

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 251**

51 Int. Cl.:

A61B 3/10 (2006.01)
A61B 3/117 (2006.01)
A61B 3/15 (2006.01)
A61B 3/14 (2006.01)
A61B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.09.2011 PCT/US2011/051466**
87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2012 WO12037169**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2011 E 11825823 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 2618721**

54 Título: **Luz de fijación controlada electrónicamente para sistemas de formación de imágenes oftálmicas**

30 Prioridad:

17.09.2010 US 885193

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.12.2019

73 Titular/es:

**ALCON LENSX, INC. (100.0%)
33 Journey, Suite 175
Aliso Viejo, CA 92656, US**

72 Inventor/es:

**JUHASZ, TIBOR;
HOLLAND, GUY y
RAKSI, FERENC**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 736 251 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

Luz de fijación controlada electrónicamente para sistemas de formación de imágenes oftálmicas

Campo técnico

5 Este documento de patente se refiere a sistemas y técnicas para la formación de imágenes oftálmicas. Más detalladamente, el documento de patente se refiere a sistemas y métodos para proporcionar una luz de fijación controlada electrónicamente para mejorar la precisión del acoplamiento de un sistema de formación de imágenes oftálmicas al ojo de un paciente.

Antecedentes

10 A lo largo de los años, se han desarrollado una variedad de dispositivos de formación de imágenes avanzados para formación de imágenes oftálmicas, diagnósticos y cirugía. Ejemplos de dichos dispositivos de formación de imágenes pueden verse en los documentos de patente US2005/203492 A1, JP2002345758 A, US2006/077346 A1, US2005/286019 A1, EP1972266 A1, o los publicados más recientemente US2011/304819 A1 y WO 2013/032650 A1. Para algunas aplicaciones, véanse ejemplos en los documentos de patente US2005/028619 A1, US2005/0203492 A1, JP2002-345758 A, EP1 972 266 A1, US 2009/0195750 A1, estos dispositivos de formación de imágenes funcionan mejor
15 cuando su eje óptico está alineado con el eje óptico del ojo cuya imagen se ha formado. Una vez que el ojo se coloca en una posición alineada con el eje óptico del dispositivo de formación de imágenes, algunos dispositivos mejoran la precisión de la formación de imágenes al mantener el ojo esencialmente inmovilizado en esta posición alineada con la interfaz del paciente de un sistema de acoplamiento ocular. La alineación de los ejes ópticos se logra típicamente orientando el ojo de modo que su eje óptico sea paralelo al del sistema de formación de imágenes y luego acoplando la
20 interfaz del paciente al ojo de manera concéntrica. Por lo tanto, a medida que mejora la precisión de los dispositivos de formación de imágenes, la demanda de sistemas de acoplamiento al ojo que proporcionen una alineación más precisa también aumenta.

25 Sin embargo, lograr una buena alineación puede ser un desafío, ya que sin los sistemas de realimentación y guiado, el módulo del paciente a menudo termina acoplado al ojo en una posición descentrada con el eje óptico del ojo inclinado con respecto al del sistema de formación de imágenes.

30 En algunos sistemas, el operador del dispositivo de formación de imágenes puede mejorar la alineación ajustando el sistema de formación de imágenes, el ojo del paciente o ambos durante el proceso de acoplamiento. El operador puede dirigir el acoplamiento de forma iterativa dirigiendo al paciente verbalmente, orientando manualmente el globo ocular o ajustando partes del dispositivo de formación de imágenes, tales como su objetivo o pórtico. Sin embargo, la inexactitud de estas aproximaciones puede hacer que el proceso de acoplamiento sea bastante lento y frustrante.

35 En algunos sistemas, tal como en algunos sistemas quirúrgicos que utilizan láseres de excímero, la luz de fijación facilita la alineación. La luz de fijación se puede centrar con el eje óptico del sistema de formación de imágenes. El paciente puede recibir instrucciones para entrenar su ojo en la luz de fijación, alineando el ojo del paciente. Sin embargo, incluso estos sistemas de luz de fijación tienen limitaciones.

Resumen

40 Este documento de patente describe un sistema oftálmico que comprende un controlador de luz de fijación con funcionalidades mejoradas sobre el documento de patente WO2011159627 presentado con anterioridad publicado el 22/12/2011. La presente invención es definida en las reivindicaciones adjuntas. En algunos sistemas, la luz de fijación se centra simplemente con el eje óptico del dispositivo de formación de imágenes. En tales sistemas, en el caso típico del centro del ojo cuya imagen formada está fuera del eje óptico del dispositivo de formación de imágenes, incluso si el paciente mira la luz de fijación, su ojo no estará alineado correctamente con el eje óptico del dispositivo.

45 En algunos sistemas, incluidos algunos láseres de YAG y lámparas de hendidura, la luz de fijación no es fija y, por lo tanto, se puede ajustar manualmente. Sin embargo, dado que el ajuste es solo mecánico, típicamente carece de precisión. Además, tales ajustes mecánicos pueden aún requerir mucho tiempo y ser frustrantes debido a su precisión limitada. La falta de precisión de algunos sistemas que se acaba de describir puede dificultar el rendimiento de estos dispositivos, incluidos los sistemas quirúrgicos, de formación de imágenes y de diagnóstico oftálmicos.

50 El presente documento de patente describe sistemas de controlador de luz de fijación que ofrecen soluciones para los problemas descritos anteriormente. La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas. Los ejemplos e implementaciones descritos pueden controlar una luz de fijación para un sistema de formación de imágenes oftálmicas mediante sistemas de control no mecánicos. Por ejemplo, un sistema oftálmico puede incluir un dispositivo de formación de imágenes oftalmológicas que genera una imagen de una parte de un ojo cuya imagen se ha formado, un controlador de luz de fijación, que incluye un módulo de entrada, configurado para recibir una entrada en relación con la imagen generada por el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas y un generador de señal de control que genera una señal de control de luz de fijación en respuesta a la entrada recibida, y una fuente de luz de fijación, configurada para

recibir la señal de control de luz de fijación y para generar una luz de fijación de acuerdo con la señal de control de luz de fijación recibida.

5 En algunas implementaciones, donde el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas está configurado para generar la imagen esencialmente de manera óptica, el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas puede incluir un microscopio, un microscopio oftálmico o un microscopio estereoscópico. En algunas implementaciones, donde el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas está configurado para generar la imagen, al menos en parte, electrónicamente, el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas puede incluir un sistema de detección electrónico que detecta una luz de formación de imágenes recogida procedente del ojo cuya imagen se ha formado, incluyendo al menos uno de agrupación de Dispositivo de Carga Acoplada (CCD), agrupación de Semiconductores de Óxido Metálico Complementarios (CMOS), una agrupación de píxeles y una agrupación de sensores electrónicos. El dispositivo de formación de imágenes oftálmicas también puede incluir un sistema de visualización electrónico que presenta la imagen de una parte del ojo cuya imagen se ha formado en relación con la luz de formación de imágenes recogida detectada, incluyendo al menos uno de un dispositivo de visualización de Diodo Emisor de Luz (LED), una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de Dispositivo de Visualización de Cristal Líquido (LCD), un dispositivo de visualización de Tubo de Rayos Catódicos (CRT), un módulo de video, un dispositivo de visualización de microscopio estereoscópico de video, un microscopio de video de alta definición (HD), un sistema de imagen basado en procesador y un proyector opto-mecánico. En algunas implementaciones, el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas puede incluir un sistema de formación de imágenes por tomografía de coherencia óptica (TCO).

20 En algunas implementaciones, el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas puede incluir un módulo de formación de imágenes, configurado para indicar una desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y un componente de referencia del dispositivo de formación de imágenes oftálmicas. En algunas implementaciones, el componente de referencia del dispositivo de formación de imágenes puede ser un objetivo, un módulo de paciente, una punta de acoplamiento, una interfaz, una lente de contacto, una pupila, un marco de visualización, un marco de referencia o una lente interna del sistema oftálmico. El módulo de formación de imágenes puede configurarse para mostrar un patrón de referencia relacionado con el componente de referencia que puede ayudar a un operador del sistema para estimar la desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y el componente de referencia del dispositivo de formación de imágenes.

30 En algunas implementaciones, el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas puede incluir un procesador de imágenes, configurado para analizar la imagen de la parte del ojo cuya imagen se ha formado y el patrón de referencia, y para determinar la desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y el componente de referencia del dispositivo de formación de imágenes, y el módulo de imagen está configurado para mostrar una indicación de la desalineación, determinada por el procesador de imágenes.

35 En algunas implementaciones, el módulo de entrada está configurado para recibir una entrada electrónica, mecánica, óptica o detectada. El módulo de entrada puede incluir una almohadilla táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador de entrada de voz o un controlador electromecánico. En algunas implementaciones, la fuente de luz de fijación puede incluir al menos uno de una matriz de LED, una pantalla de plasma, una dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de presentación de ordenador, una pantalla de LCD, un módulo de video, un proyector opto-mecánico, un dispositivo de visualización de CRT, una lámpara de hendidura, un sistema de formación de imagen basado en procesador y una fuente de luz móvil por un actuador electromecánico.

45 En algunas implementaciones, la fuente de luz de fijación está configurada para presentar la luz de fijación para un ojo del paciente sin imagen, y para mover la luz de fijación presentada de acuerdo con la señal de control de luz de fijación recibida para ayudar a reducir la desalineación entre el ojo cuya imagen se ha formado y un componente de referencia del sistema oftálmico. En algunas implementaciones, la fuente de luz de fijación está configurada para generar la luz de fijación para el ojo cuya imagen se ha formado y para ajustar la luz de fijación con la señal de control de luz de fijación recibida para ayudar a reducir la desalineación entre el ojo cuya imagen se ha formado y un componente de referencia del sistema oftálmico.

50 En algunas implementaciones, un método para alinear un ojo con un sistema oftálmico puede incluir proporcionar un dispositivo de formación de imágenes y un sistema de luz de fijación ajustable electrónicamente, colocar un componente del dispositivo de formación de imágenes y un ojo de un paciente cuya imagen se ha formado para generar una imagen de una parte del ojo cuya imagen se ha formado, formar una imagen de una parte del ojo cuya imagen se ha formado, determinar una desalineación del ojo cuya imagen se ha formado en relación con el dispositivo de formación de imágenes basado en la imagen, y controlar una luz de fijación del sistema de luz de fijación con una señal de control electrónico de acuerdo con la desalineación determinada.

55 En algunas implementaciones, proporcionar el dispositivo de formación de imágenes puede incluir un microscopio, un microscopio oftálmico, un microscopio estereoscópico, un microscopio de video, un dispositivo de visualización de Diodo Emisor de Luz (LED), una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de Dispositivo de Visualización de Cristal Líquido (LCD), un dispositivo de visualización de

5 Tubo de Rayos Catódicos (CRT), un módulo de video, un dispositivo de visualización de microscopio de video, un dispositivo de visualización de microscopio de video estereoscópico, un microscopio de video de alta definición (HD), un sistema de formación de imágenes basado en procesador o un proyector opto-mecánico. En algunas implementaciones, la previsión del dispositivo de formación de imágenes puede incluir la previsión de un sistema de tomografía de coherencia óptica (OCT).

10 En algunas implementaciones, el posicionamiento del componente del dispositivo de formación de imágenes puede incluir posicionar al menos uno de un objetivo, un módulo de paciente, una punta de acoplamiento, una lente de contacto, una pupila, un marco de visualización, un marco de referencia y una lente interna del sistema oftálmico en una relación espacial con una estructura del ojo cuya imagen se ha formado adecuada para la formación de imágenes. En algunas implementaciones, la determinación de la desalineación puede incluir determinar al menos una de una desalineación lateral y una desalineación rotacional.

15 En algunas implementaciones, la determinación de la desalineación puede incluir determinar la desalineación con una asistencia pasiva del dispositivo de formación de imágenes, presentando el dispositivo de formación de imágenes una imagen de una parte del ojo cuya imagen se ha formado y un patrón de referencia. En algunas implementaciones, la determinación de la desalineación puede incluir determinar la desalineación con una asistencia activa del dispositivo de formación de imágenes, presentando el dispositivo de formación de imágenes una imagen de una parte del ojo cuya imagen se ha formado, un patrón de referencia y un indicador de desalineación.

