

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 208**

51 Int. Cl.:

G02B 21/18 (2006.01)

G02B 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2015** **PCT/US2015/067031**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2016** **WO16109280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2015** **E 15876008 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020** **EP 3241051**

54 Título: **Aumento en procedimientos oftálmicos y dispositivos, sistemas y métodos asociados**

30 Prioridad:

29.12.2014 US 201414584685

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

22.02.2021

73 Titular/es:

ALCON INC. (100.0%)

Rue Louis-d'Affry 6

1701 Fribourg, CH

72 Inventor/es:

REN, HUGANG y

YU, LINGFENG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 807 208 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

Aumento en procedimientos oftálmicos y dispositivos, sistemas y métodos asociados

5 Antecedentes

Campo técnico

10 Las formas de realización dadas a conocer en el presente documento se refieren a la visualización en sistemas quirúrgicos oftálmicos. Más específicamente, las formas de realización descritas en el presente documento se refieren a visualizar una imagen aumentada de una zona quirúrgica objetivo en el ojo mientras que un cirujano ve el procedimiento utilizando un microscopio quirúrgico óptico, un microscopio digital con un dispositivo de visualización externo, y/u otros dispositivos de visualización adecuados.

15 Técnica relacionada

Los procedimientos microquirúrgicos oftálmicos pueden implicar una anatomía muy pequeña en el ojo. Los cirujanos pueden realizar las microcirugías observando al mismo tiempo la anatomía y los instrumentos quirúrgicos utilizando un microscopio quirúrgico. Los cirujanos pueden tener dos preferencias incompatibles mientras visualizan el procedimiento quirúrgico. En primer lugar, puede preferirse un gran aumento para que el cirujano visualice los finos detalles estructurales del tejido biológico, así como para controlar con precisión los instrumentos quirúrgicos. En segundo lugar, y al mismo tiempo, puede preferirse un campo de visión amplio de modo que todas las maniobras durante el procedimiento quirúrgico se produzcan dentro del mismo campo de visión para el cirujano y puedan ayudar a proporcionar un contexto global de la posición del/de los instrumento(s) durante el procedimiento.

25 En la actualidad, puede cambiarse el tamaño de los objetos, tales como el tejido biológico y los instrumentos quirúrgicos, en la imagen vista por el cirujano basándose en los ajustes del *zoom* del microscopio quirúrgico. Con un gran aumento, el tamaño del objeto puede ser grande, aunque el campo de visión es pequeño. Con un bajo aumento, el campo de visión puede ser grande, aunque el tamaño del objeto es pequeño.

30 Por consiguiente, el cirujano puede o bien seleccionar un *zoom* intermedio para el microscopio quirúrgico para disponer de un aumento aceptable con un campo de visión aceptable, o bien puede cambiar repetidamente el *zoom* para obtener un gran aumento o campo de visión amplio cada vez según sea necesario. Con el primer enfoque, el cirujano compromete la visualización al no poder distinguir algunos detalles finos. Con el segundo enfoque, el cirujano tiene que ajustar con frecuencia el *zoom* del microscopio, como por ejemplo presionando físicamente un pedal, manteniendo el instrumento quirúrgico de manera firme dentro del ojo de un paciente, lo que complica adicionalmente el procedimiento y puede aumentar el riesgo para el paciente.

40 Por consiguiente, sigue existiendo la necesidad de dispositivos, sistemas y métodos mejorados que mejoren la capacidad para proporcionar al cirujano imágenes de gran aumento manteniendo simultáneamente un campo de visión amplio abordando una o varias de las necesidades comentadas anteriormente.

45 Se hace referencia al documento US 6.661.571 que se refiere a un sistema de observación quirúrgico para oftalmología, que comprende una cámara en el trayecto de observación y un segundo dispositivo de formación de imágenes que consiste en un visor rígido equipado con una cámara. La imagen del segundo dispositivo de formación de imágenes puede superponerse a la imagen de la cámara.

Sumario

50 El alcance de la invención es según las reivindicaciones. Por consiguiente, se proporciona un sistema de visualización oftálmica según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se exponen características adicionales.

La solución presentada cubre una necesidad médica no satisfecha con una solución única para proporcionar de manera simultánea un gran aumento y un campo de visión amplio mientras se ve un procedimiento quirúrgico utilizando un microscopio quirúrgico. Un dispositivo de formación de imágenes, tal como una cámara, puede hacer un seguimiento del área de interés del cirujano, tal como una punta de un instrumento quirúrgico, en tiempo real. El área de interés del cirujano puede aumentarse y superponerse a una parte del campo de visión original del microscopio quirúrgico. El cirujano puede ver la imagen aumentada, así como el campo de visión original. Por tanto, simultáneamente pueden obtenerse un campo de visión amplio y un gran aumento. Según algunas formas de realización, un sistema de visualización oftálmica incluye: un primer dispositivo de formación de imágenes configurado para adquirir primeras imágenes de un campo quirúrgico; un dispositivo informático en comunicación con el primer dispositivo de formación de imágenes y configurado para determinar un área de interés en el campo quirúrgico basándose en las primeras imágenes; y un primer dispositivo de visualización en comunicación con el dispositivo informático y un microscopio quirúrgico configurado para formar una imagen del campo quirúrgico, en el que el primer dispositivo de visualización está configurado para proporcionar una superposición gráfica sobre al menos una parte de un campo de visión del microscopio quirúrgico, y en el que la superposición gráfica incluye una imagen aumentada

del área de interés. Según algunas formas de realización, un método para visualizar un procedimiento oftálmico incluye: recibir primeras imágenes de un campo quirúrgico adquiridas por un primer dispositivo de formación de imágenes; identificar un área de interés en el campo quirúrgico basándose en las primeras imágenes; generar la superposición gráfica incluyendo una imagen aumentada del área de interés; y proporcionar la superposición gráfica a un dispositivo de visualización en comunicación con un microscopio quirúrgico configurado para formar una imagen del campo quirúrgico de modo que la superposición gráfica se sitúe sobre al menos una parte de un campo de visión del microscopio quirúrgico.

A partir de la siguiente descripción detallada resultarán evidentes aspectos, características y ventajas adicionales de la presente divulgación.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de visualización oftálmica.

Las figuras 2 y 3 son ilustraciones esquemáticas de vistas de un campo quirúrgico utilizando un sistema de visualización oftálmica.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un microscopio quirúrgico.

La figura 5 es una ilustración esquemática de una vista de un campo quirúrgico utilizando un microscopio quirúrgico.

Las figuras 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b, 9c, 9d, 10a y 10b son imágenes de vistas de un campo quirúrgico utilizando un sistema de visualización oftálmica.

Las figuras 11, 12 y 13 son diagramas esquemáticos de un sistema de visualización oftálmica.

La figura 14 es un diagrama de flujo de un método para visualizar un procedimiento oftálmico.

Las figuras 15, 16 y 17 son imágenes de vistas de un campo quirúrgico utilizando un sistema de visualización oftálmica.

En los dibujos, los elementos que tienen la misma designación tienen las mismas funciones o funciones similares.

Descripción detallada

En la siguiente descripción se exponen detalles específicos que describen determinadas formas de realización. Sin embargo, para un experto en la técnica resultará evidente que las formas de realización dadas a conocer pueden ponerse en práctica sin algunos o todos estos detalles específicos. Las formas de realización específicas presentadas pretenden ser ilustrativas, pero no limitativas. Un experto en la técnica se dará cuenta de que otro material, aunque no se describa específicamente en el presente documento, está dentro del alcance y espíritu de esta divulgación.

La presente divulgación describe dispositivos, sistemas y métodos para visualizar simultáneamente un campo de visión amplio y proporcionar un gran aumento en un área de interés mientras que un cirujano ve un procedimiento quirúrgico utilizando un microscopio quirúrgico.

Un dispositivo de formación de imágenes puede adquirir imágenes en vivo y en tiempo real de un campo quirúrgico que puede incluir el tejido biológico objetivo y un dispositivo quirúrgico que opera sobre el tejido biológico objetivo. Un dispositivo informático puede identificar y hacer un seguimiento del área de interés del cirujano en el campo quirúrgico basándose en las imágenes. El dispositivo informático puede identificar y hacer un seguimiento de la punta del dispositivo quirúrgico. El dispositivo informático también puede generar una superposición gráfica que incluye una imagen aumentada del área de interés. El dispositivo informático puede proporcionar la superposición gráfica a un dispositivo de visualización. El dispositivo de visualización puede proporcionar la superposición gráfica sobre una parte del campo de visión original del microscopio quirúrgico. Por tanto, utilizando el microscopio quirúrgico, el cirujano puede ver el campo quirúrgico y la superposición gráfica simultáneamente. El sistema de visualización descrito en el presente documento puede describirse como una lupa digital, porque aumenta una región de interés sin que sea necesario fijar una lupa óptica a un instrumento quirúrgico o un componente de formación de imágenes en un procedimiento mínimamente invasivo.

Los dispositivos, sistemas y métodos de la presente divulgación proporcionan numerosas ventajas, incluyendo un aumento de la eficacia del procedimiento quirúrgico y una reducción del riesgo de daño en el paciente al eliminar la necesidad de tener que cambiar constantemente el zoom del microscopio quirúrgico. Las ventajas de la presente divulgación también incluyen una mejora de las condiciones de trabajo para el cirujano al (1) posibilitar un campo de visión amplio y un gran aumento simultáneamente, y (2) permitir que la superposición gráfica sea transparente de modo que la parte del campo de visión original sobre la que se dispone la superposición gráfica es visible utilizando el microscopio quirúrgico. Los dispositivos, sistemas y métodos descritos en el presente documento también mejoran el flujo de trabajo del procedimiento quirúrgico al (3) permitir que la superposición gráfica se active/desactive de manera

selectiva; (4) permitir que se proporcione de manera selectiva un gran aumento; y (5) permitir un aumento en cirugías mínimamente invasivas cuando no es posible fijar una lupa óptica física al instrumento quirúrgico. Otras ventajas de la presente divulgación incluyen un aumento de la eficacia de implementación al (6) proporcionar un enfoque de bajo coste, y universal para diferentes instrumentos quirúrgicos; (7) permitir un uso con los instrumentos quirúrgicos actuales sin preocuparse por un aumento en el tamaño del instrumento; y (8) proporcionar flexibilidad con enfoques modulares o integrados en un microscopio quirúrgico.

La figura 1 ilustra un sistema de visualización oftálmica 100. El sistema de visualización oftálmica 100 puede incluir un dispositivo de formación de imágenes 152 configurado para adquirir imágenes de un campo quirúrgico 122. El sistema de visualización oftálmica 100 puede incluir un dispositivo informático 160 en comunicación con el dispositivo de formación de imágenes 152 y configurado para determinar un área de interés en el campo quirúrgico 122 basándose en las imágenes. El sistema de visualización oftálmica 100 incluye un dispositivo de visualización 172 en comunicación con el dispositivo informático 160 y un microscopio quirúrgico 130 configurado para formar una imagen del campo quirúrgico 122. El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar una superposición gráfica sobre al menos una parte de un campo de visión del microscopio quirúrgico. La superposición gráfica puede incluir una imagen aumentada del área de interés.

El observador 110, tal como un cirujano u otro profesional médico, puede visualizar el campo quirúrgico 122 utilizando el microscopio quirúrgico 130. Durante el procedimiento quirúrgico puede insertarse un dispositivo quirúrgico 140 en el ojo sometido al procedimiento 120. En un procedimiento de vitrectomía, por ejemplo, el dispositivo quirúrgico 140 puede insertarse en la cámara vítrea a través de una incisión a través de la esclerótica en la *pars plana*. El dispositivo quirúrgico 140 puede ser una sonda de corte, una sonda de vitrectomía, una sonda láser, una sonda de ablación, una sonda de vacío, una sonda de lavado, unas tijeras, fórceps, otros dispositivos oftálmicos adecuados, y/o combinaciones de los mismos. Varios otros instrumentos oftálmicos, tales como una fuente de luz, una cánula de infusión, etc., también pueden insertarse en el ojo sometido al procedimiento 120 durante el procedimiento quirúrgico. El observador 110 puede llevar a cabo el procedimiento quirúrgico en el campo quirúrgico 122 utilizando el dispositivo quirúrgico 140. El campo quirúrgico 122 puede incluir varios tejidos biológicos en el ojo, incluyendo el humor vítreo, membranas transparentes, partes de la retina, vasos sanguíneos y/u otras partes del ojo.

