojo 14 mediante barrido de la luz colimada a través de la retina. En esta disposición, la longitud de onda y los niveles de potencia y la variabilidad de la luz colimada del dispositivo de barrido pueden ser los mismos que los descritos para el dispositivo de iluminación de inundación. La luz colimada reflejada puede detectarse de la manera descrita anteriormente para producir una imagen de la retina 12.

Además, aunque el aparato 10, 100 se ha ilustrado y descrito anteriormente como que comprende un dispositivo de iluminación 16, debe apreciarse que el aparato 10, 100 puede comprender uno o más dispositivos de iluminación, que pueden incluir una o más fuentes de luz y/o uno o más dispositivos de barrido bidimensional.

Además, aunque el punto focal aparente 23 y la fuente puntual aparente 24 se han ilustrado y descrito anteriormente como ubicados dentro del elemento de lente ultraperiférico 18a del sistema de lentes 18, debe apreciarse que, dependiendo de la disposición del sistema de lentes 18, el punto focal aparente 23 y la fuente puntual aparente 24 podrían ubicarse en uno de los otros elementos de lentes 18b a 18e.

Además, aunque el FOV del sistema de lentes 18 se ha descrito anteriormente que es de alrededor de 120 grados, debe apreciarse que el FOV del sistema de lentes 18 podría ser cualquier ángulo adecuado de entre 30 y 180 grados, por ejemplo: 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160 o 170, o cualquier valor entre estos ángulos.

Además, aunque el aparato 100 se ha ilustrado y descrito anteriormente estando colocado el dispositivo de relé de iluminación 200 entre el sistema de lentes 18 y el dispositivo de transferencia de iluminación 20, debe apreciarse que, dado que el dispositivo de relé de iluminación 200 es esencialmente idéntico al dispositivo de transferencia de iluminación 20, puede considerarse que el aparato 100 tiene un dispositivo de relé de iluminación 200 que se coloca entre el dispositivo de transferencia de iluminación 20 y el ojo 14.

Además, aunque el aparato 10, 100 se ha descrito anteriormente que se utiliza para iluminar y/o obtener imágenes de la retina 12 del ojo 14, debe apreciarse que el aparato 10, 100 podría usarse para tratar la retina del ojo iluminando la retina con luz colimada. En esta disposición, el dispositivo de iluminación 16 incluiría una fuente de luz colimada que puede hacerse funcionar para producir un rayo láser de longitud de onda y/o potencia variables. Además, la fuente de luz colimada puede hacerse funcionar para producir varias longitudes de onda diferentes, si es necesario. Esto permite que el aparato 10, 100 trate enfermedades retinianas.

Además, aunque no se ha ilustrado ni descrito anteriormente, debe apreciarse que, para minimizar las retroreflexiones del sistema de lentes 18, se polarizaría la fuente de luz 26 y la trayectoria óptica de retorno 30 incluiría un polarizador

o bien antes o bien después de la apertura 46, o alternativamente, dos polarizadores por separado antes del primer y segundo detectores 50, 52. En esta disposición, los polarizadores bloquearían la luz reflejada directamente desde el sistema de lentes 18 que no está polarizada aleatoriamente.