20 En algunas implementaciones, el control de la luz de fijación puede incluir la generación de la señal de control electrónico con un controlador de luz de fijación, en donde el controlador de la luz de fijación puede incluir una almohadilla táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador de entrada de voz o un controlador electromecánico. En algunas implementaciones, la generación de la señal de control electrónico puede incluir la generación de la señal de control electrónico para provocar que una fuente de luz de fijación genere la luz de fijación para guiar al paciente a reducir la desalineación determinada.

25 En algunas implementaciones, la fuente de luz de fijación puede ser una matriz de LED, una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, un dispositivo de visualización de LCD, un dispositivo de visualización de CRT, un módulo de video, una lámpara de hendidura, un sistema de imagen basado en procesador, o una fuente de luz movable por un actuador electromecánico. En algunas implementaciones, la generación de la señal de control electrónico puede incluir la generación de la señal de control electrónico para al menos uno del ojo con imagen y un ojo sin imagen. En algunas implementaciones, la determinación de la desalineación y el control de la luz de fijación se pueden repetir de forma iterativa.

30 En algunas implementaciones, un método para alinear un ojo con un sistema oftálmico puede incluir imágenes de una parte de un ojo de procedimiento de un paciente mediante un dispositivo de formación de imágenes oftálmico, que presenta la imagen del ojo de procedimiento mediante un módulo de formación de imágenes, que presenta un patrón de referencia en relación a la imagen presentada para indicar una desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y un elemento de referencia del sistema oftálmico, recibir un comando de control de luz de fijación por un controlador de luz de fijación, y presentar una luz de fijación por una fuente de luz de fijación en respuesta al comando de control de la luz de fijación para ayudar al paciente a reducir la desalineación.

35 En algunas implementaciones, recibir el comando de control de la luz de fijación puede incluir recibir el comando de control de la luz de fijación a través de al menos uno de un panel táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador de entrada de voz y un controlador electromecánico. En algunas implementaciones, la visualización de la luz de fijación puede incluir la visualización de la luz de fijación por al menos uno de una matriz de LED, una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de LCD, un módulo de video, un proyector opto-mecánico, una lámpara de hendidura, un sistema de formación de imágenes basado en procesador y una fuente de luz movable por un actuador electromecánico. En algunas implementaciones, la visualización de la luz de fijación puede incluir la visualización de la luz de fijación para uno del ojo de procedimiento o del ojo sin procedimiento.

Breve descripción de los dibujos

La fig. 1 ilustra un ojo humano.

La fig. 2 ilustra un aparato oftálmico de formación de imágenes.

50 Las figs. 3A-C ilustran distintas desalineaciones de un ojo y un objetivo.

La fig. 4A ilustra un sistema oftálmico 100 con un sistema 120 de luz de fijación.

La fig. 4B ilustra una vista de un dispositivo 110 de formación de imágenes oftálmicas y el sistema 120 de luz de fijación tal como lo ve un paciente.

Las figs. 5A-C ilustran una interfaz de imágenes del módulo 115 de formación de imágenes, un controlador 130 de luz de fijación y una fuente 140 de luz de fijación.

La fig. 6 ilustra un método de operación 200 del sistema de luz de fijación.

Las figs. 7A-D ilustran una implementación del método de La fig. 6.

5 La fig. 8 ilustra un método 300 de alinear un ojo con un sistema de formación de imágenes oftálmico.

Las figs. 9A-B ilustran una implementación de una única trayectoria óptica de un sistema oftálmico quirúrgico 100'.

La fig. 10 ilustra una implementación de 100" de un sistema oftálmico con un aparato quirúrgico oftálmico y un sistema de luz de fijación con un sistema de formación de imágenes secundario.

Las figs. 11A-D ilustran una operación del sistema oftálmico 100" de La fig. 10.

10 Descripción detallada

La fig. 1 ilustra un ojo humano 1 con cierto detalle. El ojo 1 incluye una córnea 2 que recibe y refracta la luz entrante, un iris 3, una pupila 4 que proporciona una abertura para que la luz entre en el ojo interno y un cristalino 5 que enfoca la luz sobre la retina 6 .

15 Las implementaciones y realizaciones en este documento de patente proporcionan un sistema de luz de fijación para dispositivos de formación de imágenes oftálmicas para aumentar la precisión de la alineación del ojo cuya imagen se ha formado y del dispositivo de formación de imágenes.

20 La fig. 2 ilustra un sistema 10 de formación de imágenes oftálmicas y su funcionamiento. Un paciente 7 puede colocarse en una cama de soporte. Una fuente 11 de luz de formación de imágenes puede hacer brillar una luz de formación de imágenes en un ojo 1i cuya imagen se ha formado. Una parte de la luz de formación de imágenes reflejada por el ojo 1i puede ser recogida por un objetivo 12 y guiada como una luz 13 de formación de imágenes recogida a una óptica o sistema óptico 14. La óptica 14 puede guiar la luz 13 de formación de imágenes recogida a un módulo 15 de formación de imágenes. Un cirujano o profesional médico puede analizar la imagen proporcionada por el módulo 15 de formación de imágenes y dar instrucciones al paciente para que mueva el ojo 1i cuya imagen se ha formado para mejorar su alineación con un eje óptico del sistema 10 de formación de imágenes. En otros casos, el cirujano puede manipular el ojo 25 1i cuya imagen se ha formado manualmente para mejorar la alineación. Estas etapas pueden ser puestas en práctica para preparar el ojo 1i cuya imagen se ha formado para acoplarle una interfaz de paciente. Dichas interfaces de paciente se pueden usar para obtener imágenes del ojo 1i, o para realizar un procedimiento quirúrgico oftálmico. En otros sistemas, se puede realizar un procedimiento de formación de imágenes sin contacto después de la alineación. En otros sistemas aún, la alineación puede ser seguida por un procedimiento de diagnóstico. Sin embargo, el sistema 10 de 30 formación de imágenes oftálmicas no puede proporcionar al cirujano una imagen con una precisión suficientemente alta porque la alineación que proporciona es solo aproximada, lo que limita su precisión.

35 Las figs. 3A-B ilustran que después del uso de este sistema oftálmico 10 de precisión limitada, puede persistir una desalineación residual entre el ojo 1 y el sistema oftálmico 10 de formación de imágenes. En detalle, un extremo distal 20 del sistema oftálmico 10 puede ser el objetivo 12, o un módulo de contacto, una unidad de acoplamiento, una punta distal, una interfaz, o un módulo de aplanamiento. En cualquiera de estos diseños, el extremo distal 20 puede incluir un alojamiento 21 que soporta una lente distal 22. Un eje óptico 28 del sistema oftálmico 10 de formación de imágenes, típicamente compartido con un eje óptico de la lente distal 22, puede permanecer desalineado con un eje óptico 8 del ojo 1 incluso después de que se haya realizado el procedimiento de acoplamiento de precisión limitada anterior.

40 La fig. 3A ilustra que la desalineación puede ser una desalineación lateral caracterizada por un vector $(\Delta x, \Delta y)$ entre los ejes ópticos 8 del ojo y el eje óptico 28 del objetivo 12, que se encuentra aproximadamente en el plano lateral perpendicular al eje óptico 28.

45 La fig. 3B ilustra que la desalineación también puede ser una desalineación rotacional. En general, la desalineación rotacional puede caracterizarse por los ángulos (θ, ϕ) de Euler entre el eje óptico 8 del ojo y el eje óptico 28 del objetivo 12. En muchos casos, la desalineación puede ser una combinación de desalineación lateral y rotacional.

La fig. 3C ilustra que en una interfaz de formación de imágenes del módulo 15 de formación de imágenes, cualquier desalineación puede aparecer como un desplazamiento del iris 3 y la pupila 4 en relación con un patrón 17 de dirección, tal como un círculo objetivo. El cirujano puede dar instrucciones verbales para el paciente para mover el ojo 1i cuya imagen se ha formado, o manipular el ojo 1i manualmente basándose en esta desplazamiento visualizado.

50 Sin embargo, las instrucciones verbales pueden ser confusas para un paciente ya desorientado, y manipular el ojo puede ser incómodo e impreciso. Además, es probable que el paciente no haga o resista las acciones del cirujano o técnico.

Algunos sistemas oftálmicos pueden utilizar una luz de fijación para proporcionar un guiado al paciente. Sin embargo, los dispositivos de luz de fijación todavía tienen inconvenientes, como se explicó anteriormente. Algunos dispositivos proporcionan luces de fijación ajustables como una mejora. Sin embargo, incluso en tales sistemas, la ubicación de la luz de fijación generalmente se ajusta manualmente, lo que todavía da como resultado un proceso de ajuste con precisión limitada.

Las figs. 4-5 ilustran un sistema oftálmico 100 de formación de imágenes que puede ser utilizado para alinear el ojo 1i cuya imagen se ha formado y el sistema oftálmico 100 con una precisión mejorada. El sistema oftálmico 100 puede incluir un dispositivo 110 de formación de imágenes oftálmicas y un sistema 120 de luz de fijación.

La fig. 4A ilustra que el dispositivo de formación de imágenes oftálmicas 110 que puede generar una imagen de una parte del ojo 1i cuya imagen se ha formado. El dispositivo 110 de formación de imágenes oftálmicas puede incluir una fuente 111 de luz de formación de imágenes que proporciona una luz de formación de imágenes para el ojo 1i cuya imagen se ha formado. La fuente 111 de luz de formación de imágenes puede ser una luz única, un anillo de 4, 6 u 8 luces, o una fuente de luz con forma de anillo continuo. Un objetivo 112 puede recoger una fracción de la luz de formación de imágenes, devuelta por el ojo 1i cuya imagen se ha formado, y dirigirla como una luz 113 de formación de imágenes recogida a una óptica 114. La óptica 114 puede guiar la luz 113 de formación de imágenes recogida hacia un módulo 115 de formación de imágenes. En general, la óptica 114 puede ser bastante compleja, incluyendo un gran número de lentes y espejos. La óptica también puede ser multifuncional, por ejemplo, también configurada para guiar un haz láser quirúrgico al ojo 1i cuya imagen se ha formado. El módulo 115 de formación de imágenes puede proporcionar una imagen para un operador del sistema 100 de formación de imágenes a través de una interfaz de formación de imágenes.

En algunas implementaciones, el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes puede generar la imagen esencialmente de forma óptica. Por ejemplo, el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes puede incluir un microscopio, un microscopio oftálmico o un microscopio estereoscópico. Una interfaz de formación de imágenes de estos microscopios puede incluir el ocular de estos microscopios.

En algunas implementaciones, el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes puede generar la imagen al menos en parte de forma electrónica. Por ejemplo, el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes puede incluir un sistema de detección electrónico que detecta la luz 113 de formación de imágenes recogida. El sistema de detección electrónico puede incluir una agrupación de Dispositivos Acoplados por Carga (CCD), una agrupación de Semiconductores de Óxido Metálico Complementarios (CMOS), una agrupación de píxeles o una agrupación de sensores electrónicos para detectar la luz 113 de formación de imágenes recogida.

En estos sistemas electrónicos de formación de imágenes, el módulo 115 de formación de imágenes puede incluir un sistema de visualización electrónico como una interfaz de formación de imágenes. Este dispositivo de visualización electrónico puede presentar una imagen electrónica de una parte del ojo 1i cuya imagen se ha formado basado en la luz detectada 113. Este dispositivo de visualización electrónico o interfaz de formación de imágenes puede ser, por ejemplo, un dispositivo de visualización de Diodo Emisor de Luz (LED), una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de Dispositivo de Visualización de Cristal Líquido (LCD), un dispositivo de visualización de Tubo de Rayos Catódicos (CRT), un módulo de video, un dispositivo de visualización de microscopio de video, un dispositivo de visualización de microscopio de video estereoscópico, un microscopio de video de alta definición (HD), un sistema de formación de imágenes basado en procesador o un proyector opto-mecánico, o una fuente de luz movable por un actuador electro-mecánico. En algunas implementaciones, los elementos de los sistemas de formación de imágenes óptica y electrónica pueden combinarse.

En algunas implementaciones, el dispositivo oftálmico de formación de imágenes puede incluir un sistema de formación de imágenes de tomografía de coherencia óptica (TCO), como se ha descrito en relación con las figs. 9-10.

La fig. 5A ilustra que el módulo 115 de formación de imágenes puede indicar una desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado y un componente de referencia del dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes presentando simultáneamente una parte de imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y un patrón 117 de referencia o de dirección, tal como un círculo objetivo, a través de su interfaz de formación de imágenes.