Una lente de contacto 124 puede acoplarse al ojo sometido al procedimiento 120. La lente de contacto 124 puede incluir uno o varios componentes ópticos, tal como una o varias lente(s) adecuada(s), configuradas para facilitar la visión del campo quirúrgico 122 para el observador 110. Por ejemplo, la lente de contacto 124 puede ser una lente con un campo de visión amplio. En otro ejemplo, la lente de contacto 124 puede ser la lente macular asférica GRIESHABER® DSP disponible de Alcon, Inc. La lente de contacto 124 también puede estar configurada para facilitar el procedimiento quirúrgico, como por ejemplo fijando el ojo sometido al procedimiento 120. Por ejemplo, la lente de contacto 124 puede ser la interfaz de paciente LenSx® Laser SoftFit™ disponible de Alcon, Inc. La lente de contacto 124 puede acoplarse a y/o estar separada del microscopio quirúrgico 130. La lente de contacto 124 puede acoplarse a un mecanismo estabilizador configurado para estabilizar la lente de contacto 124 con respecto al ojo sometido al procedimiento 120. Para ello, el mecanismo estabilizador puede incluir uno o varios de un trocar, un contrapeso, un sistema basado en la fricción y un sistema elástico. En algunas formas de realización, en el trayecto óptico entre el ojo sometido al procedimiento 120 y el microscopio quirúrgico 130 se proporciona una lente que está separada del ojo sometido al procedimiento 120. Por ejemplo, puede utilizarse una lente de contacto indirecta de campo amplio o de tipo oftalmomicroscopio indirecto binocular (BIOM). El observador 110 puede ver el campo quirúrgico 122 a través de la lente de contacto 124, utilizando el microscopio quirúrgico 130.

El microscopio quirúrgico 130 puede ser cualquier microscopio quirúrgico adecuado configurado para su uso durante un procedimiento oftálmico. El microscopio quirúrgico puede ser un microscopio óptico y/o un microscopio digital. A este respecto, el microscopio quirúrgico 130 puede incluir una o varias lentes 132, tal como una lente/lentes de enfoque, una lente/lentes de *zoom* y una lente de objetivo 134, así como espejos, filtros, rejillas y/u otros componentes ópticos que comprenden un tren óptico. El observador 110 puede ajustar el aumento y/o campo de visión cambiando el posicionamiento relativo de la(s) lente(s) de *zoom*. Por ejemplo, el microscopio quirúrgico 130 puede estar en comunicación con un interruptor de pie para cirugía que controla el *zoom*. Un observador 110 puede determinar el aumento preferido al inicio del procedimiento quirúrgico, tal como uno que proporcione un campo de visión amplio del sitio quirúrgico. Como se describe en el presente documento, puede verse una imagen de gran aumento de un área de interés en el campo quirúrgico 122 proporcionada por el dispositivo de visualización 172 utilizando el microscopio quirúrgico 130, sin ajustar el aumento. La luz reflejada desde el campo quirúrgico 122 puede recibirse por el microscopio quirúrgico 130 y visualizarse por el observador 110 que ve el campo quirúrgico 122 a través del ocular 136. En las figuras 2, 3, 6a-10b y 14-16 se muestran vistas a modo de ejemplo del campo quirúrgico 122 utilizando el sistema de visualización oftálmica 100 y el microscopio quirúrgico 130. Cuando el microscopio quirúrgico 130 es un microscopio estereoscópico, como en la forma de realización ilustrada de la figura 1, pueden proporcionarse dos trayectos ópticos (por ejemplo, uno para cada ojo del observador 110). De manera similar, el ocular 136 puede incluir oculares separados u otros componentes de visualización para cada ojo del observador 110. El observador 110 puede observar el campo de visión del microscopio quirúrgico 130 y/o la superposición gráfica a través del ocular 136.

Como se indicó anteriormente, el sistema de visualización oftálmica 100 incluye el dispositivo de formación de imágenes 152. El dispositivo de formación de imágenes 152 puede ser un dispositivo de formación de imágenes digital.

Por ejemplo, una cámara o cámara de vídeo puede estar configurada para adquirir una serie de imágenes fijas o fotogramas del campo quirúrgico 122 que en conjunto forman una visión en vivo y en tiempo real del mismo. A este respecto, el dispositivo de formación de imágenes 152 puede incluir un sensor de imagen, tal como un sensor de imagen de dispositivo de carga acoplada (CCD), un sensor de semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS) y/u otros sensores de imagen adecuados. El dispositivo de formación de imágenes 152 puede estar configurado para recibir la luz reflejada desde el campo quirúrgico 122. El microscopio quirúrgico 130 puede incluir un divisor de haz 138 configurado para guiar una parte de la luz reflejada al dispositivo de formación de imágenes 152 permitiendo al mismo tiempo que otra parte de la luz reflejada pase a través del ocular 136. El divisor de haz 138 puede incluir un prisma de vidrio, un espejo con revestimiento metálico, un espejo dicrómico, un prisma de espejo dicrómico, un filtro de ranura, un espejo caliente y/o un espejo frío. La parte de la luz reflejada dirigida hacia el dispositivo de formación de imágenes 152 puede dividirse en cualquier punto adecuado a lo largo del trayecto óptico, tal como dentro o fuera del microscopio quirúrgico 130. Por ejemplo, el divisor de haz 138 puede situarse entre el ocular 136 y la lente de *zoom* 132, como se muestra, o entre la lente de *zoom* 132 y la lente de objetivo 134. El dispositivo de formación de imágenes 152 también puede incluir componentes de procesamiento, componentes de memoria y/u otros componentes eléctricos para interpretar la luz recibida en el sensor de imagen y generar datos de imagen para su uso por el dispositivo informático 160 acoplado de manera comunicativa al mismo. El dispositivo de formación de imágenes 152 puede transmitir los datos de imagen al dispositivo informático 160.

El dispositivo informático 160 puede incluir cualquier circuito de procesamiento adecuado, tal como un procesador acoplado de manera comunicativa a una memoria. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para realizar las funciones descritas en el presente documento. El dispositivo informático 160 puede recibir y procesar las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152. La memoria del dispositivo informático 160 puede almacenar los datos de imágenes preprocesados y/o posprocesados. El dispositivo informático 160 puede determinar el área de interés de un cirujano en el campo quirúrgico basándose en las imágenes. El área de interés del cirujano puede determinarse de varias maneras. Por ejemplo, el dispositivo informático 160 puede identificar una parte del dispositivo quirúrgico 140, un marcador, una parte distal, una punta, dispuesta en el campo quirúrgico 122. En la solicitud estadounidense n.º 14/134.237, titulada "Marker-Based Tool Tracking" y presentada el 19 de diciembre de 2013 se describen dispositivos, sistemas y métodos a modo de ejemplo para el seguimiento de instrumentos. En las figuras 6b, 7b, 8b, 9a-9d y 14-16 se ilustran ejemplos de seguimiento del dispositivo quirúrgico 140 en el campo quirúrgico 122.

En otro ejemplo, el observador 110 puede identificar el tipo de procedimiento o el tejido biológico objetivo para el dispositivo informático 160 a través de un dispositivo de entrada 162. Por ejemplo, el observador 110 puede especificar una cirugía macular. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para identificar automáticamente el tejido biológico objetivo, tal como ejecutando un software de reconocimiento de imágenes que detecte diversas estructuras de tejido en el ojo sometido al procedimiento 120 y las compare con la ubicación, los contornos y otras características anatómicas conocidas del tejido biológico objetivo. En el ejemplo de la cirugía macular, el dispositivo informático 160 puede determinar que la mácula es el área de interés y puede identificar la mácula y/o un área alrededor de la mácula en las imágenes recibidas del dispositivo de formación de imágenes 152. Sin embargo, se contemplan otros métodos más para determinar el área de interés del cirujano.

El dispositivo informático 160 puede generar datos de visualización representativos de una superposición gráfica. La superposición gráfica puede incluir una imagen aumentada del área de interés. Por ejemplo, el dispositivo informático 160 puede realizar un *zoom* digital en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152 para elevar el aumento en el área de interés. El dispositivo informático 160 también puede mejorar los datos de imagen, tal como modificando el contraste, tono de color, brillo y/u otros parámetros de imagen. La superposición gráfica puede proporcionar una visión más clara del área de interés para el observador 110. El dispositivo informático 160 puede transmitir los datos de visualización representativos de la superposición gráfica al dispositivo de visualización 172 acoplado de manera comunicativa al mismo.

La superposición gráfica puede incluir imágenes diferentes de las imágenes en vivo del campo quirúrgico 122. Por ejemplo, el dispositivo informático 160 puede estar configurado para realizar un corregistro del área de interés determinada basándose en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152 con una imagen/imágenes adquirida(s) previamente de la misma anatomía. Las imágenes adquiridas previamente pueden incluir una imagen de tomografía de coherencia óptica (OCT), una imagen de angiografía con fluoresceína, una imagen de angiografía con verde de indocianina, una imagen de fotografía del fondo de ojo, una imagen de biomicroscopía de lámpara de hendidura, otras imágenes adecuadas, y/o combinaciones de las mismas. El dispositivo informático 160 puede realizar un *zoom* digital en la imagen adquirida previamente. El dispositivo informático 160 también puede mejorar los datos de imagen adquiridos previamente, tal como modificando el contraste, tono de color, brillo, y/u otros parámetros de imagen. La superposición gráfica puede incluir la imagen aumentada, adquirida previamente que muestra el tejido correspondiente al área de interés determinada. El dispositivo informático 160 puede generar datos de visualización de modo que se actualice la parte de la imagen adquirida previamente en la superposición gráfica según cambie el área de interés en tiempo real. El hecho de proporcionar tanto la visión en vivo como las imágenes adquiridas previamente del área de interés puede guiar al cirujano durante el procedimiento quirúrgico, permitir al cirujano ver los cambios en el campo quirúrgico producidos por el procedimiento, etc.

El dispositivo de visualización 172 puede ser cualquier dispositivo de visualización adecuado configurado para proporcionar una superposición gráfica en el trayecto óptico del microscopio quirúrgico 130. El dispositivo de visualización 172 puede ser un dispositivo de proyección, tal como un dispositivo de procesamiento de luz digital (DLP), un dispositivo de pantalla de cristal líquido (LCD), un dispositivo de diodo emisor de luz (LED), un dispositivo de cristal líquido sobre silicio (LCoS), otros dispositivos adecuados, y/o combinaciones de los mismos. El dispositivo de visualización 172 puede estar en comunicación óptica con el microscopio quirúrgico 130 de modo que el observador 110 pueda ver la superposición gráfica observando simultáneamente el campo quirúrgico 122 utilizando el microscopio quirúrgico 130. El microscopio quirúrgico 130 puede incluir un acoplador de haz 139 configurado para combinar la luz procedente del dispositivo de visualización 172 con la luz reflejada desde el campo quirúrgico 122 de modo que la luz combinada se reciba en el ocular 136. El acoplador de haz 139 puede incluir un prisma de vidrio, un espejo con revestimiento metálico, un espejo dicrómico, un prisma de espejo dicrómico, un filtro de ranura, un espejo caliente y/o un espejo frío. La luz procedente del dispositivo de visualización 172 puede combinarse con la luz reflejada en cualquier punto adecuado a lo largo del trayecto óptico, tal como dentro o fuera del microscopio quirúrgico 130. El acoplador de haz 139 puede estar situado entre el ocular 136 y la lente de objetivo 134, como se muestra.

La superposición gráfica puede estar situada sobre una parte del campo de visión del cirujano, como se muestra en las figuras 2, 3, 6b, 7b, 8b, 9a-10b y 16. El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica con parámetros variables, tales como tamaño, forma, posición, transparencia, etc., como se describe con respecto a las figuras 2, 3, 6b, 7b, 8b y 9a-10b. Con un microscopio estereoscópico, como en la forma de realización ilustrada de la figura 1, puede proporcionarse un dispositivo de visualización 170 para cada uno de los dos trayectos ópticos (por ejemplo, uno para cada ojo del observador 110) o un único dispositivo de visualización 170 puede proporcionar una salida para cada trayecto óptico.

Como se indicó anteriormente, el sistema de visualización oftálmica 100 también puede incluir el dispositivo de entrada 162. El dispositivo de entrada 162 puede estar en comunicación con el dispositivo informático 160. El dispositivo de entrada 162 puede estar configurado para permitir que el observador 110 controle el sistema de visualización oftálmica 100, incluyendo la activación/desactivación de la superposición gráfica, la selección de si la superposición gráfica se proporciona en una posición fija o posiciones variables, la selección de si la superposición gráfica es transparente u opaca, y/u otras características descritas en el presente documento. El dispositivo de entrada 162 puede comprender cualquiera de una variedad de interruptores de encendido/apagado, botones, conmutadores, ruedas, controles digitales, controles de pantalla táctil, u otros componentes de interfaz de usuario. El dispositivo de entrada 162 puede estar dispuesto de manera integral en el microscopio quirúrgico 130 y/o el dispositivo quirúrgico 140. Por ejemplo, el dispositivo de entrada 162 puede incluir uno o varios botones en una parte portátil del dispositivo quirúrgico 130 de modo que la superposición gráfica pueda proporcionarse de manera selectiva e instantánea durante el procedimiento quirúrgico cuando el observador 110 aprieta el botón. El dispositivo de entrada 162 puede ser un componente diferenciado, tal como, a modo de ejemplo no limitativo, un interruptor de pie para cirugía, un dispositivo de control remoto, un dispositivo de control de pantalla táctil, y/u otro dispositivo informático. El sistema de visualización oftálmica 100 puede incluir múltiples dispositivos de entrada 162. El dispositivo de entrada 162 puede generar y transmitir señales de entrada basándose en la entrada de usuario recibida. El dispositivo informático 160 puede recibir y procesar la señal de entrada. El dispositivo informático 160 puede generar y transmitir las señales de control al dispositivo de formación de imágenes 152 y/o al dispositivo de visualización 172 en respuesta a la entrada de usuario. El dispositivo informático 160 también puede generar y proporcionar la superposición gráfica (por ejemplo, en una posición fija, en posiciones variables, de manera transparente u opaca, etc.) basándose en la entrada de usuario recibida.