5 Además, aunque no se ilustra o describe anteriormente, debe apreciarse que el sistema de lentes 18 y/o el dispositivo de transferencia de iluminación 20, 200 pueden ser móviles. Es decir, el sistema de lentes 18 y/o el dispositivo de transferencia de iluminación 20, 200 pueden moverse uno con respecto al otro para compensar el movimiento en la ubicación del punto focal aparente 23 y la fuente puntual aparente 24 en el sistema de lentes 18 cuando se ilumina y/o se obtienen imágenes de la retina 12 a diferentes ángulos de FOV. Cuando se ilumina y/o se obtienen imágenes de la retina 12 a diferentes ángulos de FOV, por ejemplo cuando se ilumina y/o se obtienen imágenes del área del fondo de la retina 12 y luego se ilumina y/o se obtienen imágenes del periférico de la retina 12, el punto focal aparente 23 y la fuente puntual aparente 24 en el sistema de lentes 18 pueden moverse ligeramente dependiendo del ángulo de FOV. La disposición del sistema de lentes 18 y/o el dispositivo de transferencia de iluminación 20, 200 de manera que puedan moverse entre sí garantiza que el punto focal aparente 23 y la fuente puntual aparente 24 del sistema de lentes 18 estén siempre acomodados en el primer punto focal 20a, 200a del dispositivo de transferencia de iluminación 20, 200. Tal como se describió anteriormente, esto evita que la iluminación incidente 22 se recorte por el iris al introducirse en el ojo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (10; 100) para iluminar una retina (12) de un ojo (14), comprendiendo el aparato (10):  
un dispositivo de iluminación (16);  
un sistema de lentes (18),
- 5 en donde el dispositivo de iluminación (16) y el sistema de lentes (18) se combinan para proporcionar iluminación incidente a partir de una fuente puntual aparente (24) ubicada dentro del sistema de lentes; y  
un dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20) que tiene un primer punto focal (20a; 200a) donde se proporciona la fuente puntual aparente (24) del sistema de lentes (18), y un segundo punto focal (20b) donde se ubica el ojo (14) cuando el aparato (10) se utiliza para iluminar la retina (12),
- 10 en donde el dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20) está configurado para transferir la iluminación incidente desde la fuente puntual aparente (24) al ojo (14) para iluminar la retina, caracterizado por que el sistema de lentes es un sistema de lentes gran angular.
2. El aparato (10; 100) según la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de corrección de distorsión configurado para corregir la distorsión introducida por el dispositivo de transferencia de luz (10).
- 15 3. El aparato (10; 100) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende además un elemento aplanador de campo configurado para corregir la aberración focal.
4. El aparato (10; 100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de corrección de distorsión está configurado para corregir la distorsión mediante procesamiento de datos.
5. El aparato (10; 100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un escáner bidimensional para realizar un barrido de la retina (12) con la luz del dispositivo de iluminación (16), estando configurado el escáner bidimensional para proporcionar un barrido de luz bidimensional desde el primer punto focal (20a; 200a) del dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20).
- 20 6. El aparato (10; 100) según la reivindicación 5, en donde el escáner bidimensional comprende un único elemento de barrido capaz de girar en al menos dos ejes o dos elementos de barrido por separado que tiene cada uno un solo eje de giro.
7. El aparato (10; 100) según la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde el escáner bidimensional comprende un elemento de barrido por líneas.
8. El aparato (10; 100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de lentes de campo amplio (18) incluye una pluralidad de elementos de lente de menisco.
- 30 9. El aparato (10; 100) según la reivindicación 8, en donde el primer punto focal (20a; 200a) del dispositivo de transferencia de luz (20; 200; 20) está ubicado en el elemento de lente ultraperiférico orientado hacia el dispositivo de transferencia de luz (20).
10. El aparato (10; 100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno del sistema de lentes gran angular (18) y el dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20) puede moverse con respecto al otro.
- 35 11. El aparato (10; 100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema de lentes gran angular (18) incluye una lente gran angular que tiene un campo de visión de entre 30 grados y 180 grados.
12. El aparato (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de transferencia de luz (20) comprende uno del grupo que consiste en un espejo esférico inclinado, un espejo esférico, un espejo elíptico, un espejo elipsoidal, un par de espejos parabólicos, un par de espejos paraboloides y un sistema de lentes que comprende dichos primer y segundo puntos focales (20a, 20b).
- 40 13. El aparato (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el dispositivo de transferencia de luz (200, 20) comprende:  
un dispositivo de relé de iluminación (200) que tiene el primer punto focal (200a) donde se proporciona la fuente puntual aparente (24) del sistema de lentes gran angular (18) y un tercer punto focal (200b);
- 45 un dispositivo de transferencia de iluminación (20) que tiene el segundo punto focal (20b) donde se ubica el ojo (14) cuando el aparato (10) se usa para iluminar la retina (12), y un cuarto punto focal (20a) que es coincidente con el tercer punto focal (200b),  
en donde el dispositivo de relé de iluminación (200) está configurado para transferir la luz desde la fuente puntual aparente (24) del sistema de lentes gran angular (18) al dispositivo de transferencia de iluminación (20), y el

dispositivo de transferencia de iluminación (20) está configurado para transferir la luz desde el dispositivo de relé de iluminación (200) al ojo (14) cuando el aparato (10) se usa para iluminar la retina (12).

14. El aparato (10) según la reivindicación 13, en donde el dispositivo de relé de iluminación (200) tiene sustancialmente la misma geometría que el dispositivo de transferencia de iluminación (20).
- 5 15. Un método para iluminar una retina (12) de un ojo (14), comprendiendo el método las etapas de:
- proporcionar un dispositivo de iluminación (16);
- proporcionar un sistema de lentes gran angular (18);
- 10 utilizar el dispositivo de iluminación (16) y el sistema de lentes gran angular (18) en combinación para proporcionar iluminación incidente desde una fuente puntual aparente (24) ubicada dentro del sistema de lentes gran angular (18);
- proporcionar un dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20) que tiene un primer punto focal (20a; 200a) donde se proporciona el punto focal aparente del sistema de lentes gran angular (18), y un segundo punto focal (20b) donde se proporciona el ojo (14); y
- 15 utilizar el dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20) para transferir la iluminación incidente desde la fuente puntual aparente (24) del sistema de lentes gran angular (18) al ojo (14) para iluminar la retina.
16. El método según la reivindicación 15, que comprende además:
- utilizar un dispositivo de corrección de distorsión para corregir la distorsión introducida por el dispositivo de transferencia de luz (20; 200, 20).