El componente de referencia del dispositivo 110 de formación de imágenes puede ser un objetivo, un módulo de paciente, una punta de acoplamiento, una interfaz, una lente de contacto, una pupila, un marco de visualización, un marco de referencia, una lente interna del sistema oftálmico o cualesquiera otros equivalentes.

La ubicación o visualización del patrón 117 de dirección se puede fijar al componente de referencia, indicando en efecto la posición del componente de referencia. Por lo tanto, la presentación simultánea de la porción de imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el patrón 117 de dirección por el módulo 115 de formación de imágenes puede ayudar efectivamente a determinar la desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado.

Esta ayuda puede ser pasiva, presentando el módulo 115 de formación de imágenes solo la parte de la imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el patrón 117 de referencia, de modo que el operador del sistema puede determinar el grado de desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el componente de referencia del sistema oftálmico 100.

En algunas implementaciones, tales como en los módulos 115 de formación de imágenes electrónicas, el módulo 115 de formación de imágenes puede ayudar activamente a determinar la desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el componente de referencia del sistema oftálmico 100 de formación de imágenes. Dichas realizaciones activas pueden incluir un procesador de formación de imágenes que analiza la porción de imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el patrón 117 de dirección y calcula la desalineación. El módulo 115 de formación de imágenes puede mostrar una indicación de la desalineación calculada, por ejemplo, en forma de una flecha 233 (como se ha mostrado en la fig. 7A), una indicación numérica, un comando verbal propuesto, o cualesquiera equivalencias.

Además del dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes, el sistema oftálmico 100 de formación de imágenes puede incluir el sistema 120 de luz de fijación controlado electrónicamente. Este sistema 120 de luz de fijación controlado electrónicamente puede incluir un controlador 130 de luz de fijación y una fuente 140 de luz de fijación.

La fig. 5B ilustra que el controlador 130 de luz de fijación puede incluir un módulo 135 de entrada que puede recibir una entrada desde un operador del sistema en relación con la imagen generada por el módulo 115 de formación de imágenes. Por ejemplo, un microscopio oftálmico estereoscópico de un módulo 115 de formación de imágenes ópticas puede presentar una imagen del iris 3 del ojo 1i cuya imagen se ha formado en un ocular del microscopio estereoscópico y superponerla en una retícula 117 de orientación. En otra implementación, un dispositivo de visualización de video de un módulo 115 de formación imágenes electrónicas puede mostrar una imagen de la pupila 4 y un patrón 117 de dirección simultáneamente, posiblemente incluso mostrando activamente una flecha para indicar la desalineación. En cualquiera de las realizaciones, un operador del sistema 100 de formación de imágenes puede analizar la porción de imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el patrón 117 de dirección superpuesto para determinar un grado de desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el sistema oftálmico 100.

En respuesta a la desalineación determinada, el operador del sistema 100 de formación de imágenes puede generar una entrada o comando para el sistema 120 de luz de fijación a través del módulo 135 de entrada del controlador 130 de luz de fijación. Esta entrada puede representar un comando con respecto a cómo debería moverse el ojo 1i cuya imagen se ha formado para reducir la desalineación, de la manera descrita a continuación. En un ejemplo, si, a partir de la imagen del módulo 115 de formación de imágenes, el operador ha determinado que el centro del ojo cuya imagen se ha formado está a 2 milímetros a la derecha del centro del objetivo 112, entonces el operador puede introducir un comando a través del módulo 135 de entrada que hará que el paciente mueva el ojo cuya imagen se ha formado 2 milímetros hacia la izquierda para lograr una alineación mejorada.

El módulo 135 de entrada puede ser un módulo de entrada electrónico, mecánico, óptico o detectado. Por ejemplo, el módulo 135 de entrada puede ser una almohadilla táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador de entrada de voz o un controlador electromecánico.

La fig. 5B ilustra una realización de la almohadilla táctil del módulo 135 de entrada, donde se introduce el comando de entrada al tocar y mover un dedo 9 de un operador del sistema. El movimiento del dedo 9 puede representar un comando para el paciente sobre cómo mover el ojo 1i cuya imagen se ha formado para reducir la desalineación con el sistema oftálmico 100.

Una vez que se ha introducido el comando en el módulo 135 de entrada, un generador de señales de control del módulo 135 de entrada puede generar una señal de control de luz de fijación en respuesta al comando recibido. Se puede utilizar una gran variedad de generadores de señales electrónicos conocidos para esta función.

La fig. 5C ilustra que el controlador 130 de luz de fijación puede enviar la señal de control de luz de fijación generada a la fuente 140 de luz de fijación. La fuente de luz de fijación puede recibir la señal de control de luz de fijación y generar o presentar una luz de fijación 145 de acuerdo con la señal de control de luz de fijación recibida.

La fuente 140 de luz de fijación puede incluir una matriz de LED, una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de LCD, un módulo de video, un proyector optomecánico, una lámpara de hendidura, un sistema de imagen basado en el procesador, o una fuente de luz, movable por un actuador electromecánico.

La fig. 4B ilustra que en algunas implementaciones la fuente 140 de luz de fijación puede generar y visualizar la luz 145 de fijación para un ojo 1c, o de control, sin imagen, del paciente 7. La fuente 140 de luz de fijación puede generar y presentar primero la luz 145 de fijación, y luego mover la luz 145 de fijación presentada de acuerdo con la señal de control de luz de fijación recibida. Dado que los movimientos del ojos de control 1c y del ojo 1i cuya imagen se ha formado siguen estrechamente uno al otro, cuando el ojo de control 1c es movido por el paciente de acuerdo con la luz 145 de fijación mostrada, el ojo 1i cuya imagen se ha formado se mueve de forma correlacionada. Debido a esta correlación entre los movimientos del ojo 1i cuya imagen se ha formado y del ojo 1c de control, el sistema 120 de luz de fijación puede ayudar a reducir la desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado en relación con el sistema oftálmico 110 de formación de imágenes.

Otras realizaciones pueden simplemente mostrar la luz 145 de fijación en la fuente 140 de luz de fijación en una ubicación de acuerdo con la señal de control de luz de fijación, en lugar de moverla. En cualquiera de estas realizaciones, el paciente puede ser instruido para seguir la luz 145 de fijación con el ojo de control 1c.

5 La fig. 4B ilustra la apariencia del sistema oftálmico 100 para el paciente 7 en algunas realizaciones. El panel izquierdo muestra que el ojo 1i cuya imagen se ha formado puede ver el objetivo 112, rodeado por ejemplo de seis fuentes 111 de luz de formación de imágenes. El panel derecho muestra que el ojo 1c de control cuya imagen no se ha formado puede ver la luz 145 de fijación presentada en la fuente 140 de luz de fijación. En esta realización, la fuente 140 de luz de fijación puede ser una pantalla de LCD o equivalente, y la luz 145 de fijación puede ser un punto brillante mostrado en la pantalla de LCD 140 oscura.

10 Para facilitar los procedimientos en ambos ojos, algunas realizaciones pueden incluir dos fuentes 140 de luz de fijación, una a cada lado del objetivo 112.

15 La fig. 6 ilustra un método 200 para operar el sistema oftálmico 100 de formación de imágenes. El método 200 puede incluir proporcionar -210a un dispositivo de formación de imágenes, y -210b un sistema de luz de fijación ajustable electrónicamente; posicionar -220 un componente del dispositivo de formación de imágenes y un ojo cuya imagen se ha formado de un paciente para formar imágenes; formar -230 imágenes de una porción del ojo cuya imagen se ha formado; determinar -240 una desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y el componente del dispositivo de formación de imágenes; y controlar -250 electrónicamente una luz de fijación de acuerdo con la desalineación determinada.

20 El hecho de proporcionar 210a el dispositivo de formación de imágenes puede incluir proporcionar un microscopio, un microscopio oftálmico, un microscopio estereoscópico, un microscopio de vídeo, un dispositivo de visualización de Diodo Emisor de Luz (LED), una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de Dispositivo de Visualización de Cristal Líquido (LCD), un dispositivo de visualización de Tubo de Rayos Catódicos (CRT), un módulo de vídeo, un dispositivo de visualización de microscopio de vídeo, un dispositivo de visualización de vídeo estereoscópico, un microscopio de vídeo de alta definición HD, un sistema de imagen basado en el procesador, un proyector opto-mecánico, o un sistema de tomografía de coherencia óptica (TCO). En algunos de estos dispositivos 110 de formación de imágenes, el objetivo 112 puede capturar la luz 113 de formación de imágenes recogida devuelta por el ojo 1i cuya imagen se ha formado. La óptica 114 puede guiar la luz 113 de formación de imágenes recogida al módulo 115 de formación de imágenes y mostrarla, por ejemplo, a través de la interfaz de imágenes del módulo 115 de formación de imágenes.

30 La provisión 210b del sistema de luz de fijación ajustable electrónicamente puede incluir proporcionar el controlador 130 de luz de fijación y la fuente 140 de luz de fijación.

35 El posicionamiento 220 puede incluir posicionar al menos uno del objetivo 112, del módulo del paciente, de la punta de acoplamiento, de la lente de contacto, de la pupila, del marco de visualización, del marco de referencia o de una lente interna del sistema oftálmico para alinearse con un estructura del ojo 1i cuya imagen se ha formado. El posicionamiento 220 también puede incluir mover el ojo 1i cuya imagen se ha formado a una posición adecuada para formar imágenes del ojo 1i cuya imagen se ha formado. El posicionamiento también puede incluir mover tanto el objetivo 112 del dispositivo oftálmico 100 de formación de imágenes como del ojo 1i cuya imagen se ha formado a las posiciones adecuadas para formar imágenes del ojo 1i cuya imagen se ha formado.

40 En algunas implementaciones, después del posicionamiento 220, el ojo 1i cuya imagen se ha formado y el dispositivo 110 de formación de imágenes pueden estar cerca pero aún no en contacto físico. En otras, puede haber un contacto físico parcial que todavía permita un movimiento del ojo 1i cuya imagen se ha formado bien por el paciente o por el cirujano.

45 La formación 230 de imágenes de una parte del ojo cuya imagen se ha formado puede incluir que el cirujano forma una imagen de una parte del ojo 1i cuya imagen se ha formado con al menos uno de un microscopio, un microscopio estereoscópico oftálmico, un microscopio de vídeo, un microscopio de vídeo estereoscópico, un microscopio de vídeo de alta definición (HD), o un sistema de tomografía de coherencia óptica (TCO).

La fig. 7A ilustra que en algunas implementaciones, la determinación de la desalineación 240 puede incluir determinar al menos una de una dirección y una magnitud de una desalineación lateral, o un ángulo de rotación de una desalineación rotacional que ha permanecido después del posicionamiento 220.

50 La determinación 240 de la desalineación puede ser realizada por el operador del sistema oftálmico 100 de formación de imágenes, tal como un cirujano. En tales implementaciones, el dispositivo 110 de formación de imágenes puede ayudar a la determinación 240 pasivamente presentando una parte de la imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el patrón 117 de referencia o de dirección simultáneamente por la interfaz de formación de imágenes del módulo 115 de formación de imágenes. La fig. 7A ilustra un ejemplo donde la imagen del iris 3 y la pupila 4 del ojo 1i cuya imagen se ha formado se superpone con un dispositivo de visualización del círculo 117 de dirección. Al analizar las dos imágenes superpuestas, el cirujano puede determinar la desalineación.