El dispositivo de formación de imágenes 152, el dispositivo de visualización 172, el dispositivo informático 160 y/o el dispositivo de entrada 162 pueden estar acoplados mecánicamente al microscopio quirúrgico 130. Por ejemplo, el dispositivo de formación de imágenes 152, el dispositivo de visualización 172, el dispositivo informático 160 y/o el dispositivo de entrada 162 pueden estar integrados y/o dispuestos de manera integral sobre/dentro del microscopio quirúrgico 130.

En otro ejemplo, el dispositivo de formación de imágenes 152, el dispositivo de visualización 172, el dispositivo informático 160 y/o el dispositivo de entrada 162 pueden estar acoplados de manera retirable al microscopio quirúrgico 130. En la figura 1 puede ilustrarse un ejemplo de un enfoque modular. A este respecto, el dispositivo de formación de imágenes 152 puede formar parte de un módulo de seguimiento y aumento 150, y el dispositivo de visualización 172 puede formar parte de un módulo de proyección 170. El módulo de seguimiento y aumento 150 y el módulo de proyección 170 pueden estar acoplados de manera retirable al microscopio quirúrgico 130. Es decir, un usuario (por ejemplo, el observador 110, un cirujano, otro médico, una enfermera, un técnico, etc.) puede añadir o retirar de manera selectiva uno o varios de los módulos para proporcionar de manera selectiva las características descritas en el presente documento. Por tanto, el dispositivo de formación de imágenes 152, el dispositivo de visualización 172 y/u otros componentes descritos en el presente documento pueden implementarse en un microscopio quirúrgico existente añadiendo uno o varios módulos. Por consiguiente, un hospital u otro proveedor de servicios oftálmicos pueden evitar ventajosamente los grandes gastos de capital asociados a la adquisición de un microscopio quirúrgico completo que incluye el dispositivo de formación de imágenes 152, el dispositivo de visualización 172, etc.

El microscopio quirúrgico 130, el módulo de seguimiento y aumento 150 y el módulo de proyección 170 pueden incluir varios componentes (por ejemplo, cables, contactos, interfaces, las lentes 132, etc.) para facilitar la comunicación

eléctrica, óptica y/o de datos entre el dispositivo informático 160, el dispositivo de formación de imágenes 152, el dispositivo de visualización 172 y/o el dispositivo de entrada 162. En un módulo dado pueden incluirse diferentes combinaciones de componentes. Uno o varios del/de los dispositivo(s) de formación de imágenes 152, el/los dispositivo(s) de visualización 172, el/los dispositivo(s) de entrada 162 y/o el/los dispositivo(s) de cálculo 160 pueden estar dispuestos en los mismos módulos o en módulos diferentes. Uno o varios del/de los dispositivo(s) de formación de imágenes 152, el/los dispositivo(s) de visualización 172, el/los dispositivo(s) de entrada 162 y/o el/los dispositivo(s) de cálculo 160 pueden ser distintos del microscopio quirúrgico 130 mientras que uno o varios otros de los componentes están acoplados mecánicamente al microscopio quirúrgico 130.

Las figuras 2, 3 y 6a-10b ilustran vistas del campo quirúrgico 122 utilizando el sistema de visualización oftálmica 100. El campo quirúrgico 122 puede incluir el dispositivo quirúrgico 140, los vasos sanguíneos 204, el disco óptico 206, la mácula 208 y características finas 202. El observador 110 puede seleccionar el aumento del microscopio quirúrgico 130 de modo que un campo de visión proporcione una perspectiva deseada del campo quirúrgico 122. Las figuras 2, 3, 6b, 7b, 8b y 9a-10b muestran la superposición gráfica 210 situada sobre una parte del campo quirúrgico 122. La superposición gráfica 210 se muestra incluyendo una imagen aumentada del área de interés, que puede ser un área alrededor de la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140. Como se muestra por ejemplo en las figuras 2 y 3, la superposición gráfica 210 muestra las características finas 202 y la punta 144 con un tamaño y claridad aumentados. El observador 110 puede visualizar claramente las características finas 202 con la superposición gráfica 210 visualizando simultáneamente el campo de visión amplio del campo quirúrgico 112. A modo de comparación, la figura 5 muestra el campo quirúrgico 122 utilizando el microscopio quirúrgico 130 de la figura 4 sin la superposición gráfica 210. En la figura 5 puede ilustrarse la misma anatomía que las figuras 2 y 3, pero sin la superposición gráfica 210. En la figura 5 se proporciona un campo de visión amplio, pero ni las características finas 202 ni la información de posición detallada sobre la punta 144 son fácilmente visibles por el cirujano.

Las figuras 6a, 7a y 8a ilustran vistas del campo quirúrgico 122 utilizando el sistema de visualización oftálmica 100 y las figuras 6b, 7b y 8b ilustran respectivamente la misma anatomía con la superposición gráfica 210. La comparación de las figuras 6a, 7a y 8a con las figuras 6b, 7b y 8b puede mostrar las diferencias entre las vistas del observador 110 utilizando el sistema de visualización oftálmica 100 con la superposición gráfica 210 activada y desactivada. El dispositivo quirúrgico 140 puede incluir un marcador 142 que puede identificarse y seguirse por el dispositivo informático 160 en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152. El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar un indicador 146 en el marcador 142 en el campo de visión más amplio del campo quirúrgico 122. El indicador 146 puede avisar al observador 110 de que se está haciendo un seguimiento de la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados.

En la superposición gráfica 210 puede proporcionarse una imagen aumentada del área de interés, tal como el área alrededor de la punta 144. Por tanto, pueden visualizarse más claramente los detalles sobre los vasos sanguíneos 204. Por ejemplo, en las figuras 7b y 8b, el observador 110 puede ver más claramente discontinuidades en el vaso sanguíneo 204, indicativas de segmentos de vasos que no tienen glóbulos rojos. Estos detalles finos no pueden visualizarse fácilmente solamente con el campo de visión más amplio, mostrado en las figuras 7a y 8a, respectivamente.

El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 con cualquier tamaño adecuado dentro del campo de visión del microscopio quirúrgico 130. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados. Por ejemplo, la superposición gráfica 210 puede ocupar entre aproximadamente el 5% y aproximadamente el 50%, entre aproximadamente el 5% y aproximadamente el 40%, entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 30%, entre aproximadamente el 15% y aproximadamente el 25%, y/u otras proporciones adecuadas con respecto al campo de visión del observador 110 con el microscopio quirúrgico 130. En algunas formas de realización, el observador 110 puede seleccionar el tamaño de la superposición gráfica 210 a través de una entrada de usuario utilizando el dispositivo de entrada 162. El observador 110 puede modificar el tamaño durante el procedimiento quirúrgico. En algunas formas de realización, el dispositivo informático 160 puede determinar y/o modificar automáticamente el tamaño de la superposición gráfica 210. Por ejemplo, el dispositivo informático 160 puede estar configurado para determinar que una maniobra quirúrgica se enfoca en un área relativamente pequeña, tal como cuando el marcador 142 y/o la punta 144 no se ha movido una distancia umbral en un tiempo umbral. El dispositivo informático 160 puede generar datos de visualización asociados con una superposición gráfica 210 que ocupa un mayor porcentaje del campo de visión. El dispositivo de visualización 172 puede proporcionar la mayor superposición gráfica 210 al trayecto óptico del microscopio quirúrgico 130. Cuando el dispositivo informático 160 detecta que una maniobra quirúrgica abarca una distancia mayor dentro del campo de visión, puede reducirse el tamaño de la superposición gráfica 210.

El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 con cualquier forma dentro del campo de visión del microscopio quirúrgico 130. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados. Por ejemplo, la superposición gráfica 210 puede ser un cuadrado, un rectángulo, un polígono, un círculo, una elipse, otras formas adecuadas, y/o combinaciones de los mismos. Las formas de realización ilustradas en las figuras 2, 3, 6b, 7b, 8b, 9a-10b y 16 muestran la superposición gráfica 210 con una forma cuadrada. En algunas formas de realización, un observador 110 puede seleccionar la forma

de la superposición gráfica 210 a través de una entrada de usuario utilizando el dispositivo de entrada 162. El observador 110 puede modificar la forma durante el procedimiento quirúrgico. En algunas formas de realización, el dispositivo informático 160 puede determinar y/o modificar automáticamente la forma de la superposición gráfica 210. La superposición gráfica 210 puede incluir un borde para distinguir la imagen aumentada del campo de visión original del microscopio quirúrgico 130. El observador 110 puede activar y desactivar el borde de manera selectiva, y/o cambiar las características visuales del borde proporcionando una entrada de usuario a través del dispositivo de entrada 162. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados.

El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 en cualquier posición dentro del campo de visión del cirujano con el microscopio quirúrgico 130. Por ejemplo, la superposición gráfica 210 puede estar situada en cualquier esquina, a lo largo del perímetro, separada de las esquinas y/o el perímetro, y/u otras posiciones adecuadas con respecto al campo de visión. Las formas de realización ilustradas en las figuras 2 y 3 muestran que la superposición gráfica 210 puede estar separada del perímetro del campo de visión. Las formas de realización ilustradas en las figuras 6b, 7b, 8b y 10 muestran que la superposición gráfica 210 puede estar situada en una esquina del campo de visión. Las formas de realización ilustradas en las figuras 9a-10b muestran que la superposición gráfica 210 puede estar situada a lo largo de un perímetro del campo de visión. Las formas de realización ilustradas en las figuras 9a-10b también muestran que la superposición gráfica 210 puede estar situada sobre una parte del dispositivo quirúrgico 140.

El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 en una posición fija. Por ejemplo, el observador 110 puede seleccionar la posición fija, tal como la esquina inferior izquierda o cualquier otra posición adecuada, a través de una entrada de usuario utilizando el dispositivo de entrada 162. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados basándose en la señal de entrada recibida desde el dispositivo de entrada 162.

El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 en posiciones diferentes o variables con respecto al campo de visión del cirujano con el microscopio quirúrgico 130. El observador 110 puede seleccionar una posición para la superposición gráfica 210 al inicio del procedimiento quirúrgico y modificar la posición durante el procedimiento quirúrgico, por ejemplo, a través de una entrada de usuario utilizando el dispositivo de entrada 162. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados basándose en la señal de entrada recibida desde el dispositivo de entrada 162.

En algunas formas de realización, el dispositivo informático 160 puede determinar y/o modificar automáticamente la posición de la superposición gráfica 210 de modo que la posición varíe durante el procedimiento quirúrgico. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para identificar y hacer un seguimiento del marcador 142 y la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140 en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152 a medida que el dispositivo quirúrgico 140 se mueve en el campo quirúrgico 122. El dispositivo informático 160 puede generar datos de visualización relativos a la posición de la superposición gráfica 210 en respuesta a la posición determinada del marcador 142 y/o la punta 144. El dispositivo de visualización 172 puede proporcionar la superposición gráfica 210 en las diferentes posiciones de modo que el movimiento de la superposición gráfica 210 corresponda al movimiento del marcador 142 y/o la punta 144. Por ejemplo, en las figuras 9a-9d, la superposición gráfica 210 está situada próxima a, aunque separada de, el marcador 142 y/o la punta 144. La superposición gráfica 210 puede moverse con el dispositivo quirúrgico 210. Con un posicionamiento de este tipo, la superposición gráfica 210 puede cubrir una parte del dispositivo quirúrgico 140. Normalmente esto no afecta al procedimiento quirúrgico porque el observador 110 utiliza la punta 144, que puede permanecer sin tapar por la superposición gráfica 210, para realizar el procedimiento. La superposición gráfica 210 puede estar situada en una posición opuesta, con respecto al marcador 142 y/o la punta 144, dentro del campo de visión del microscopio quirúrgico 130. Por ejemplo, si el dispositivo informático 160 determina que el marcador 142 y/o la punta 144 están situados en una esquina inferior derecha del campo de visión, la superposición gráfica 210 puede estar situada en la esquina superior izquierda. La superposición gráfica 210 puede moverse a una posición opuesta a medida que se mueve la punta 144. El observador 110 puede seleccionar y/o cambiar entre posiciones fijas y variables para la superposición gráfica 210 a través de una entrada de usuario utilizando el dispositivo de entrada 162. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados basándose en la señal de entrada recibida desde el dispositivo de entrada 162.