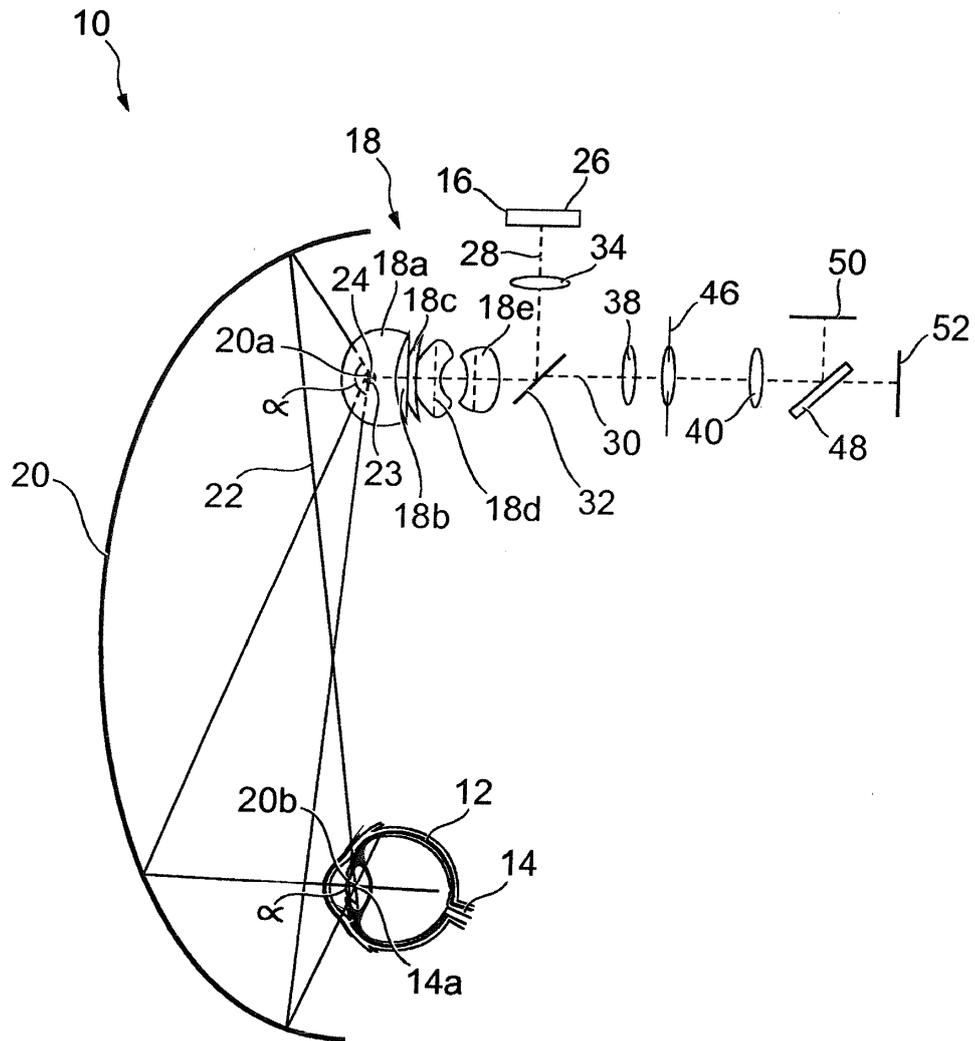
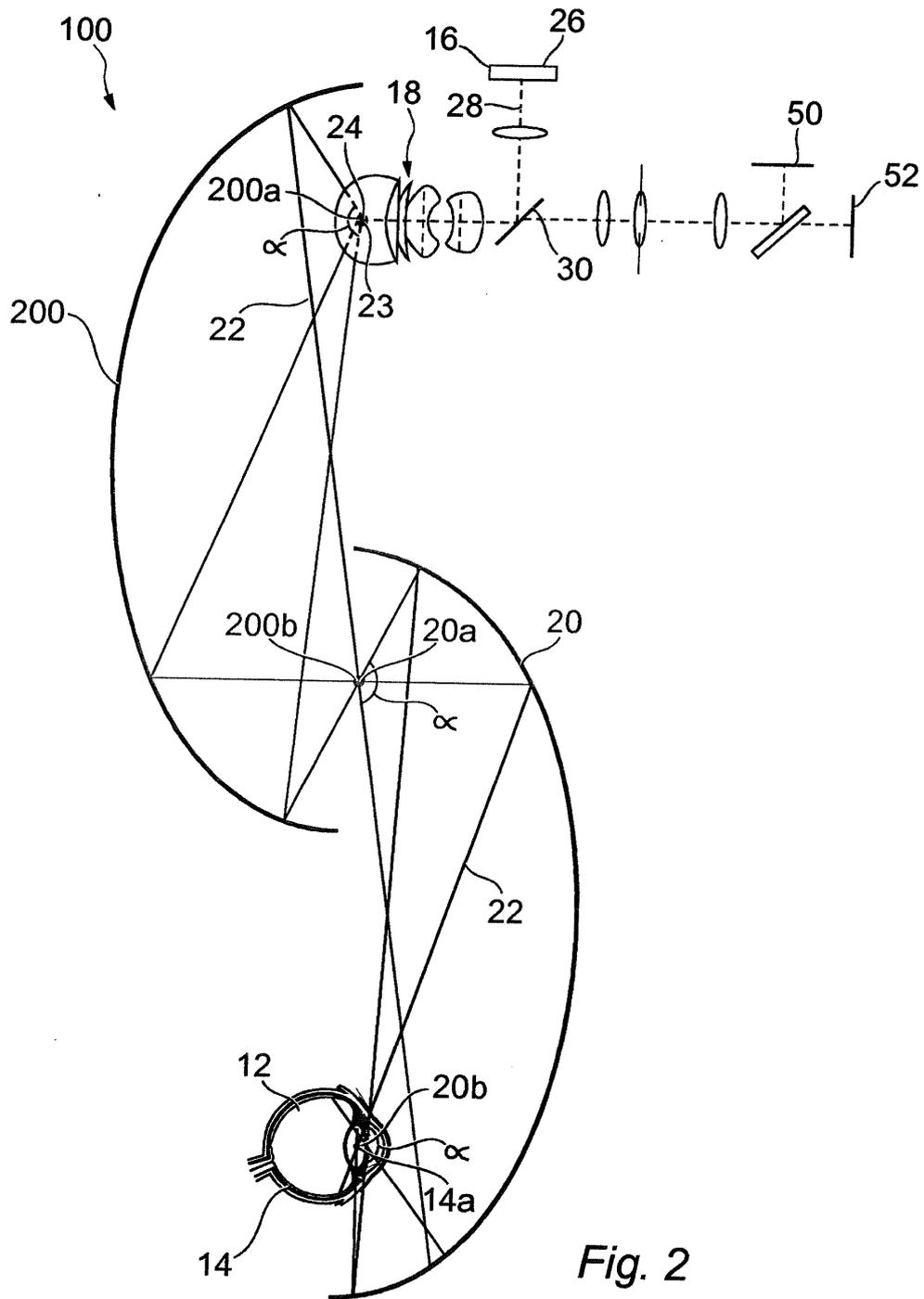