- 5 En algunas implementaciones, el dispositivo 110 de formación de imágenes puede ayudar a la determinación 240 activamente presentando la parte con la imagen formada del ojo 1i cuya imagen se ha formado, el patrón 117 de referencia o de dirección, y un indicador 233 de desalineación calculado por la interfaz de formación de imágenes del módulo 115 de formación de imágenes. La fig. 7A ilustra un ejemplo, donde la imagen del iris 3 y de la pupila 4 del ojo 1i cuya imagen se ha formado es mostrada simultáneamente con el círculo 117 de dirección. Además, el sistema oftálmico 100 de formación de imágenes puede determinar la magnitud de la desalineación e indicarla presentando una flecha 233 indicadora de desalineación. La flecha 233 de desalineación puede, por ejemplo, apuntar desde el centro del círculo 117 de dirección al centro de la pupila 4, o al centro del limbo, según lo determine un protocolo de procesamiento de imágenes.
- 10 El control de la luz 250 de fijación puede incluir generar una señal de control electrónico de acuerdo con la desalineación determinada. En algunas implementaciones, la señal de control electrónico puede generarse operando al menos uno de una almohadilla táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador de entrada de voz o un controlador electromecánico.
- 15 El control de la luz 250 de fijación también puede incluir la generación de la señal de control eléctrico para hacer que la fuente 140 de luz de fijación presente la luz 145 de fijación para guiar al paciente a reducir la desalineación entre el ojo 1i cuya imagen se ha formado y el sistema oftálmico 110 de formación de imágenes.
- 20 La fig. 7B ilustra que, en un ejemplo, el cirujano puede analizar la imagen del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el patrón 117 de dirección en el módulo 115 de formación de imágenes y determinar que la pupila del ojo 1i cuya imagen se ha formado está desalineada con respecto al patrón 117 de dirección en la dirección de la parte superior izquierda, utilizando la interfaz de formación de imágenes del módulo 115 de formación de imágenes como referencia. La determinación del cirujano puede ser asistida por el indicador 233 de desalineación.
- 25 En respuesta, el cirujano puede decidir que la luz 145 de fijación debe ajustarse o moverse a la dirección inferior derecha mediante la fuente 140 de luz de fijación para guiar al paciente a reducir y compensar esta desalineación. En consecuencia, el cirujano puede crear un comando o entrada de control de luz de fijación para representar el ajuste de compensación de la luz 145 de fijación. En este ejemplo, el cirujano puede mover su dedo 9 en una almohadilla táctil 135 del controlador 130 de luz de fijación en la dirección inferior derecha. La entrada de este comando de control de luz de fijación puede llevar a la generación de una señal de control electrónico por el controlador 130 de luz de fijación, lo que hace que la fuente 140 de luz de fijación mueva la luz 145 de fijación en la dirección inferior derecha en una pantalla de LCD. En otras realizaciones, otros tipos de movimiento del dedo del cirujano pueden representar el ajuste de compensación necesario, tal como un movimiento en la dirección superior izquierda.
- 30 La fig. 7C ilustra que en el ejemplo anterior, mover el dedo 9 del cirujano en la dirección inferior derecha puede hacer que la fuente 140 de luz de fijación ajuste de manera correspondiente la visualización de la luz 145 de fijación también en la dirección inferior derecha en la pantalla de LCD de la fuente 140 de la luz de fijación. El paciente puede ser instruido para seguir este ajuste de la luz 145 de fijación con el ojo de control 1c cuya imagen no se ha formado. El movimiento del ojo 1c de control es seguido o rastreado por el movimiento del ojo 1i cuya imagen se ha formado. Por lo tanto, el método 200 puede reducir la desalineación del ojo 1i cuya imagen se ha formado y el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes.
- 35 La fig. 7D ilustra algunos aspectos de la reducción de la desalineación. El objetivo 112 puede incluir varios elementos en varias implementaciones. En algunos ejemplos, el objetivo 112 puede incluir un alojamiento 112-1 para soportar una lente distal 112-2. Esta lente distal 112-2 puede ser la punta de aplicación del sistema oftálmico 100, en algunos casos haciendo directamente contacto con el ojo. En estas realizaciones, el sistema 100 y el método 200 anteriores se pueden utilizar para alinear la lente distal 112-2 con el ojo 1i cuya imagen se ha formado.
- 40 En otros ejemplos, una interfaz 112-3 de paciente posiblemente desechable puede ser fijada al objetivo 112. La interfaz 112-3 de paciente puede incluir una lente de contacto o la placa de aplanamiento 112-4 y un faldón de vacío o sello de succión 112-5. En estas realizaciones, el sistema 100 y el método 200 anteriores se pueden utilizar para alinear o bien la lente de contacto 112-4 o bien la lente distal 112-2 con el ojo 1i cuya imagen se ha formado.
- 45 La fig. 7D ilustra que en cualquiera de las realizaciones anteriores, el cirujano puede introducir un comando de control de compensación de desalineación en el controlador 130 de luz de fijación, generando una señal de control electrónico que hace que la fuente 140 de luz de fijación ajuste la luz 145 de fijación. El paciente puede seguir la luz 145 de fijación ajustada con el ojo de control 1c, haciendo que el ojo 1i cuya imagen se ha formado se mueva en consecuencia. El cirujano generalmente introduce los comandos de control que harán que el paciente mueva su ojo 1i cuya imagen se ha formado para reducir la desalineación con el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes.
- 50 Una desalineación lateral puede ser compensada por el paciente después de que la luz 145 de fijación ajustada mueva el ojo 1i cuya imagen se ha formado lateralmente en Δ , o en general por el vector de desalineación $(\Delta x, \Delta y)$. En otras implementaciones, la desalineación lateral también puede ser compensada por el cirujano moviendo el objetivo 112 con un ajuste lateral Δ' , o en general por $(\Delta'x, \Delta'y)$. En algunos casos, tanto el ojo 1i cuya imagen se ha formado como el objetivo 112 pueden ajustarse para compensar juntos la desalineación lateral.
- 55

En otras realizaciones aún, el paciente puede reducir una desalineación rotacional siguiendo la luz 145 de fijación ajustada, lo que hace que el ojo cuya imagen se ha formado gire un ángulo α o, en general, los ángulos de Euler (θ, ϕ) .

5 Finalmente, en algunos casos, la desalineación tanto lateral como rotacional puede estar presente entre el ojo 1i cuya imagen se ha formado y el sistema oftálmico 100. En tales casos, el cirujano puede guiar la compensación de la desalineación rotacional ajustando la luz 145 de fijación y ordenando al paciente que siga la luz de fijación, mientras mueve lateralmente el objetivo 112 para compensar la desalineación lateral.

10 Como a menudo, el primer comando de control de luz de fijación dará como resultado una reducción de la desalineación pero no su eliminación, después de que el paciente ha reaccionado a la luz 145 de fijación ajustada, el cirujano puede repetir la desalineación residual 240 y el control de la luz de fijación con la señal 250 de control para reducir aún más la desalineación iterativamente. Esta iteración puede continuar hasta que la desalineación haya sido compensada con la precisión deseada.

15 Como antes, la fuente 140 de luz de fijación puede incluir una matriz de LED, una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de LCD, un módulo de video, una lámpara de hendidura, un sistema de imagen basado en procesador, o una fuente de luz móvil por un actuador electromecánico.

La fig. 8 ilustra un método de operación 300 del sistema oftálmico 100 de formación de imágenes que describe las operaciones del sistema.

20 El método 300 de alinear el ojo 1i cuya imagen se ha formado con el sistema oftálmico 100 puede incluir formar -310 imágenes de una parte de un ojo de procedimiento de un paciente por un dispositivo oftálmico de formación de imágenes; presentar -320 la imagen del ojo del procedimiento mediante un módulo de formación de imágenes; presentar -330 un patrón de referencia en relación con la imagen presentada para indicar una desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y un elemento de referencia del sistema oftálmico; recibir -340 un comando de control de luz de fijación por un controlador de luz de fijación; y presentar -350 una luz de fijación por una fuente de luz de fijación en respuesta al comando de control de luz de fijación para ayudar al paciente a reducir la desalineación.

25 Los actos 310-330 se han descrito anteriormente en detalle desde el punto de vista del operador del sistema oftálmico 100, tal como el cirujano. La recepción del comando de control 340 de luz de fijación puede incluir recibir el comando de control de luz de fijación a través de al menos uno de una almohadilla táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador de entrada de voz, o un controlador electromecánico.

30 La presentación de la luz 350 de fijación puede incluir la presentación de la luz de fijación mediante al menos uno de una matriz de LED, una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de LCD, un módulo de video, un proyector opto-mecánico, una lámpara de hendidura, un sistema de imagen basado en procesador o una fuente de luz móvil por un actuador electromecánico.

35 La presentación de la luz 350 de fijación puede incluir la presentación de la luz de fijación para uno del ojo de procedimiento o del ojo sin procedimiento.

Las figs. 9A-B ilustran otra implementación del sistema oftálmico 100'. Las funcionalidades descritas anteriormente de los elementos 110-145 pueden caracterizar la implementación actual de los elementos 110-145' también y no se repetirán aquí.

40 Además, los elementos 110-145' pueden tener funcionalidades relacionadas con la característica de que en esta implementación del sistema 100 de formación de imágenes la luz 145' de fijación no se presenta a través de un dispositivo de visualización o fuente 140 de luz de fijación para el ojo 1c de control. En su lugar, un controlador 130' de luz de fijación puede aplicar una señal de control de luz de fijación electrónica a una fuente 140' de luz de fijación que proyecta una luz 145' de fijación proyectada en la vía óptica del dispositivo 110 de formación de imágenes. Como tal, el dispositivo 110 de formación de imágenes y el sistema 120' de luz de fijación comparten algunos elementos, como se muestra por las líneas de puntos. En algunas implementaciones, la luz 145' de fijación proyectada se puede acoplar en la óptica 114 que contiene espejos ajustables adicionales para ajustar la trayectoria óptica de la luz 145' de fijación proyectada. Este acoplamiento puede tener lugar entre la óptica 114 y el módulo 115 de formación de imágenes, o en algún lugar a lo largo de la óptica 114, por ejemplo, mediante un divisor de haz BS, como se ha mostrado. En otras realizaciones, la luz 145' de fijación proyectada puede tener un tren óptico o vía independiente para ajustar su trayectoria y se puede acoplar a la vía óptica del dispositivo 110 de formación de imágenes justo antes del objetivo-proyector 112'.

50 La fig. 9B ilustra que, en estas implementaciones, la luz 145' de fijación proyectada puede ser proyectada por el proyector-objetivo 112' en el ojo 1i cuya imagen se ha formado. En estas realizaciones, se puede instruir al paciente para que siga la luz 145' de fijación proyectada directamente por el ojo 1i cuya imagen se ha formado para reducir la desalineación.

La fig. 10 ilustra otra implementación del sistema oftálmico 100". Las funcionalidades descritas anteriormente de los elementos 110-145 también pueden caracterizar la implementación actual de los elementos 110"-145 y no se repetirán aquí.

5 Además, los elementos 110"-145 pueden tener funcionalidades relacionadas con la característica de que el sistema oftálmico 100" incluye un dispositivo 150 de formación de imágenes secundario. El dispositivo 150 de formación de imágenes secundario puede ser, por ejemplo, un sistema de tomografía de coherencia óptica (TCO). Se conocen numerosos sistemas de formación de imágenes de TCO, incluyendo sistemas de TCO en el dominio del tiempo y sistemas de TCO en el dominio de la frecuencia con un espectrómetro o una fuente de barrido. Se puede utilizar una amplia variedad de estos sistemas de TCO en el sistema oftálmico 100" para lograr varias ventajas. El haz de formación de imágenes para el dispositivo 150 de formación de imágenes secundario se puede acoplar a la vía óptica principal a través de un divisor de haz BS1.

10 Algunas implementaciones del sistema oftálmico 100" también pueden incluir un láser de procedimiento 160 para varios procedimientos quirúrgicos oftálmicos. Además, algunas realizaciones incluyen una interfaz 170 de paciente para proporcionar una conexión más firme entre el ojo 1i cuya imagen se ha formado y el dispositivo oftálmico 110 de formación de imágenes, por ejemplo con la aplicación de succión por vacío. Esta interfaz 170 de paciente puede ser análoga a la interfaz 112-3 de paciente en la fig. 7D.

15 En algunas implementaciones del sistema oftálmico 100", la formación de imágenes puede realizarse mediante el módulo 115 de formación de imágenes, en cuyo caso el sistema 100" y su funcionamiento pueden ser bastante análogos a las realizaciones descritas anteriormente.

20 Sin embargo, en otras implementaciones, el sistema 150 de formación de imágenes de TCO/secundario se puede usar para formar imágenes del ojo 1i cuya imagen se ha formado. La formación de imágenes de TCO puede ser particularmente útil para formar una imagen de una estructura del ojo que no es visible para un microscopio oftálmico. Un ejemplo es la formación de imagen del cristalino 5 del ojo. Debido a su sistema de soporte blando, el cristalino 5 a menudo no es concéntrico con las estructuras visibles del ojo, como la pupila 4. Además, a medida que el peso del objetivo 112 presiona el ojo a través de la interfaz 170, el cristalino 5 puede desplazarse e inclinarse adicionalmente. Al mismo tiempo, alinear el sistema oftálmico 100" con el cristalino 5 en lugar de la pupila 4 o el limbo puede ser particularmente importante durante las cirugías de cataratas donde la calidad de la capsulotomía y otros procedimientos pueden mejorarse mediante dicha alineación.