El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 de una manera transparente de modo que el campo quirúrgico 122 pueda verse a través de la superposición gráfica 210. Las figuras 10a y 10b pueden ilustrar la misma anatomía con la superposición gráfica 210 situada sobre una parte del disco óptico 206. En la figura 10a, la superposición gráfica 210 puede ser opaca. La parte del disco óptico 206 puede taparse por la superposición gráfica 210, como se muestra en la región 220. En la figura 10b, la superposición gráfica 210 puede ser transparente. La parte del disco óptico 206 es visible a través de la superposición gráfica 210, como se muestra en la región 220. De este modo, todo el campo quirúrgico 122 así como la superposición gráfica 210 pueden visualizarse simultáneamente utilizando el microscopio quirúrgico. El observador 110 puede activar/desactivar la transparencia para la superposición gráfica 210 a través de una entrada de usuario utilizando el dispositivo de entrada 162. El observador 110 también puede seleccionar un nivel para la transparencia, tal como entre aproximadamente el 1% y aproximadamente el 99%, entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 90%, entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 80%, entre aproximadamente el 30% y aproximadamente el 70%, y/u otros valores

adecuados. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados basándose en la señal de entrada recibida desde el dispositivo de entrada 162. El dispositivo de visualización 172 puede estar configurado para proporcionar la superposición gráfica 210 en color mientras que el campo de visión del fondo, más amplio se proporciona en escala de grises. Tal configuración puede proporcionar un contraste adicional entre la imagen aumentada del área de interés en la superposición gráfica 210 y el campo de visión más amplio con el microscopio quirúrgico 130. El dispositivo informático 160 puede estar configurado para generar datos de visualización asociados.

La figura 11 es un diagrama esquemático del sistema de visualización oftálmica 100 que puede incluir dos dispositivos de formación de imágenes 152. Ambos dispositivos de formación de imágenes 152 pueden estar configurados para adquirir imágenes del campo quirúrgico y transmitir las imágenes al dispositivo informático 160. La calidad de las imágenes adquiridas por los dos dispositivos de formación de imágenes 152 puede ser diferente. Por ejemplo, uno de los dispositivos de formación de imágenes 152 puede ser una cámara de resolución estándar, mientras que el otro de los dispositivos de formación de imágenes 152 puede ser una cámara de alta definición. La cámara de resolución estándar puede estar configurada para adquirir imágenes de resolución relativamente menor del campo quirúrgico 122, mientras que la cámara de alta definición puede estar configurada para adquirir imágenes de resolución relativamente mayor. En otro ejemplo, ambos dispositivos de formación de imágenes 152 pueden ser las mismas cámaras o cámaras similares, estando una configurada para adquirir imágenes de resolución relativamente menor y estando configurada la otra para adquirir imágenes de resolución relativamente mayor. El dispositivo informático 160 puede utilizar las imágenes de menor resolución para identificar el área de interés, tal como el marcador 142 y/o la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140. Basándose en el área de interés identificada en las imágenes de menor resolución, el dispositivo informático 160 puede estar configurado para identificar la ubicación correspondiente en las imágenes de mayor resolución. Pueden utilizarse las imágenes de mayor resolución para generar la superposición gráfica 210. Por ejemplo, el dispositivo informático 160 puede realizar un *zoom* digital en la imagen de alta resolución para generar una imagen aumentada del área de interés para la superposición gráfica 210.

La eficacia del sistema de visualización oftálmica 100 puede mejorarse desacoplando el seguimiento del área de interés de la generación de la superposición gráfica 210. Por ejemplo, uno de los dispositivos de formación de imágenes 152 puede formar parte del módulo de seguimiento 180 y el otro de los dispositivos de formación de imágenes 152 puede formar parte del módulo de aumento 190. El dispositivo de formación de imágenes 152 puede transferir rápidamente las imágenes de menor resolución al dispositivo informático 160, que puede procesar rápidamente las imágenes de menor resolución de modo que se haga un seguimiento del área de interés en tiempo real. Además, al hacer *zoom* en las imágenes de mayor resolución, la superposición gráfica 210 puede incluir imágenes de calidad incluso mayor del área de interés, a pesar de cualquier disminución de la resolución producida por el *zoom*.

La figura 12 es un diagrama esquemático del sistema de visualización oftálmica 100 en el que al menos uno de los dispositivos de formación de imágenes 152 puede incluir componentes de *zoom* óptico 154. Los componentes de *zoom* óptico 154 pueden incluir una o varias lentes que pueden moverse una respecto a la otra para ajustar el aumento y/o campo de visión del dispositivo de formación de imágenes 152. El dispositivo de formación de imágenes 152 y los componentes de *zoom* óptico 154 pueden formar parte del módulo de aumento 190. El módulo de aumento 190 también puede incluir otros componentes eléctricos, electromecánicos, mecánicos y/u ópticos para facilitar las características descritas en el presente documento. Por ejemplo, el módulo de aumento 190 puede incluir varios componentes (por ejemplo, un sistema de suspensión, un marco mecánico, un brazo saliente, una estructura cónica, un elemento magnético, un elemento elástico, y un elemento de plástico, etc.) configurados para proporcionar a al menos una parte del dispositivo de formación de imágenes 152 uno o varios grados de libertad de rotación y/o traslación. Por tanto, el dispositivo informático 160 puede controlar activamente el campo de visión del dispositivo de formación de imágenes 152 proporcionando señales de control a los componentes que mueven el dispositivo de formación de imágenes 152 y/o ajustan los componentes de *zoom* óptico 154. Puede modificarse el *zoom* óptico, la posición y/u orientación del dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190 de modo que el dispositivo de formación de imágenes 152 esté configurado para adquirir imágenes del área de interés. Pueden proporcionarse componentes de *zoom* óptico 154 para ambos dispositivos de formación de imágenes 152.

Durante el uso del sistema de visualización oftálmica 100 de la figura 12, el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de seguimiento 180 puede adquirir imágenes del campo quirúrgico 122. El dispositivo informático 160 puede utilizar las imágenes adquiridas para identificar el área de interés, tal como el marcador 142 y/o la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140. Basándose en el área de interés identificada en las imágenes adquiridas, el dispositivo informático 160 puede estar configurado para proporcionar una señal de control a los componentes en el módulo de aumento 190 para ajustar el *zoom* óptico, la posición y/o la orientación del dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190 para adquirir imágenes del área de interés (en lugar de todo el campo quirúrgico 122). El dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190 puede ser móvil y/o los componentes de *zoom* óptico 154 pueden ser ajustables para hacer un seguimiento del área de interés a medida que cambia de posición, tal como cuando se mueve la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140. Pueden utilizarse las imágenes resultantes del área de interés para generar la superposición gráfica 210. Por ejemplo, el dispositivo informático 160 puede utilizar las imágenes del dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190 para la superposición gráfica 210 sin realizar un *zoom* digital porque las imágenes adquiridas se aumentan ópticamente y/o enfocan en el área de interés.

Puede mejorarse la calidad de las imágenes proporcionadas en la superposición gráfica 210 del sistema de visualización oftálmica 100 incluyendo componentes de *zoom* 154 y permitiendo un control activo de la posición y/u orientación del dispositivo de formación de imágenes 152. Adquiriendo imágenes con *zoom* óptico del área de interés, pueden utilizarse las imágenes para la superposición gráfica 210 con mayor resolución en comparación con hacer *zoom* en una imagen de campo de visión más amplio.

La figura 13 es un diagrama esquemático del sistema de visualización oftálmica 100 en el que el microscopio quirúrgico 130 es un microscopio digital. El observador 110 puede observar el campo de visión del microscopio quirúrgico 130 y/o la superposición gráfica 210 utilizando el dispositivo de visualización 172. A este respecto, el dispositivo de visualización 172 puede ser un dispositivo de visualización externo de modo que el observador 110 pueda ver el campo quirúrgico 122 y/o la superposición gráfica 210 en una pantalla u otra área de visualización adecuada, además y/o en lugar de mirar a través del ocular 136. El dispositivo de visualización 172 puede ser un dispositivo de visualización en dos dimensiones (2D) configurado para proporcionar imágenes en dos dimensiones, tal como un dispositivo de proyección y/o un monitor (por ejemplo, monitor de pantalla plana o de panel plano). El dispositivo de visualización 172 puede estar integrado con el microscopio quirúrgico 130 y/o un componente independiente. El dispositivo de visualización 172 puede ser un dispositivo de visualización en tres dimensiones (3D) configurado para proporcionar imágenes en tres dimensiones y/o representaciones en dos dimensiones de objetos tridimensionales. Por ejemplo, un monitor 3D comercial, una televisión en 3D, etc., pueden implementarse como dispositivo de visualización 172. Con un par de gafas 3D, el observador 110 puede ver una vista estereoscópica similar a la de un microscopio óptico. Puede utilizarse un proyector 3D para proporcionar una vista en 3D como en el cine del campo quirúrgico 122. Además, puede implementarse una pantalla 3D sin necesidad de gafas basándose en un efecto/efectos holográfico(s). El dispositivo informático 260 puede proporcionar una visualización en dos o tres dimensiones del campo quirúrgico 122 y/o la superposición gráfica 210 a un dispositivo ponible, tal como una pantalla óptica montada en la cabeza, unas gafas inteligentes (por ejemplo, Google Glass), etc. El dispositivo informático 160 recibe datos desde el/los dispositivo(s) de formación de imágenes 152, determina el área de interés, y a continuación proporciona un flujo de vídeo compuesto al proyector/pantalla 3D, en el que se incluyen tanto el campo de visión original como una vista aumentada del área de interés. El ocular 136 puede retirarse del microscopio quirúrgico 130. El proyector/pantalla 3D puede montarse en el microscopio quirúrgico 130 delante del ojo del observador 110 para implementar una pantalla de visualización frontal.

La figura 14 es un diagrama de flujo de un método 1400 para visualizar un procedimiento oftálmico. El método 1400 puede entenderse mejor con referencia a las figuras 15-17. El método 1400 puede incluir instrucciones de ordenador ejecutables por un procesador, tal como un procesador del dispositivo informático 160. Como se ilustra, el método 1400 incluye varias etapas enumeradas, aunque las formas de realización del método 1400 pueden incluir etapas adicionales antes, después y entre las etapas enumeradas. En algunas formas de realización, una o varias de las etapas enumeradas pueden combinarse, omitirse o realizarse en un orden diferente.

El método 1400 puede incluir, en la etapa 1410, recibir imágenes del campo quirúrgico 122 adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152. En la figura 15 se muestra una imagen a modo de ejemplo del campo quirúrgico 122, incluyendo el dispositivo quirúrgico 140 y anatomía diversa tal como el vaso sanguíneo 204 y el disco óptico 206. El método 1400 puede incluir, en la etapa 1420, identificar un área de interés en el campo quirúrgico 122 basándose en las imágenes. Por ejemplo, la identificación del área de interés puede incluir identificar, en las imágenes, al menos una parte del dispositivo quirúrgico 140 dispuesta en el campo quirúrgico 122. La al menos una parte del dispositivo quirúrgico 140 puede identificarse en las imágenes a medida que la al menos una parte del dispositivo quirúrgico 140 se mueve en el campo quirúrgico 122.

Como se muestra en la figura 16, el dispositivo informático 160 puede identificar el marcador 142 y/o la punta 144 del dispositivo quirúrgico 140. El área de interés 310 puede ser un área alrededor del marcador 142 y/o la punta 144. El área puede definirse por un tamaño y una forma alrededor del marcador 142 y/o la punta 144. El área de interés 310 puede tener diversas formas incluyendo un cuadrado, rectángulo, polígono, círculo, elipse, otras formas adecuadas, y/o combinaciones de los mismos. El tamaño del área de interés 310 puede estar entre aproximadamente el 1% y aproximadamente el 50%, entre aproximadamente el 5% y aproximadamente el 40%, entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 33%, entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 25%, y/u otras proporciones adecuadas con respecto al campo de visión total utilizando el microscopio quirúrgico 130. La forma y/o el tamaño del área de interés 310 puede ajustarlos el observador 110 utilizando, por ejemplo, el dispositivo de entrada 162. Al dispositivo de visualización 172 pueden proporcionarse datos de visualización asociados con el límite del área de interés 310 de modo que el límite sea visible utilizando el microscopio quirúrgico 130. El límite del área de interés 310 puede ser representativo de las etapas de procesamiento llevadas a cabo por el dispositivo informático 160 de modo que el contorno no sea visible utilizando el microscopio quirúrgico 130. El dispositivo informático 160 puede generar datos de visualización asociados con el indicador 146 proporcionados para avisar al observador 110 de que se está haciendo un seguimiento del dispositivo quirúrgico 140.