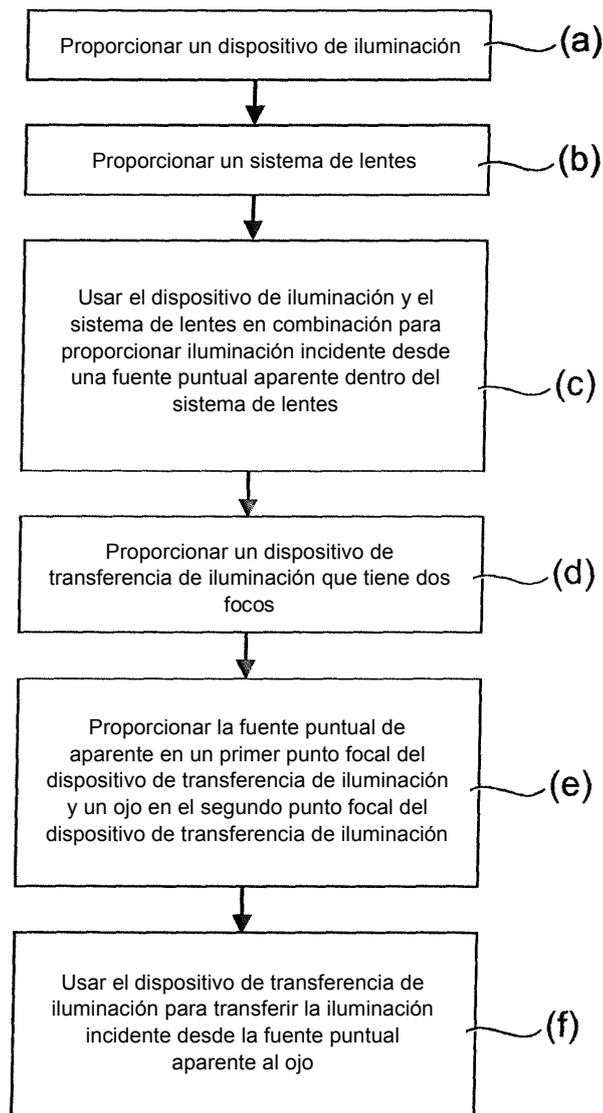


Fig. 1





*Fig. 3*