Las figs. 11A-D ilustran una operación de esta implementación del sistema oftálmico 100".

30 La fig. 11A ilustra que el sistema 150 de formación de imágenes de TCO puede realizar escaneos unidimensionales (1D) rápidos, tales como un escaneo de línea 181. Cuando el cristalino 5, mostrado con una línea de puntos, ya que puede no ser directamente visible mediante un microscopio de video, no es concéntrico con la pupila 4, típicamente un centro 182 del escaneo de TCO no coincide con un centro 183 del cristalino 5.

35 La fig. 11B ilustra que en este caso de descentrado de la imagen de TCO del cristalino 5 en un módulo 155 de formación de imágenes de TCO que presenta el escaneo de 1D a lo largo de la línea 181 puede exhibir una parcial imagen 2c de la córnea, una imagen 5a de la superficie capsular anterior y una imagen 5p de la superficie capsular posterior. La posición inclinada y descentrada de las superficies capsulares 5a y 5p puede ser indicativa de que el centro 183 del cristalino 5 está fuera del eje óptico 28 del sistema 100 de formación de imágenes y el eje óptico 8 del cristalino 5 está inclinado con relación al eje óptico 28. Otras implementaciones de TCO pueden generar y presentar imágenes bidimensionales (2D) mediante el escaneo rasterizado del cristalino 5.

40 Las figs. 11C-D ilustran que el cirujano puede determinar la desalineación de un elemento de referencia del sistema 110 de formación de imágenes y del cristalino 5 cuya imagen se ha formado a partir del análisis de la imagen de TCO mostrada por el módulo 155 de formación de imágenes de TCO y luego proceder de manera análoga al método 200. En particular, el cirujano puede introducir un comando de control de luz de fijación a través del módulo 135 de entrada del controlador 130 de luz de fijación de acuerdo con la desalineación determinada. Este comando puede generar una señal de control electrónico para que la fuente 140 de luz de fijación ajuste la luz 145 de fijación de tal manera que la luz ajustada guíe al paciente a mover sus ojos para reducir la desalineación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema oftálmico (100), que comprende:

un dispositivo de acoplamiento a un ojo, que incluye una interfaz (112-3, 170) de paciente, que se puede acoplar a un ojo con succión por vacío;

5 un dispositivo oftálmico (110) de formación de imágenes que comprende un módulo (115) de formación de imágenes configurado para generar una imagen de un ojo de un paciente y un sistema (150) de formación de imágenes por tomografía de coherencia óptica (TCO) acoplado ópticamente al módulo de formación de imágenes mediante un divisor de haz, configurado para generar una imagen de TCO de la parte anterior del ojo de un paciente cuya imagen se ha formado;

10 comprendiendo el módulo (115) de formación de imágenes un dispositivo de visualización electrónico y un procesador de imagen, y estando configurado para:

- presentar la imagen del ojo cuya imagen se ha formado y un patrón (117) de referencia relacionado con la interfaz de paciente del dispositivo oftálmico de formación de imágenes sobre la imagen del ojo cuya imagen se ha formado y analizar la imagen utilizando el procesador de imagen,

15 - determinar mediante el procesador de imagen una magnitud de una desalineación del ojo cuya imagen se ha formado y del patrón de referencia,

- presentar una indicación de la magnitud de la desalineación lateral del ojo cuya imagen se ha formado y del patrón de referencia sobre la presentación,

20 en donde la indicación comprende una flecha (233) indicadora de desalineación que apunta desde el centro del patrón (117) de referencia al centro de la pupila (4) del ojo, o al centro del limbo (3) del ojo;

comprendiendo el sistema (150) de formación de imágenes por TCO un módulo (155) de formación de imágenes de TCO configurado para:

25 - presentar la imagen de TCO de la parte anterior del ojo cuya imagen se ha formado y un elemento de referencia del dispositivo (110) de formación de imágenes, en el que otra desalineación de un cristalino (5) del ojo cuya imagen se ha formado y del elemento de referencia del dispositivo (110) de formación de imágenes es determinada por un cirujano basándose en un análisis de la imagen de TCO;

un controlador (130) de luz de fijación, que comprende

un módulo (135) de entrada, adaptado para recibir una entrada en relación con las desalineaciones determinadas, y

30 un generador de señal de control que genera una señal de control de luz de fijación en respuesta a la entrada recibida; y

una fuente (140) de luz de fijación, adaptada para recibir la señal de control de luz de fijación, y

para generar una luz de fijación de acuerdo con la señal de control de luz de fijación recibida para ayudar a una reducción de la magnitud de la desalineación entre el ojo cuya imagen se ha formado y la interfaz de paciente del sistema oftálmico.

35 2. El sistema oftálmico de la reivindicación 1, en donde:

el dispositivo oftálmico (110) de formación de imágenes está configurado para generar la imagen esencialmente de manera óptica, comprendiendo el dispositivo oftálmico de formación de imágenes al menos uno de un microscopio, un microscopio oftálmico, un microscopio estereoscópico.

3. El sistema oftalmológico de la reivindicación 1, en donde:

40 el dispositivo oftálmico (110) de formación de imágenes está configurado para generar la imagen al menos en parte electrónicamente,

comprendiendo el dispositivo oftálmico de formación de imágenes

un sistema de detección electrónico que detecta una luz de formación de imágenes recogida desde el ojo cuya imagen se ha formado, incluyendo al menos uno de

45 una agrupación de Dispositivos Acoplados de Carga (CCD), una agrupación de Semiconductores de Óxido Metálico Complementarios (CMOS), una agrupación de píxeles y una agrupación de sensores electrónicos; y

- un sistema de visualización electrónico que presenta la imagen de una parte del ojo cuya imagen se ha formado en relación con la luz de formación de imágenes recogida detectada, que incluye al menos uno de
- 5 un dispositivo de visualización de Diodo Emisor de Luz (LED), una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de Dispositivo de Visualización de Cristal Líquido (LCD), un dispositivo de visualización de Tubo de Rayos Catódicos (CRT), un módulo de video, un dispositivo de visualización de microscopio de video, un dispositivo de visualización de microscopio de video estereoscópico, un microscopio de video de alta definición (HD), un sistema de imagen basado en un procesador, y un proyector opto-mecánico.
- 10 4. El sistema oftálmico (100) de la reivindicación 1, en el que el módulo de entrada está configurado para recibir una entrada electrónica, mecánica, óptica, o detectada.
5. El sistema oftálmico (100) de la reivindicación 1, comprendiendo el módulo de entrada:
- una almohadilla táctil, una pantalla táctil, una palanca de mando, un sensor electromecánico, un sensor de posición, un sensor óptico, un actuador inducido por voz o un controlador electromecánico.
- 15 6. El sistema oftálmico (100) de la reivindicación 1, comprendiendo la fuente de luz de fijación al menos uno de:
- una matriz de LED, una pantalla de plasma, un dispositivo de visualización electrónico, un dispositivo de visualización de ordenador, una pantalla de LCD, un módulo de video, un proyector opto-mecánico, un dispositivo de visualización de CRT, una lámpara de hendidura, un sistema de imagen basado en un procesador, y una fuente de luz móvil por un actuador electromecánico.
- 20 7. El sistema oftálmico (100) de la reivindicación 1, en el que la fuente (140) de luz de fijación está configurada para presentar la luz de fijación para un ojo del paciente cuya imagen no se ha formado; y
- para mover la luz de fijación presentada de acuerdo con la señal de control de luz de fijación recibida para ayudar a reducir la desalineación entre el ojo cuya imagen se ha formado y un componente de referencia del sistema oftálmico.