El método 1400 puede incluir, en la etapa 1430, generar una superposición gráfica 210. La superposición gráfica 210 puede incluir una imagen aumentada del área de interés. El método 1400 puede incluir, en la etapa 1440, proporcionar la superposición gráfica 210 al dispositivo de visualización 172. El dispositivo de visualización 172 puede estar en

comunicación con el microscopio quirúrgico 130 configurado para formar una imagen del campo quirúrgico 122. La superposición gráfica 210 puede ser visible utilizando el microscopio quirúrgico 130, como se muestra en la figura 17. La superposición gráfica 210 puede estar situada sobre al menos una parte de un campo de visión del microscopio quirúrgico 130. La imagen aumentada del área de interés puede generarse utilizando datos de imagen del mismo dispositivo de formación de imágenes 152 utilizado para identificar el área de interés (etapa 1420) o un dispositivo de formación de imágenes 152 diferente. Por ejemplo, la generación de la superposición gráfica 210 puede incluir generar la superposición gráfica 210 basándose en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152, tal como el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de seguimiento y aumento 150 (figura 1) o el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de seguimiento 180 (figuras 11 y 12).

El método 1400 puede incluir recibir imágenes del campo quirúrgico 122 adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152, tal como el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190. La generación de la superposición gráfica 210 puede incluir generar la superposición gráfica 210 basándose en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de proyección 170. El método 1400 puede incluir proporcionar una señal de control para mover al menos una parte del dispositivo de formación de imágenes 152, tal como el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190. El dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190 puede adquirir imágenes del área de interés 310. El método 1400 puede incluir recibir imágenes del área de interés 310 adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190. La generación de la superposición gráfica 210 puede incluir generar la superposición gráfica 210 basándose en las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 152 del módulo de aumento 190.

Proporcionar la visualización gráfica 210 puede incluir proporcionar la superposición gráfica 210 en una posición fija cuando se ve utilizando el microscopio quirúrgico 130. Proporcionar la superposición gráfica 210 puede incluir proporcionar la superposición gráfica 210 en diferentes posiciones cuando se ve utilizando el microscopio quirúrgico. Proporcionar la superposición gráfica incluye proporcionar la superposición gráfica 210 de modo que el movimiento de la superposición gráfica 210 corresponda al movimiento de la al menos una parte del dispositivo quirúrgico 140, tal como el marcador 142 y/o la punta 144. Proporcionar la superposición gráfica 210 incluye proporcionar la superposición gráfica 210 de una manera transparente de modo que el campo quirúrgico 122 sea visible a través de la superposición gráfica 210 utilizando el microscopio quirúrgico 130.

Las formas de realización tal como se describen en el presente documento pueden proporcionar dispositivos, sistemas y métodos que faciliten un gran aumento de un área de interés permitiendo al mismo tiempo un campo de visión amplio durante un procedimiento quirúrgico. Los ejemplos proporcionados anteriormente son sólo a modo de ejemplo y no pretenden ser limitativos. Un experto en la técnica puede concebir fácilmente otros sistemas según las formas de realización dadas a conocer que se pretende que estén dentro del alcance de esta divulgación. Así, la solicitud está limitada sólo por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de visualización oftálmica (100), que comprende:

5 un primer dispositivo de formación de imágenes (152) configurado para adquirir primeras imágenes de un campo quirúrgico (122);

10 un dispositivo informático (160) en comunicación con el primer dispositivo de formación de imágenes y configurado para determinar una punta (144) de un instrumento quirúrgico (140) en el campo quirúrgico basándose en las primeras imágenes;

15 un segundo dispositivo de formación de imágenes (152) en comunicación con el dispositivo informático, en el que el segundo dispositivo de formación de imágenes incluye componentes de *zoom* óptico (154) y está configurado para adquirir imágenes de la punta (144) del instrumento quirúrgico; y

20 un primer dispositivo de visualización (172) en comunicación con el dispositivo informático y un microscopio quirúrgico (130) configurado para formar una imagen del campo quirúrgico, en el que el primer dispositivo de visualización está configurado para proporcionar una superposición gráfica (210) sobre al menos una parte de un campo de visión del microscopio quirúrgico, y en el que la superposición gráfica incluye una imagen aumentada de la punta del instrumento quirúrgico en un área alrededor de la ubicación del instrumento quirúrgico,

25 en el que el dispositivo informático (160) está configurado además para hacer que el segundo dispositivo de formación de imágenes maniobre centrado en la ubicación de la punta del instrumento quirúrgico a medida que el instrumento quirúrgico (140) se mueve en el campo quirúrgico (122).

2. El sistema según la reivindicación 1, en el que el dispositivo informático (160) está configurado para determinar la ubicación de la punta (144) del instrumento quirúrgico (140) identificando, en las primeras imágenes, al menos una parte del instrumento quirúrgico dispuesta en el campo quirúrgico.

30 3. El sistema según la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de visualización (172) está configurado para proporcionar la superposición gráfica (210) de modo que la superposición gráfica sea visible en una posición fija con respecto al campo de visión del microscopio quirúrgico.

35 4. El sistema según la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de visualización (172) está configurado para proporcionar la superposición gráfica (210) de modo que la superposición gráfica sea visible en posiciones variables con respecto al campo de visión del microscopio quirúrgico.

5. El sistema según la reivindicación 4, en el que:

40 el dispositivo informático (160) está configurado para identificar al menos una parte del instrumento quirúrgico en las primeras imágenes a medida que la al menos una parte del instrumento quirúrgico se mueve en el campo quirúrgico; y

45 el primer dispositivo de visualización (172) está configurado para proporcionar la superposición gráfica de modo que el movimiento de la superposición gráfica corresponda al movimiento de la al menos una parte del instrumento quirúrgico.

50 6. El sistema según la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de visualización (172) está configurado para proporcionar la superposición gráfica (210) de una manera transparente de modo que el campo quirúrgico sea visible a través de la superposición gráfica utilizando el microscopio quirúrgico.

7. El sistema según la reivindicación 1, en el que el dispositivo informático (160) está configurado para generar la superposición gráfica (210) basándose en las primeras imágenes.

55 8. El sistema según la reivindicación 1, en el que el dispositivo informático (160) está configurado para:

determinar el área de interés identificando, en las primeras imágenes, al menos una parte del instrumento quirúrgico dispuesta en el campo quirúrgico;

60 recibir imágenes de la punta del instrumento quirúrgico adquiridas por el segundo dispositivo de formación de imágenes; y

generar la superposición gráfica basándose en las imágenes de la punta del instrumento quirúrgico.

65 9. El sistema según la reivindicación 1, en el que:

el dispositivo informático (160) está configurado para determinar la punta del instrumento quirúrgico en las primeras imágenes identificando al menos una parte del instrumento quirúrgico a medida que la al menos una parte del instrumento quirúrgico se mueve en el campo quirúrgico; y

5 al menos una parte del segundo dispositivo de formación de imágenes puede moverse de modo que el segundo dispositivo de formación de imágenes pueda adquirir las imágenes de la punta del instrumento quirúrgico a medida que la al menos una parte del instrumento quirúrgico se mueve en el campo quirúrgico.

10. El sistema según la reivindicación 1, que comprende, además:

10 un segundo dispositivo de visualización en comunicación con el dispositivo informático y el microscopio quirúrgico, en el que el microscopio quirúrgico (130) comprende un microscopio estereoscópico, y en el que el primer dispositivo de visualización y el segundo dispositivo de visualización están asociados con diferentes trayectos ópticos del microscopio estereoscópico.

15 11. El sistema según la reivindicación 1, en el que al menos uno del primer dispositivo de formación de imágenes y el primer dispositivo de visualización está acoplado de manera retirable al microscopio quirúrgico (130).

20 12. El sistema según la reivindicación 1, en el que el microscopio quirúrgico (130) comprende un microscopio óptico de modo que el campo de visión del microscopio quirúrgico y la superposición gráfica puedan observarse a través de un ocular del microscopio óptico.

25 13. El sistema según la reivindicación 1, en el que el microscopio quirúrgico (130) comprende un microscopio digital y el primer dispositivo de visualización comprende un dispositivo de visualización externo configurado para proporcionar al menos imágenes en dos dimensiones e imágenes en tres dimensiones, y en el que el campo de visión del microscopio quirúrgico y la superposición gráfica pueden observarse utilizando el dispositivo de visualización externo.

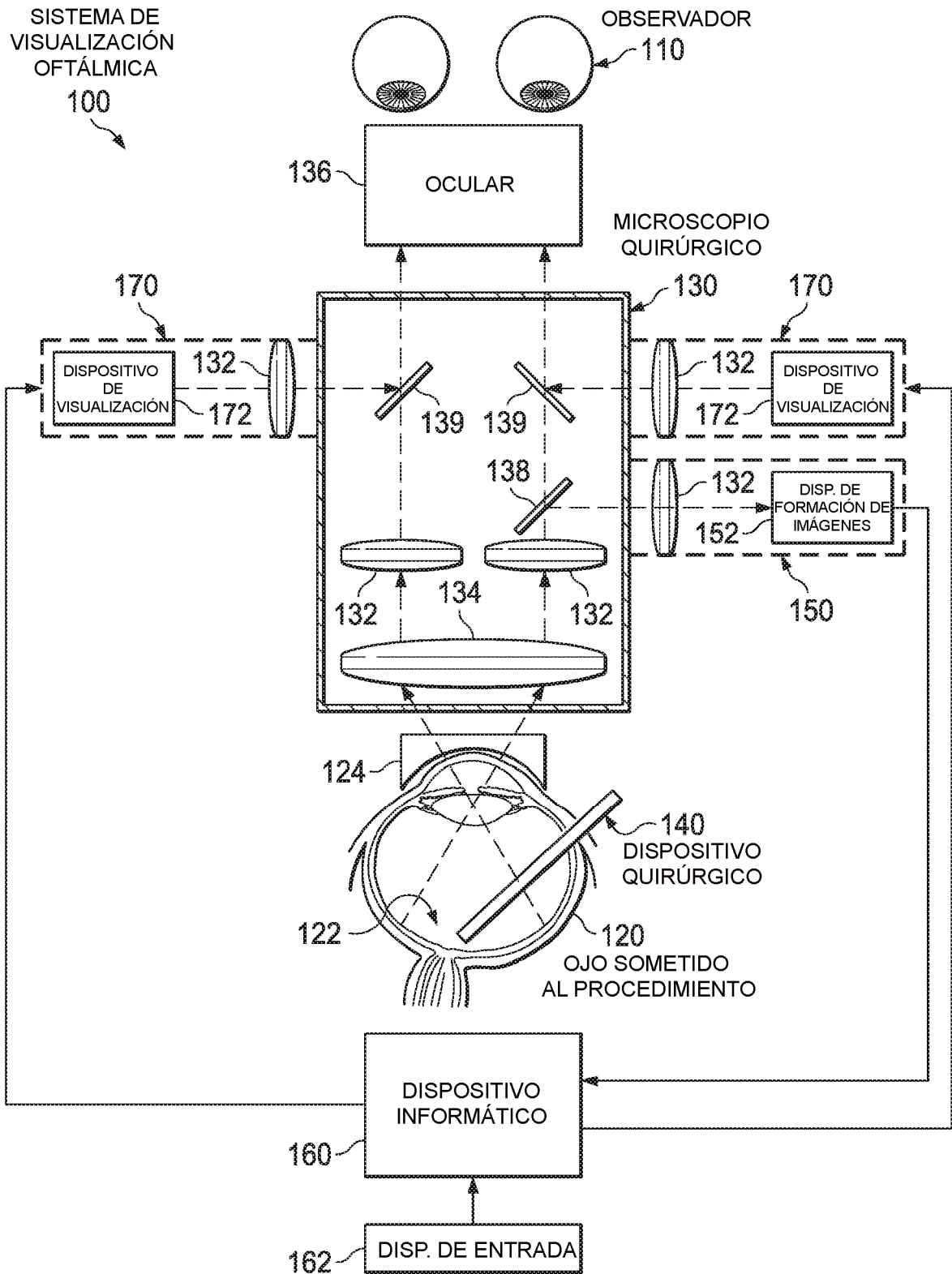


Fig. 1

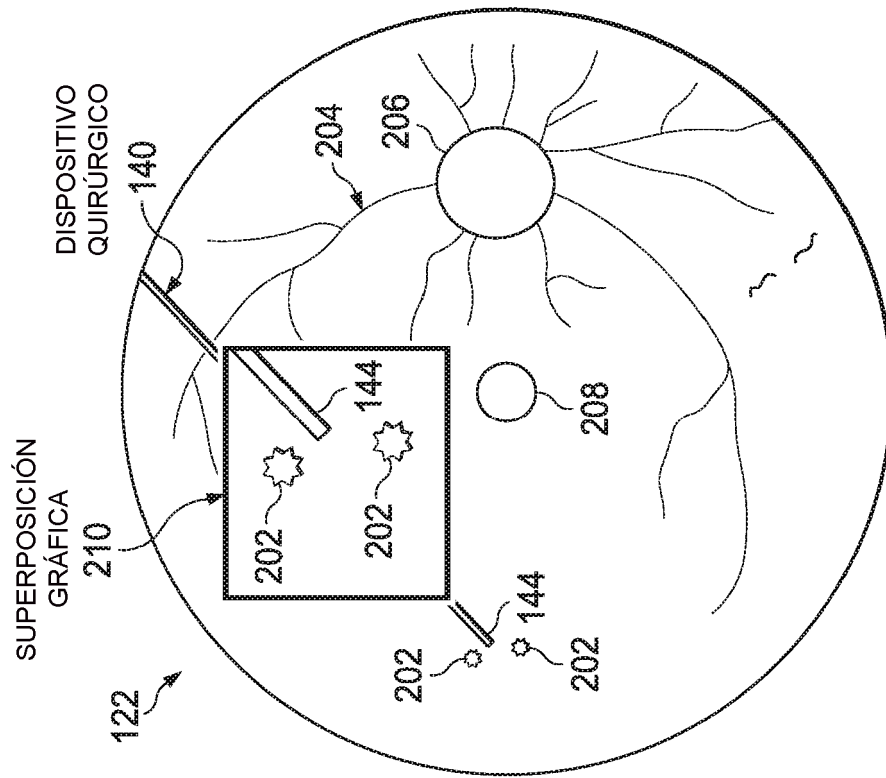


Fig. 2

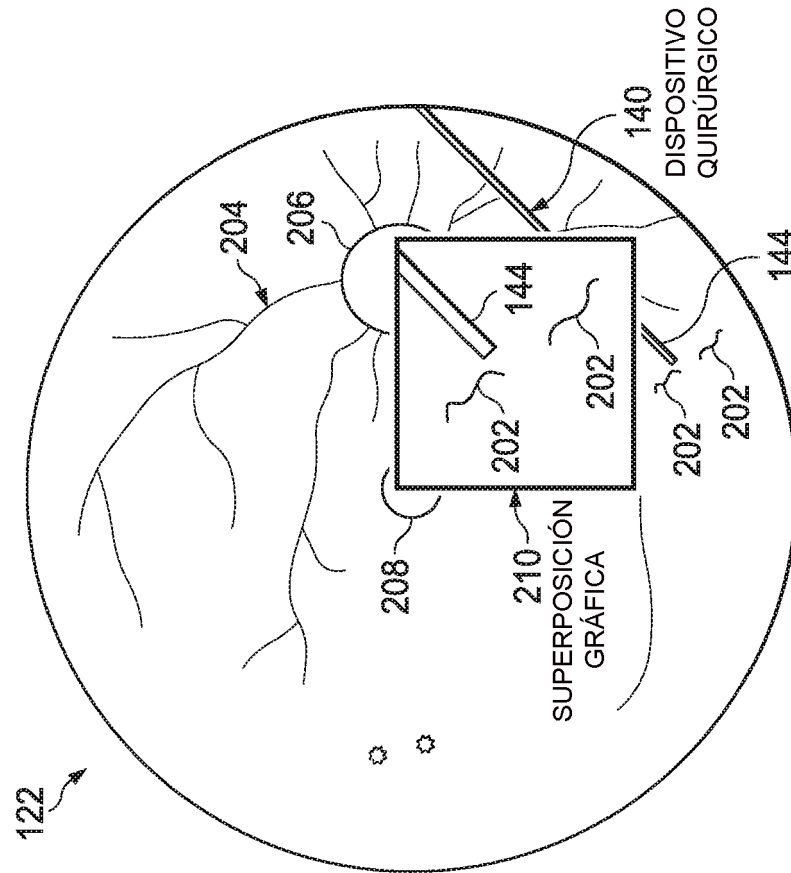


Fig. 3

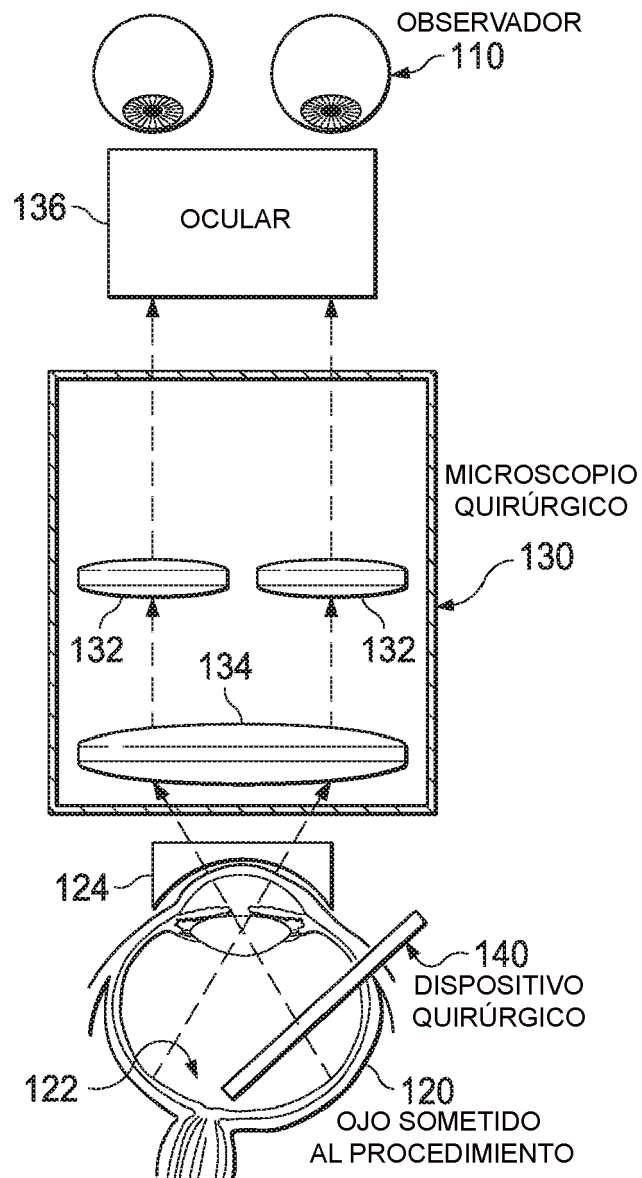


Fig. 4

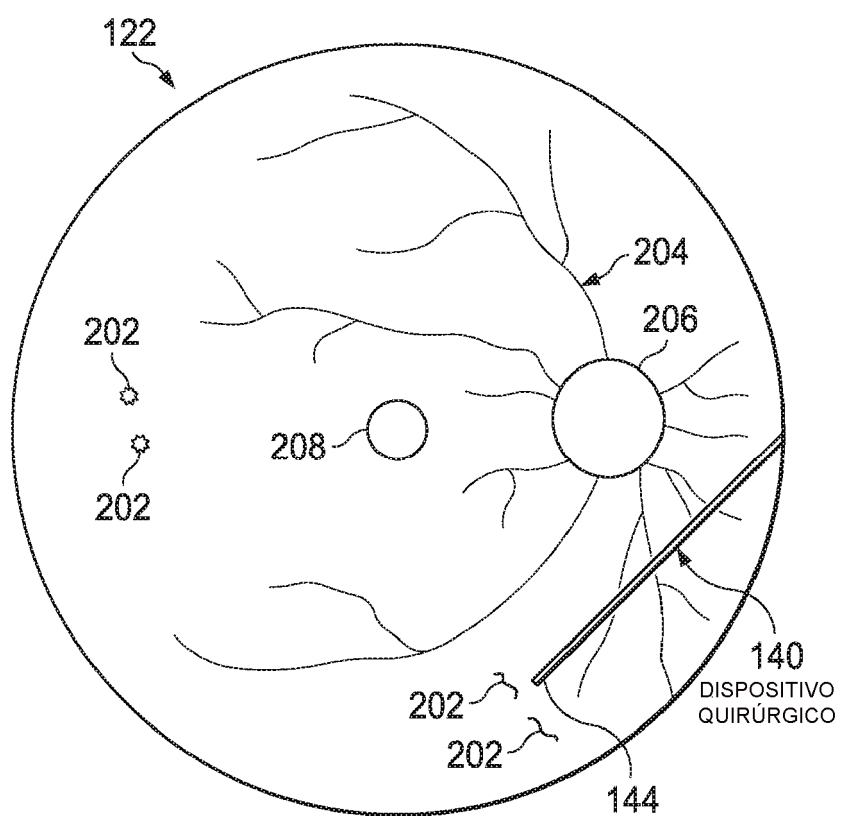


Fig. 5

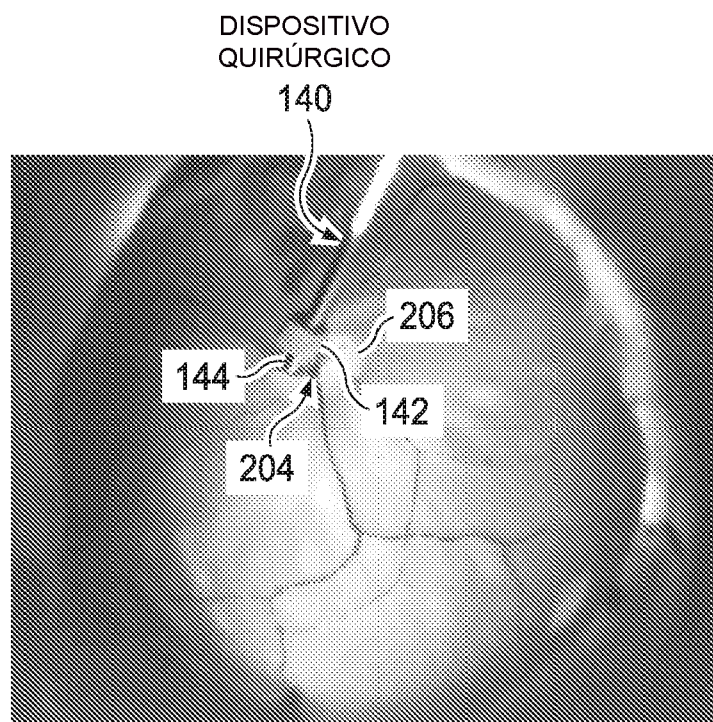


Fig. 6a