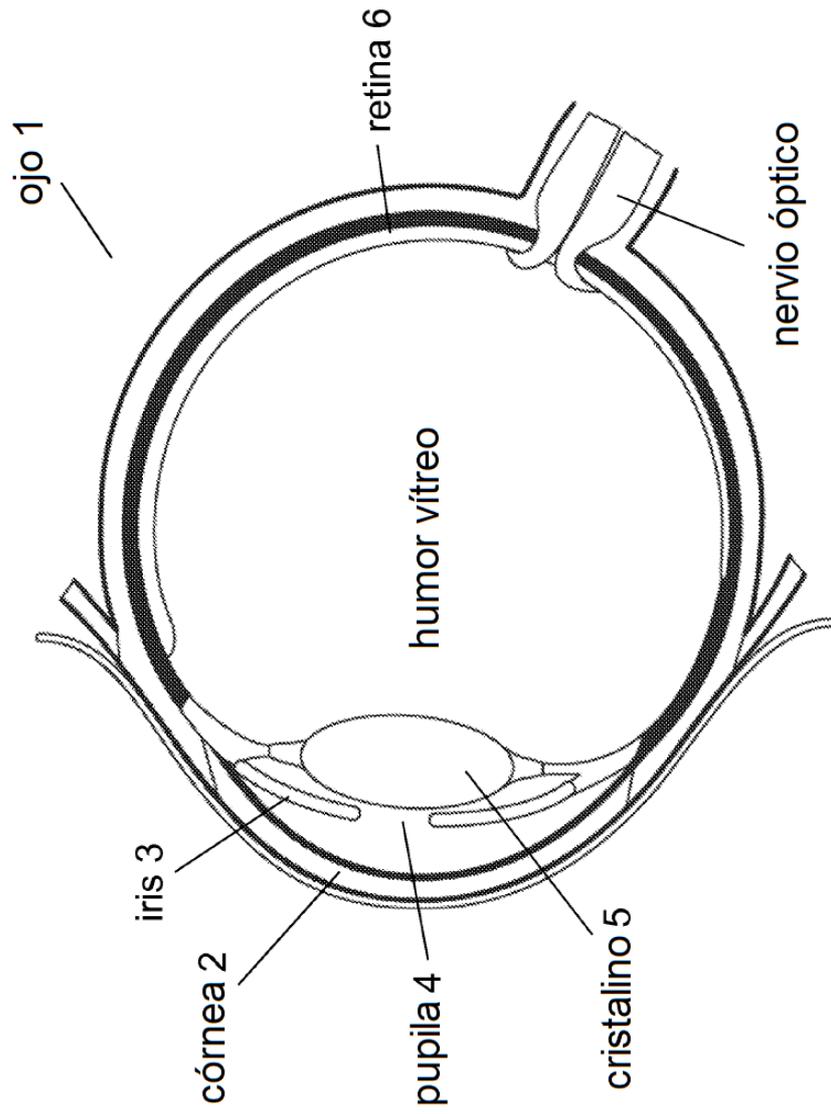


FIG. 1

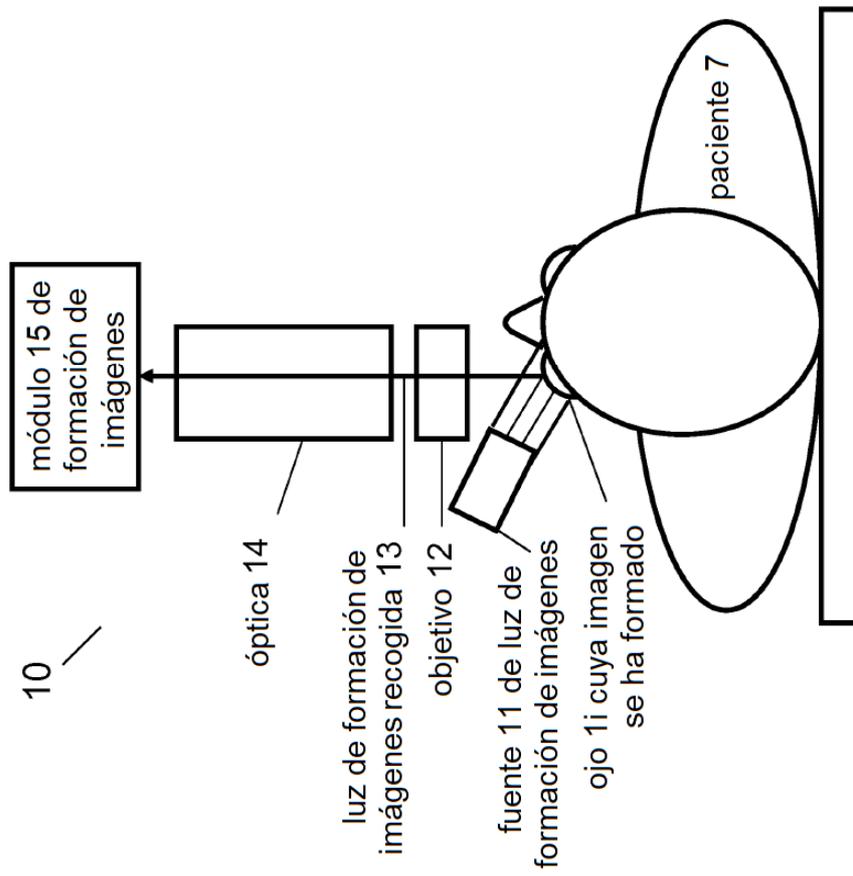


FIG. 2

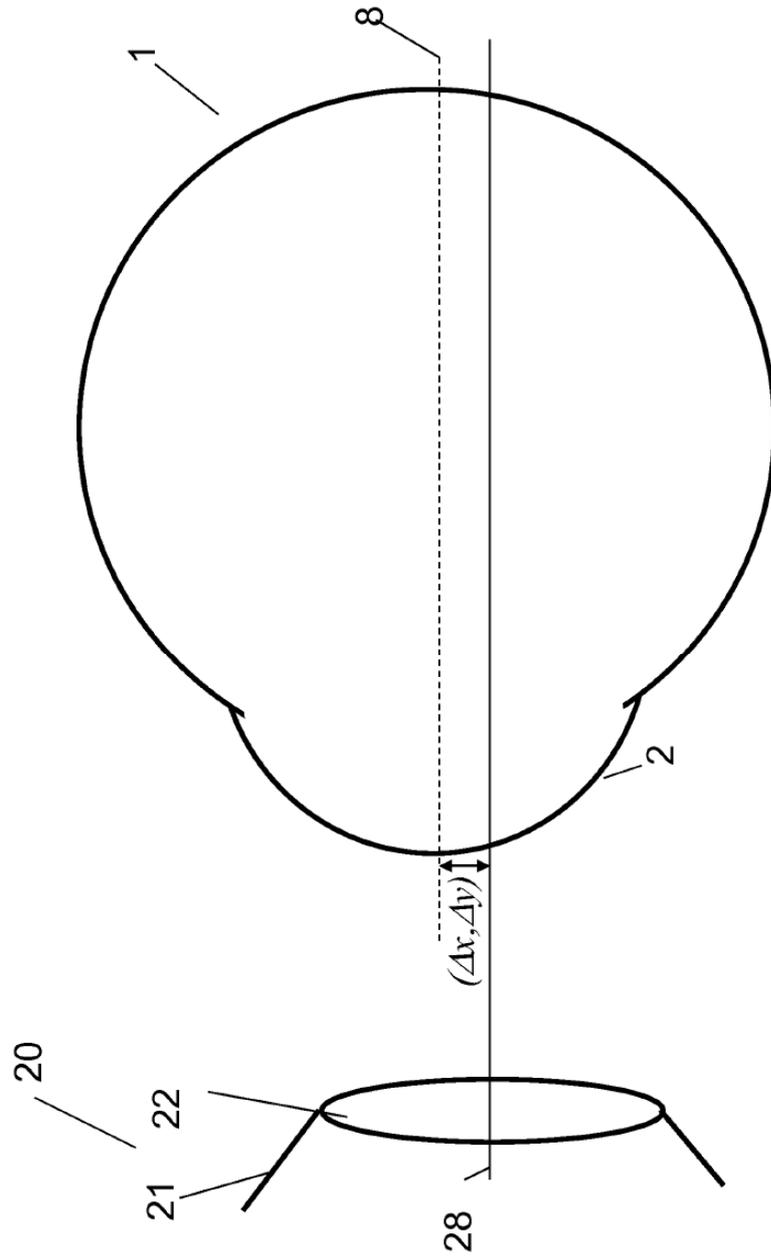


FIG. 3A

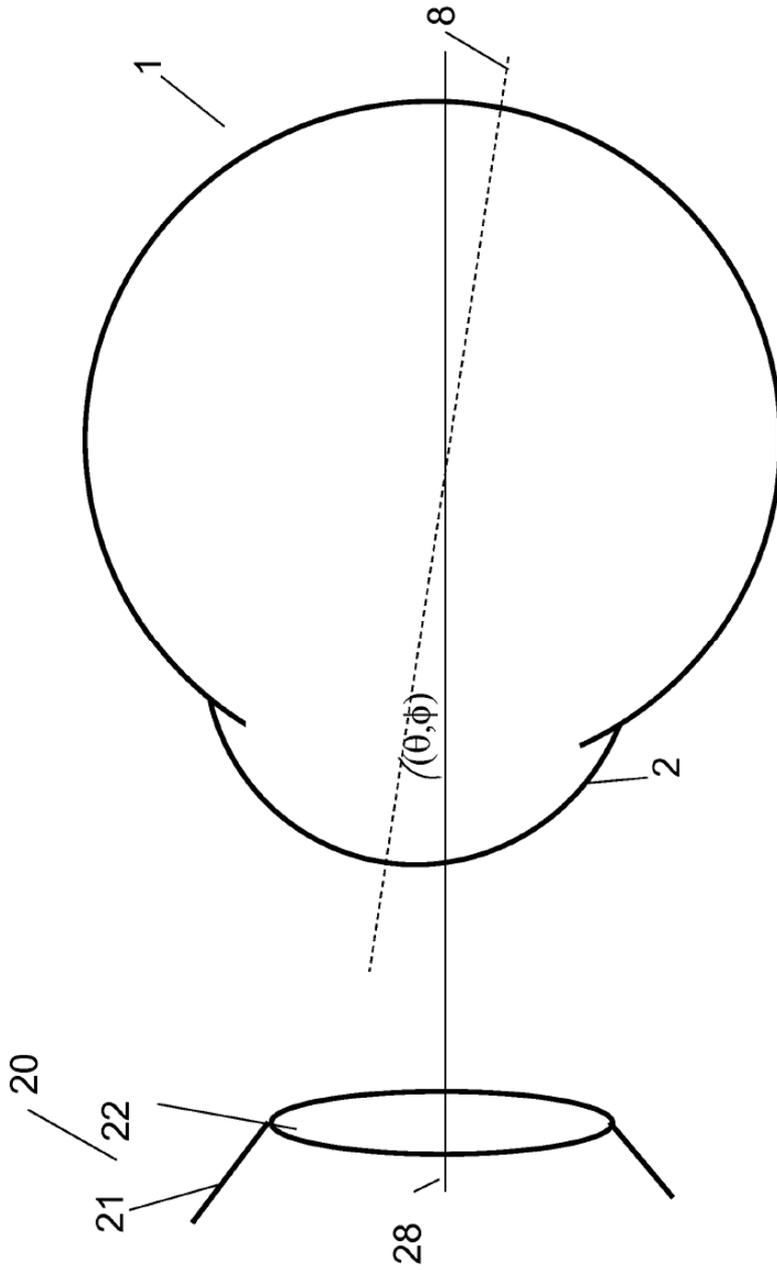


FIG. 3B

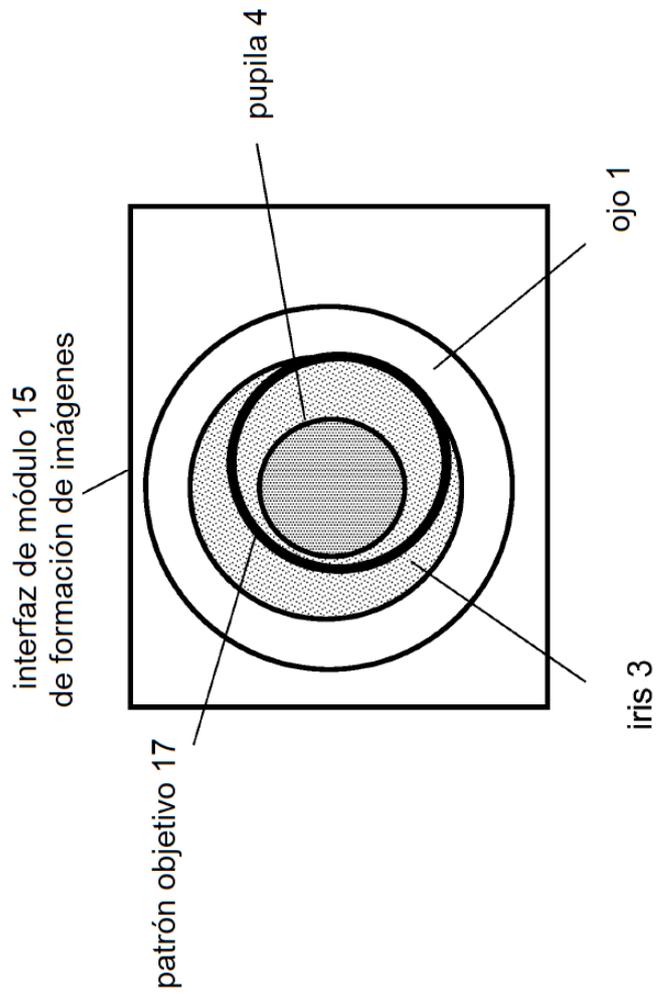


FIG. 3C

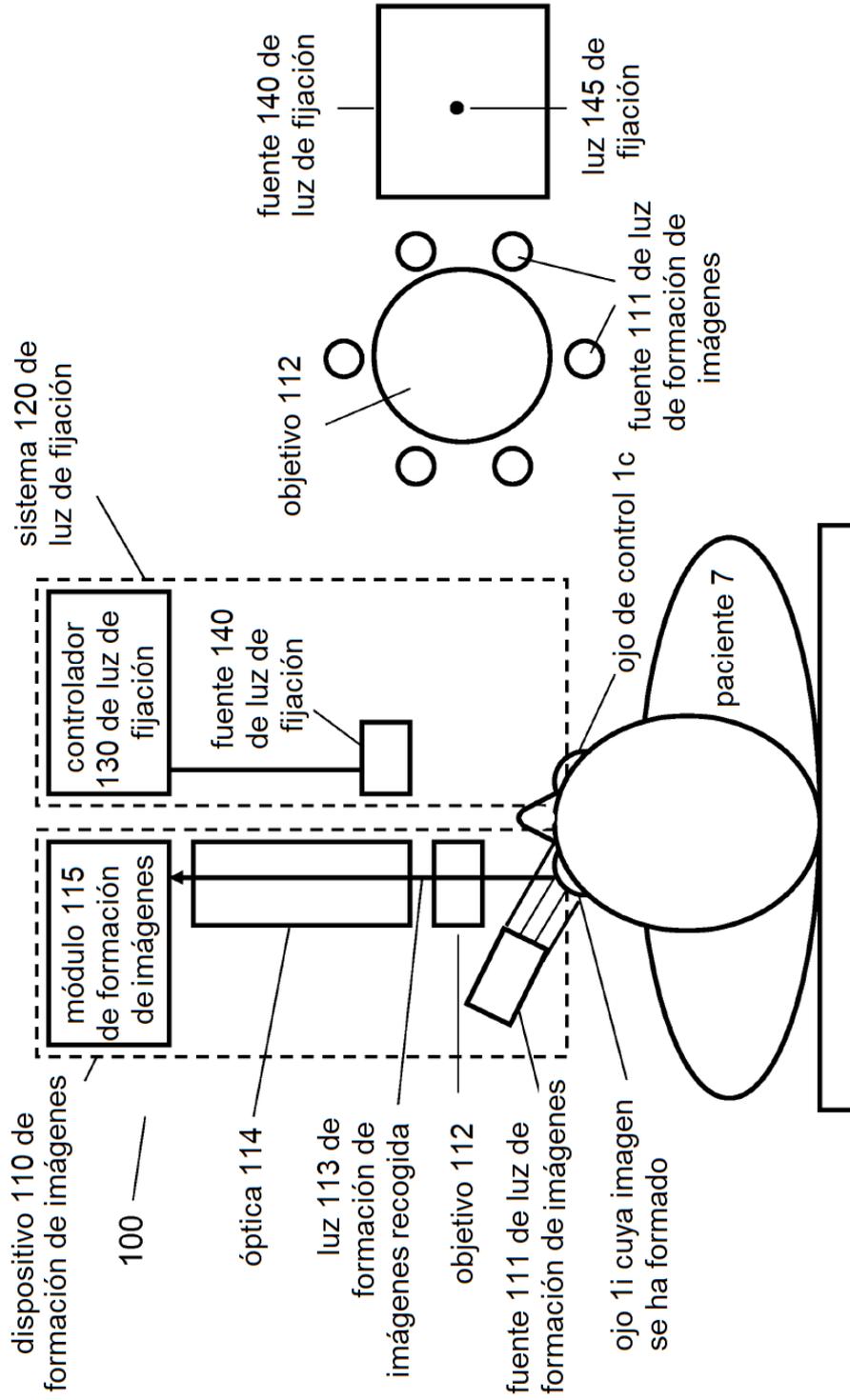