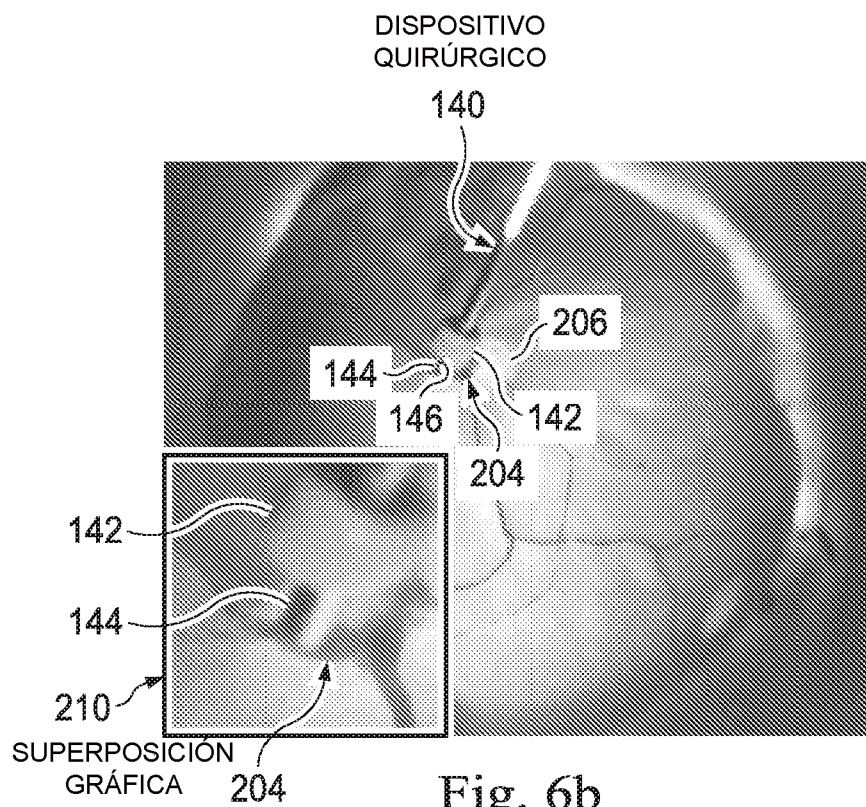


Fig. 6b

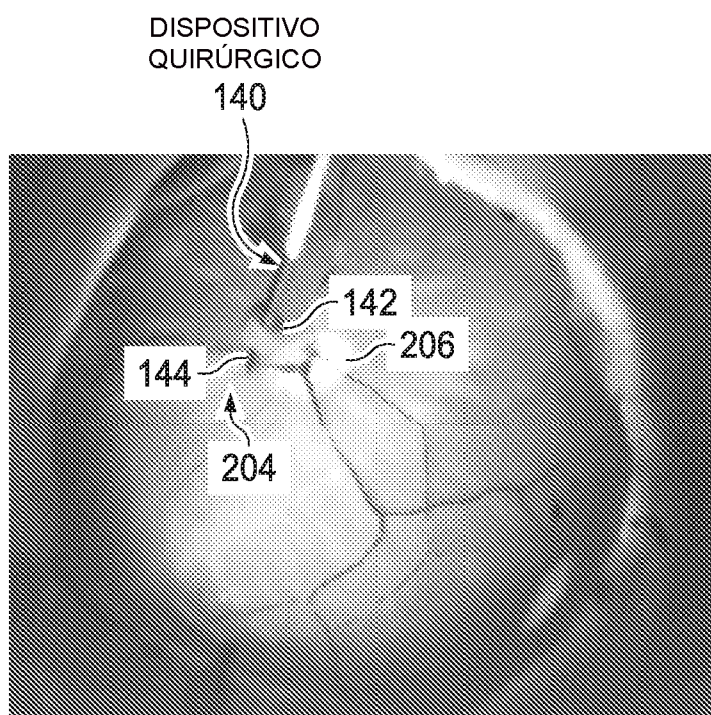


Fig. 7a

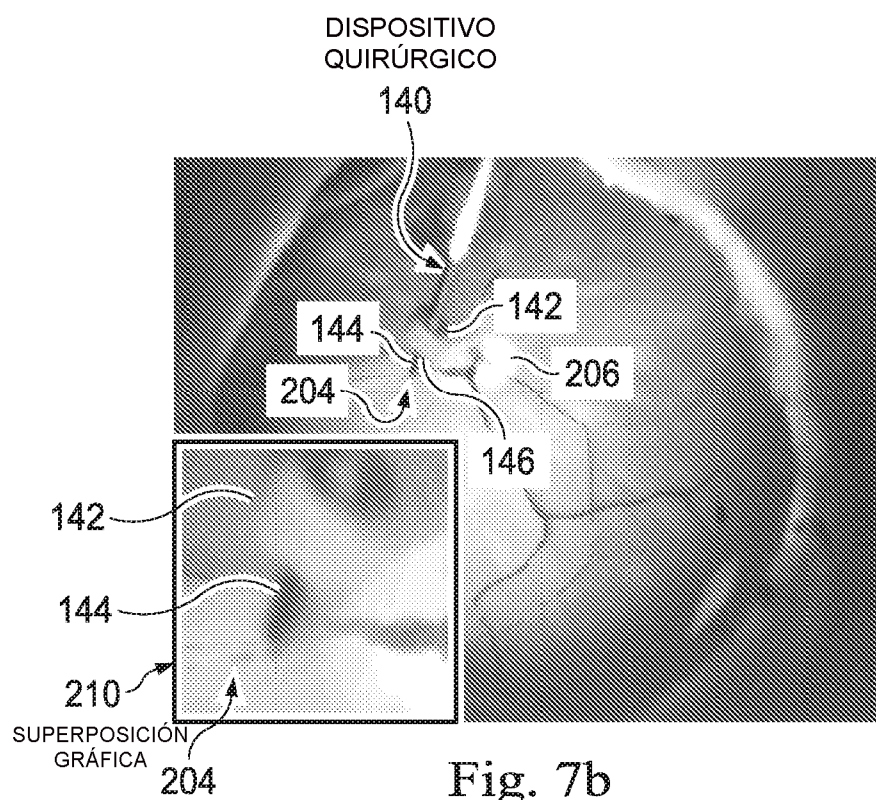


Fig. 7b

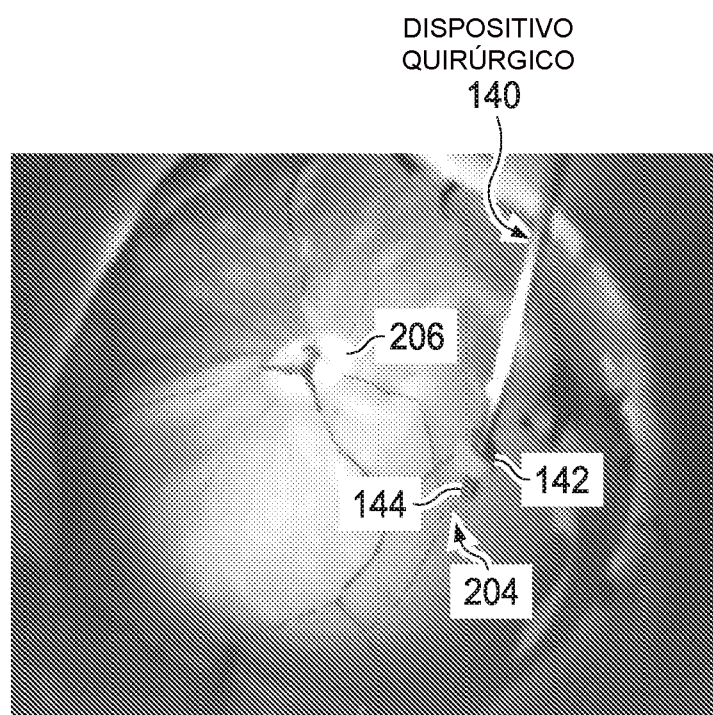


Fig. 8a

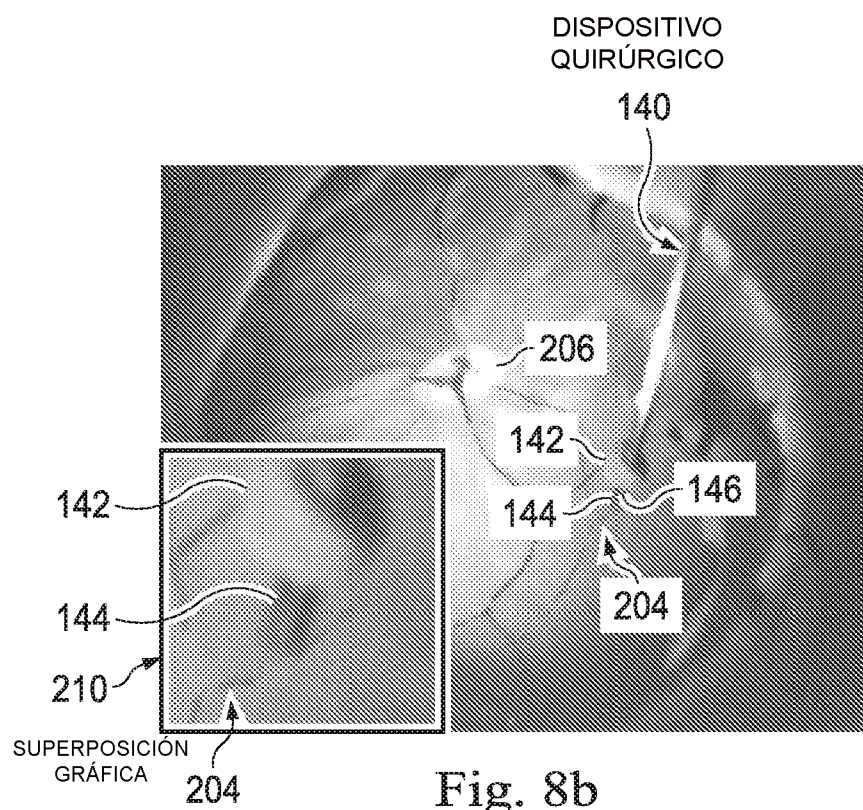


Fig. 8b

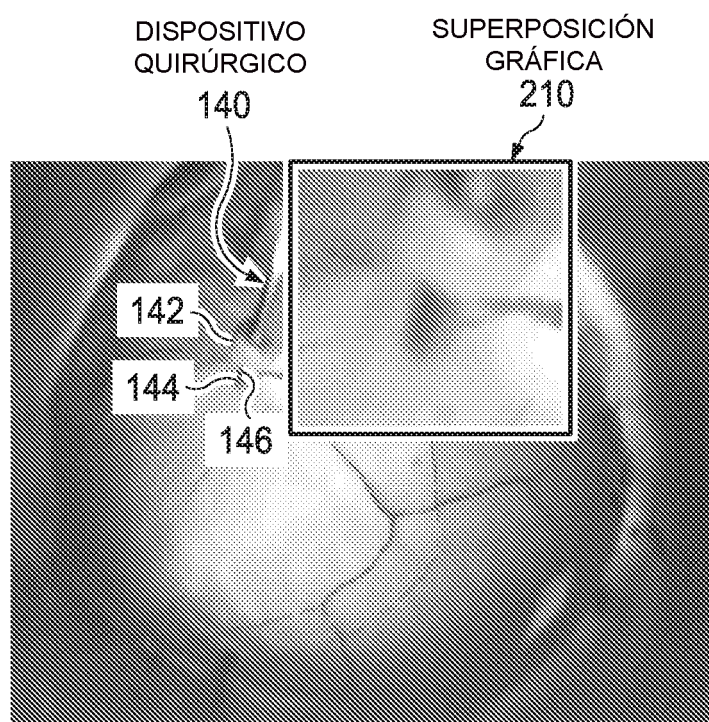


Fig. 9a

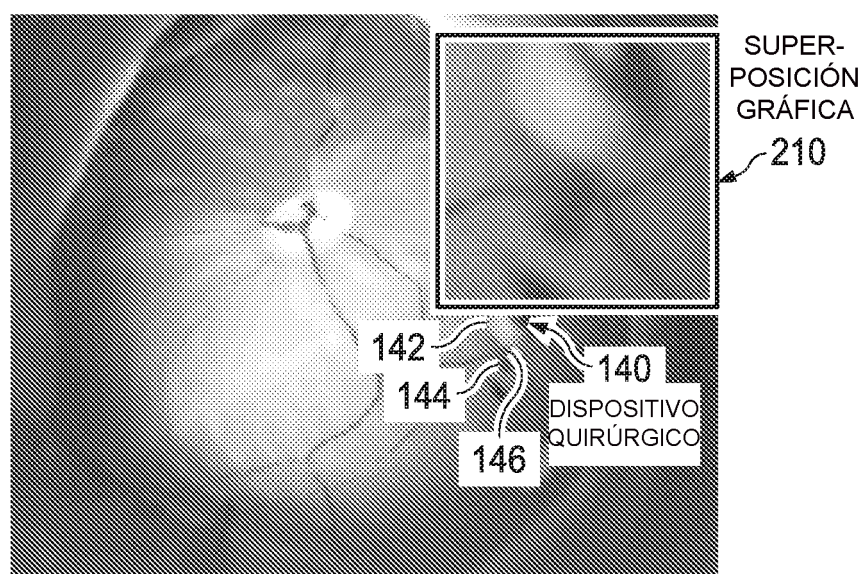