FIG. 4A

FIG. 4B

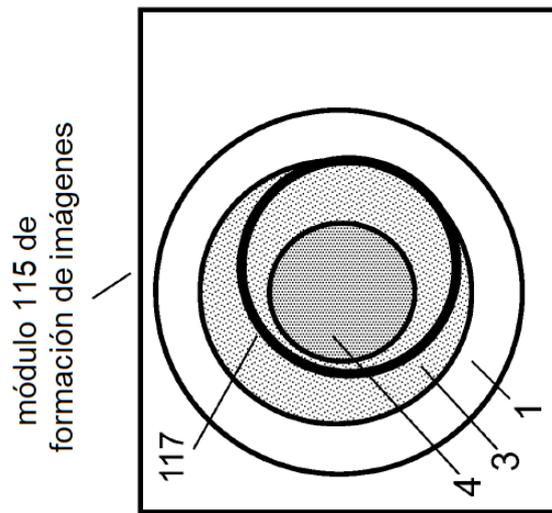


FIG. 5A

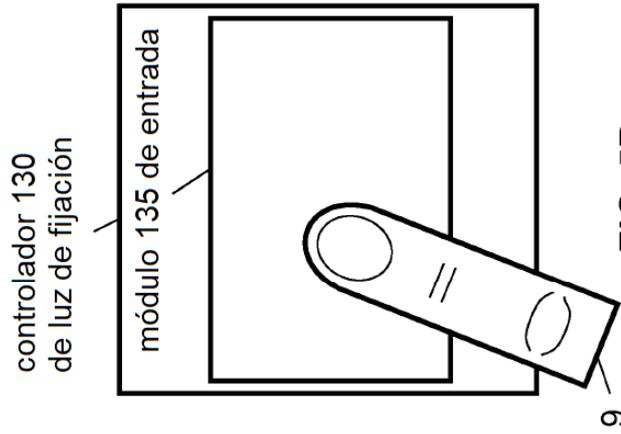


FIG. 5B

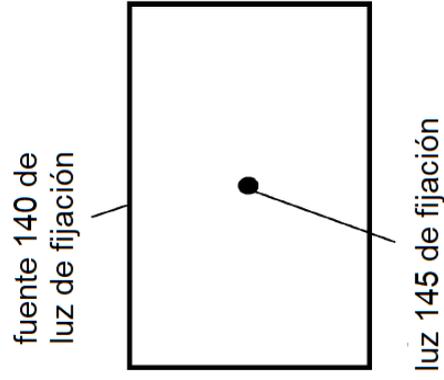


FIG. 5C

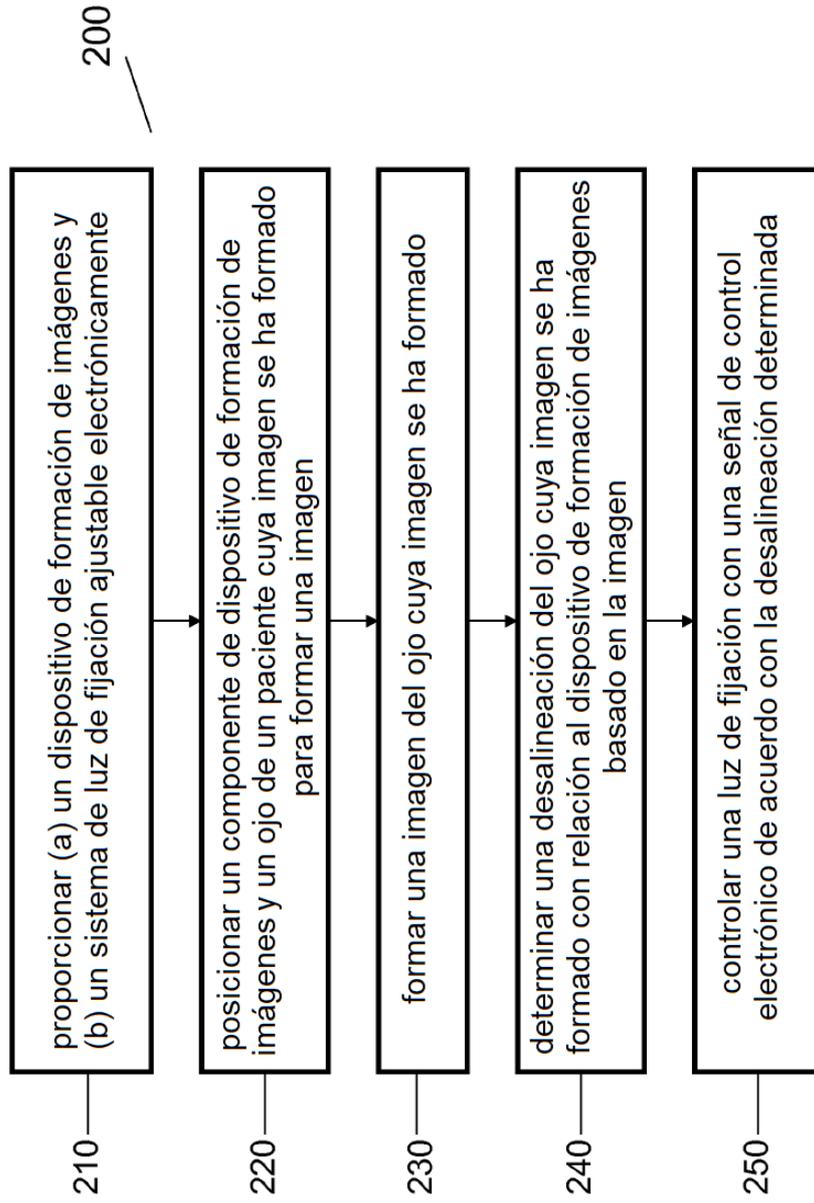


FIG. 6

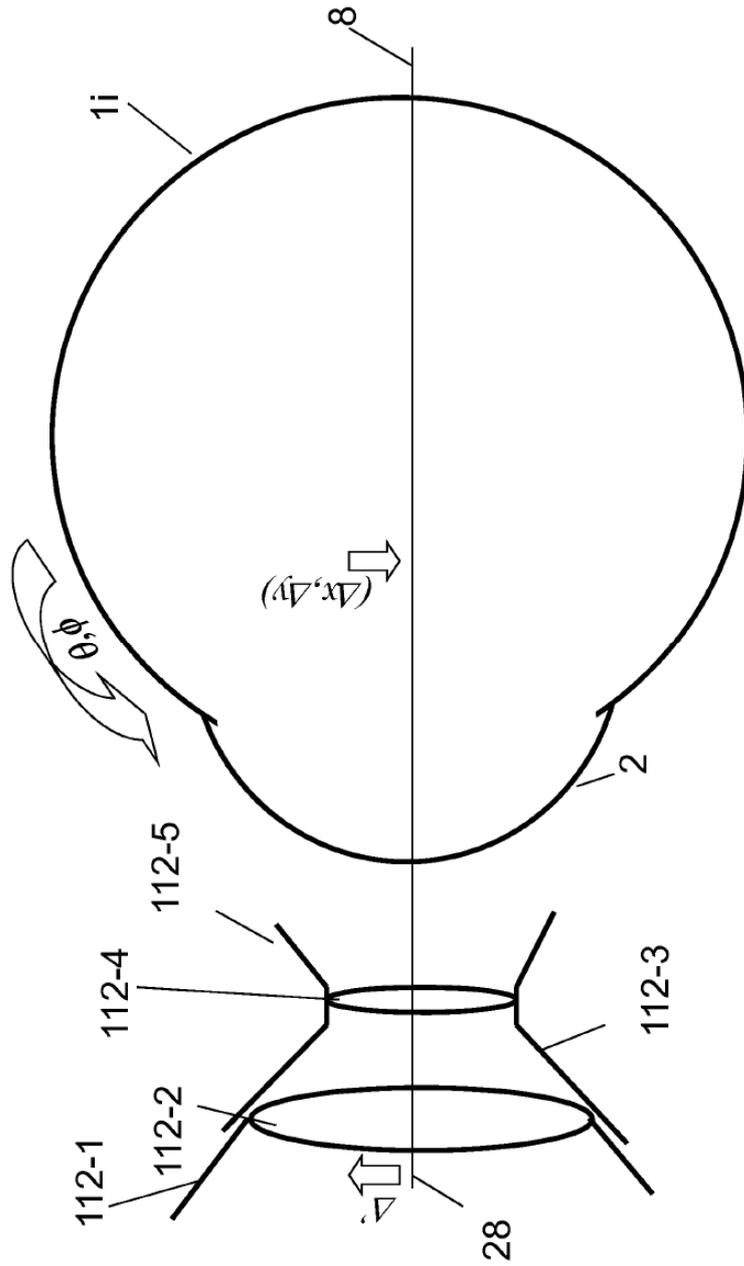


FIG. 7D

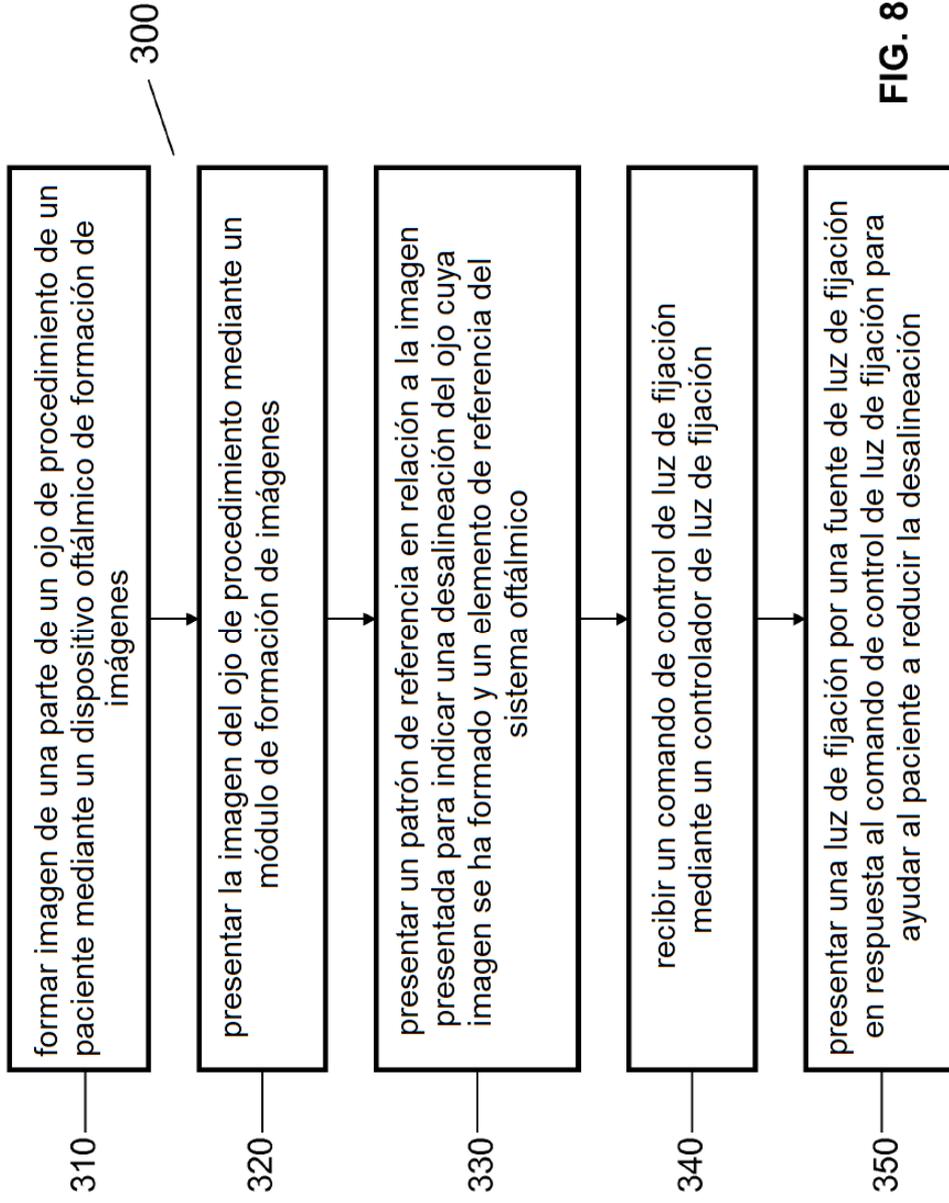


FIG. 8

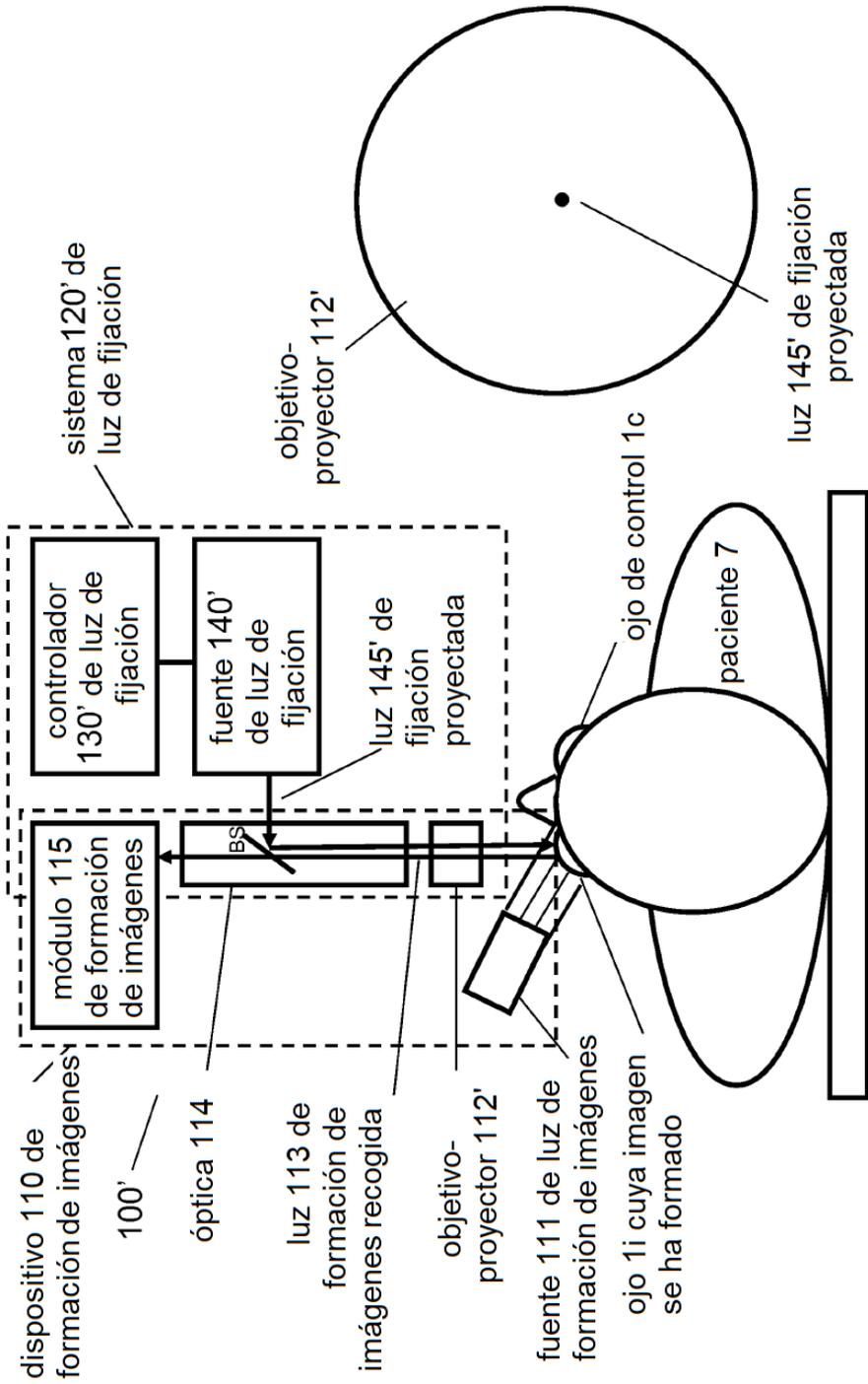


FIG. 9A

FIG. 9B

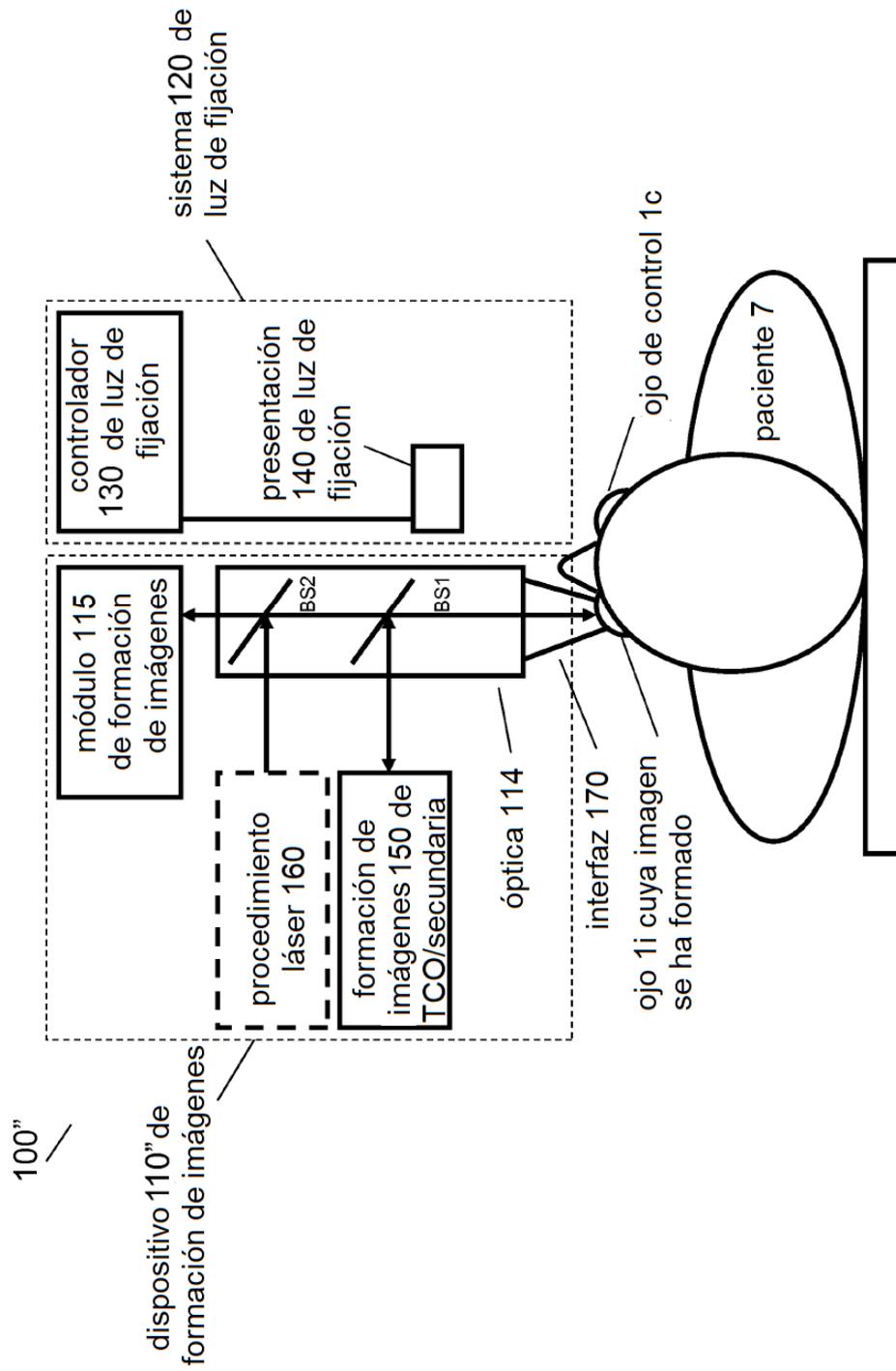


FIG. 10

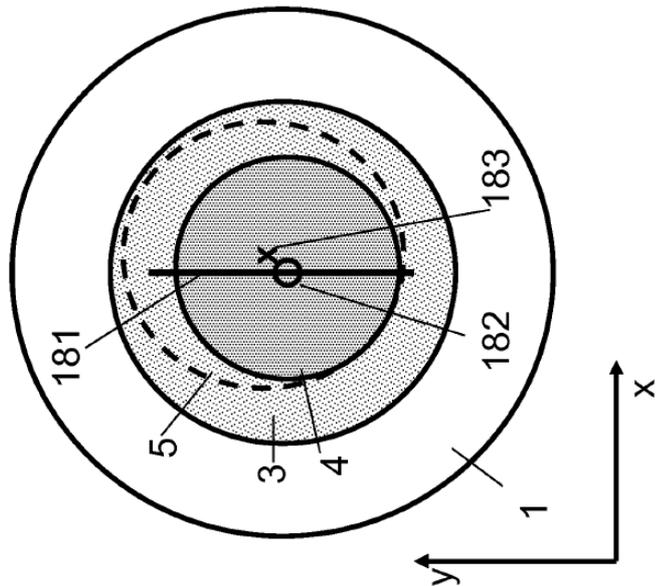
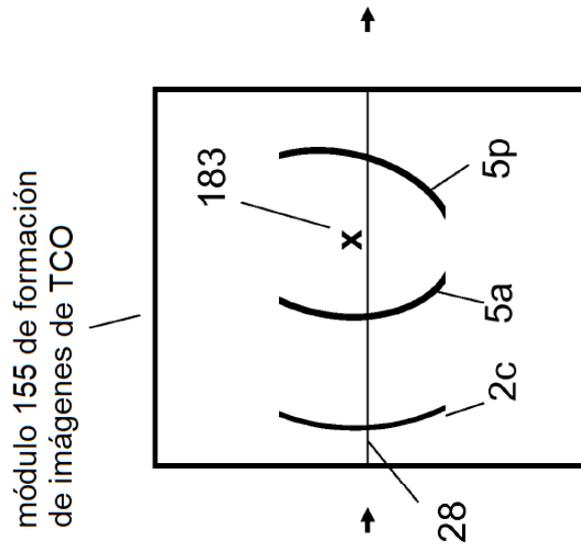


FIG. 11A

FIG. 11B

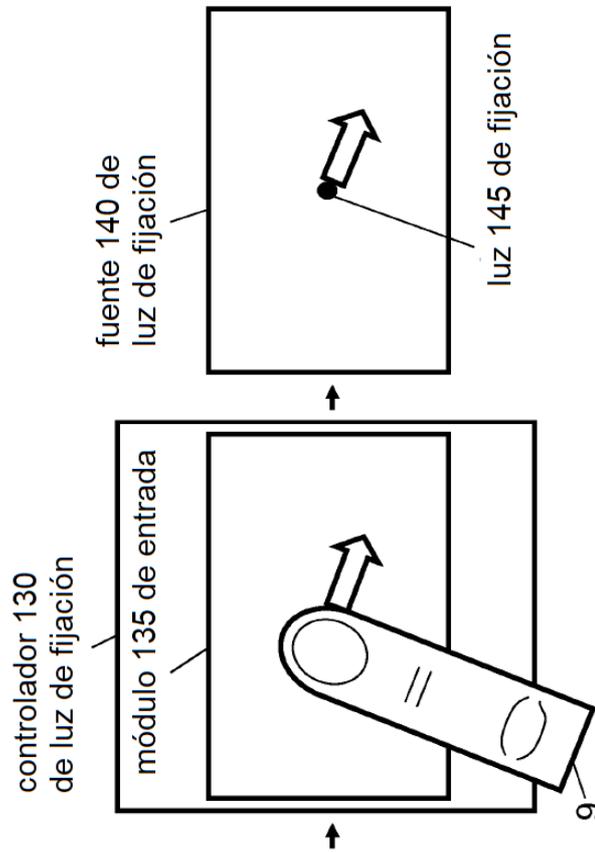


FIG. 11D

FIG. 11C