Fig. 9b

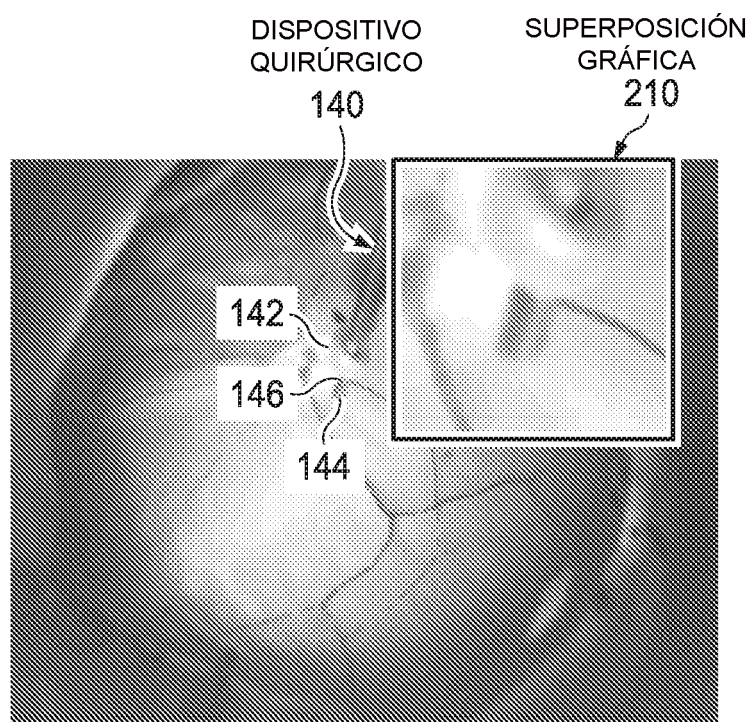


Fig. 9c

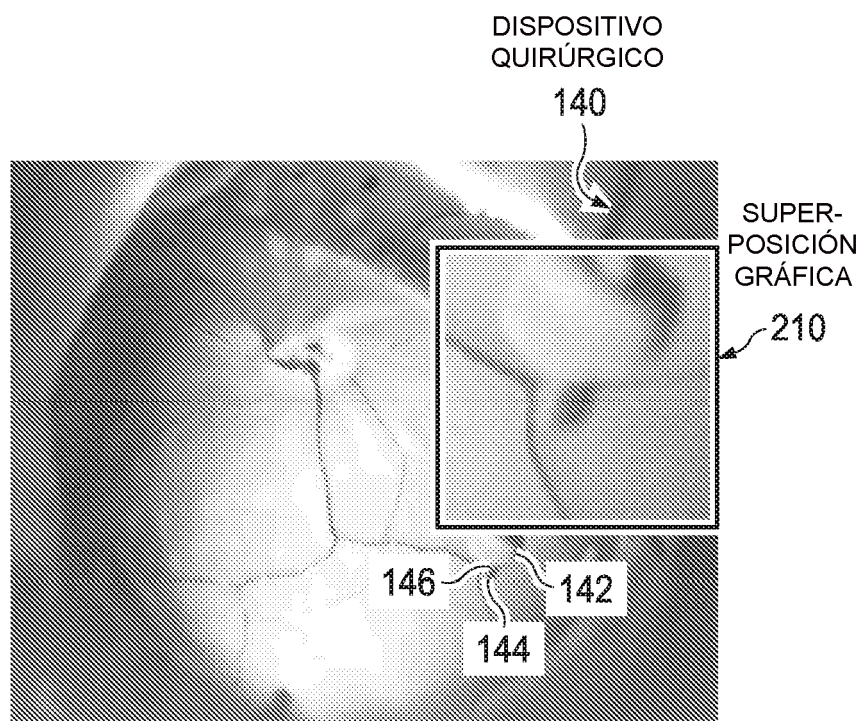


Fig. 9d

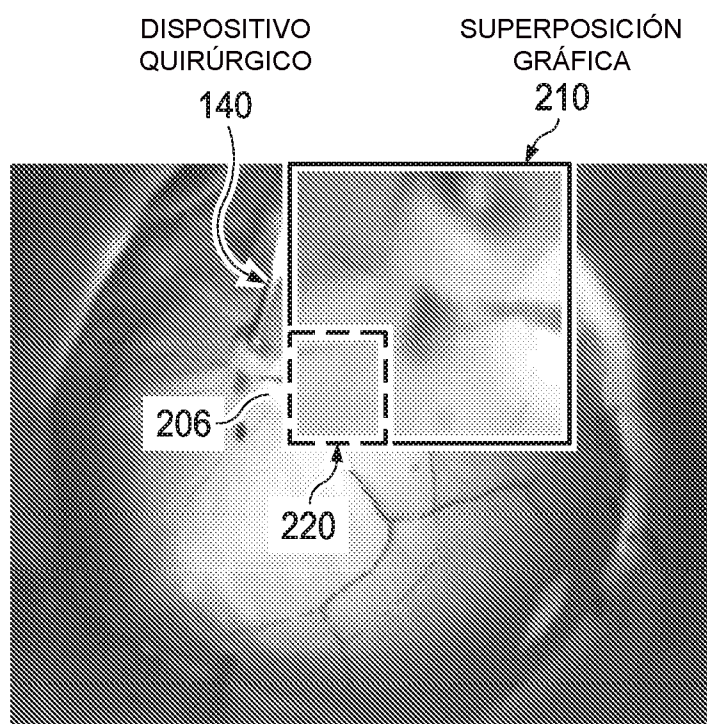


Fig. 10a

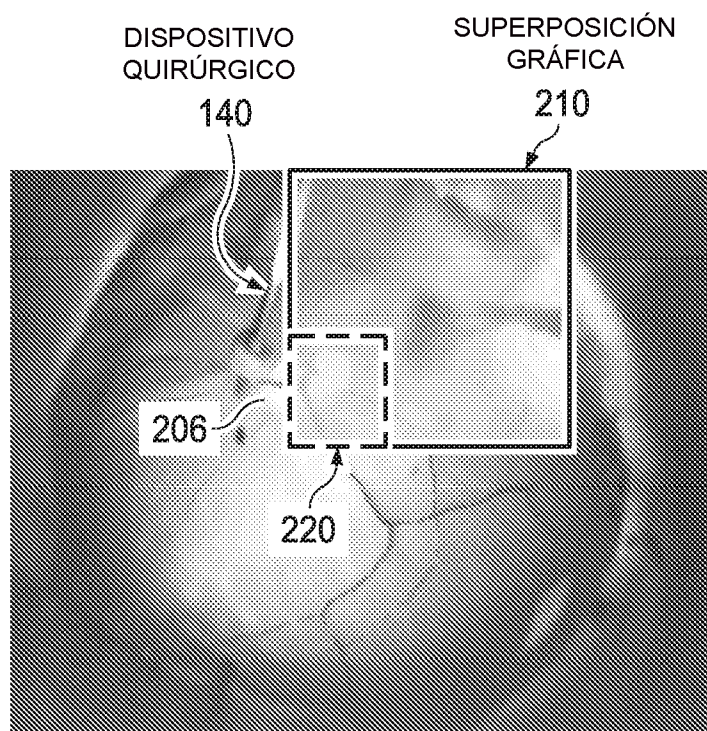


Fig. 10b

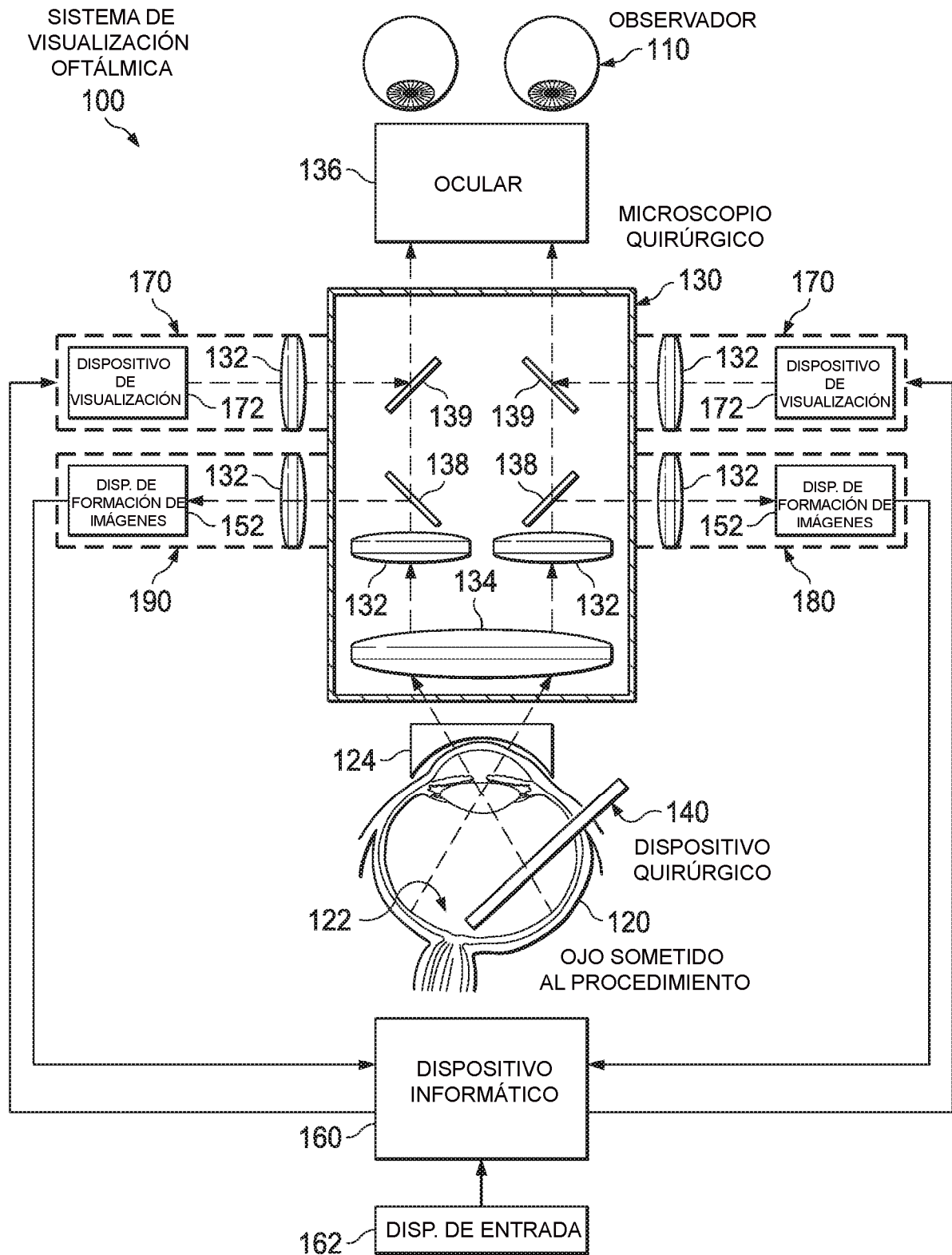


Fig. 11

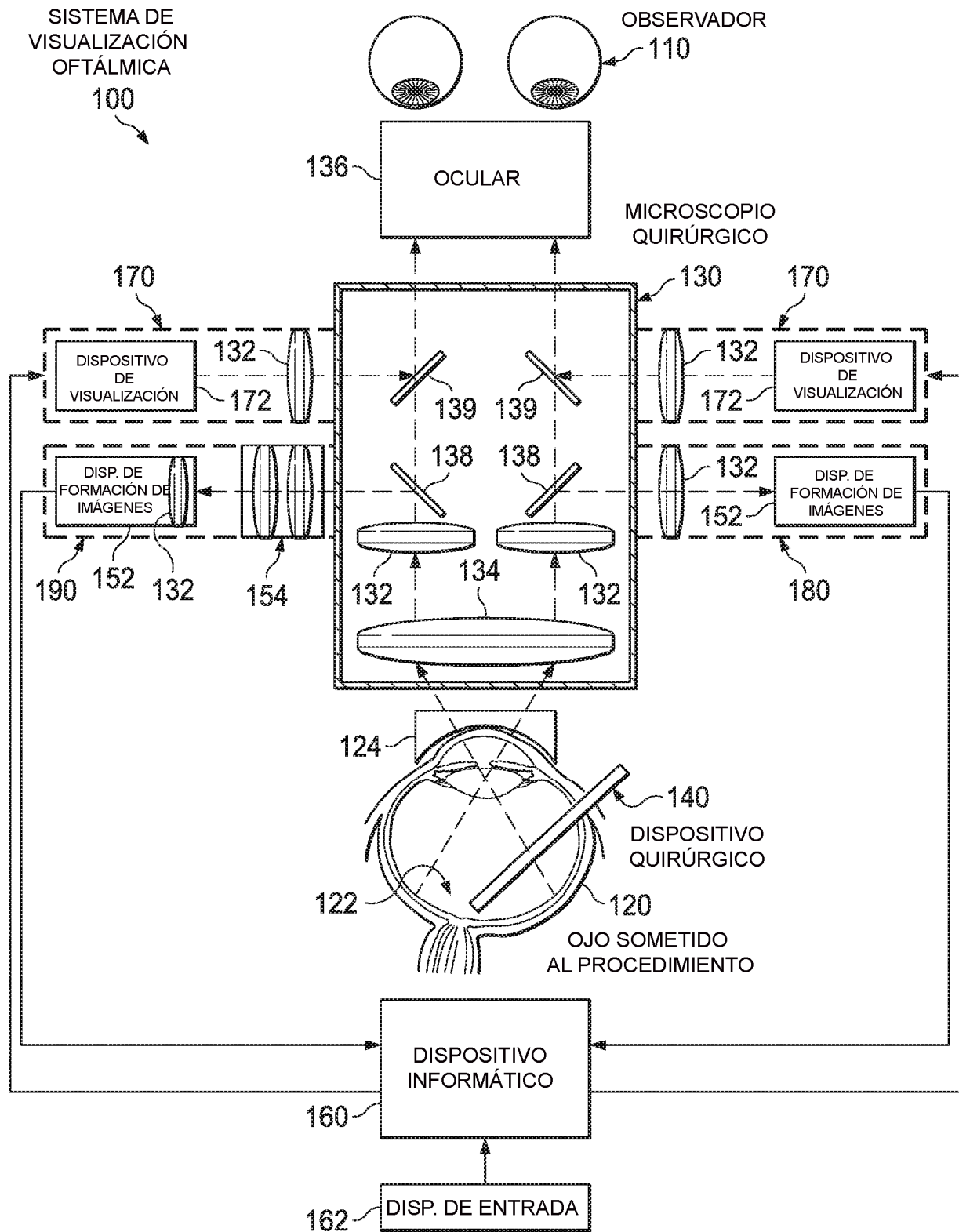


Fig. 12

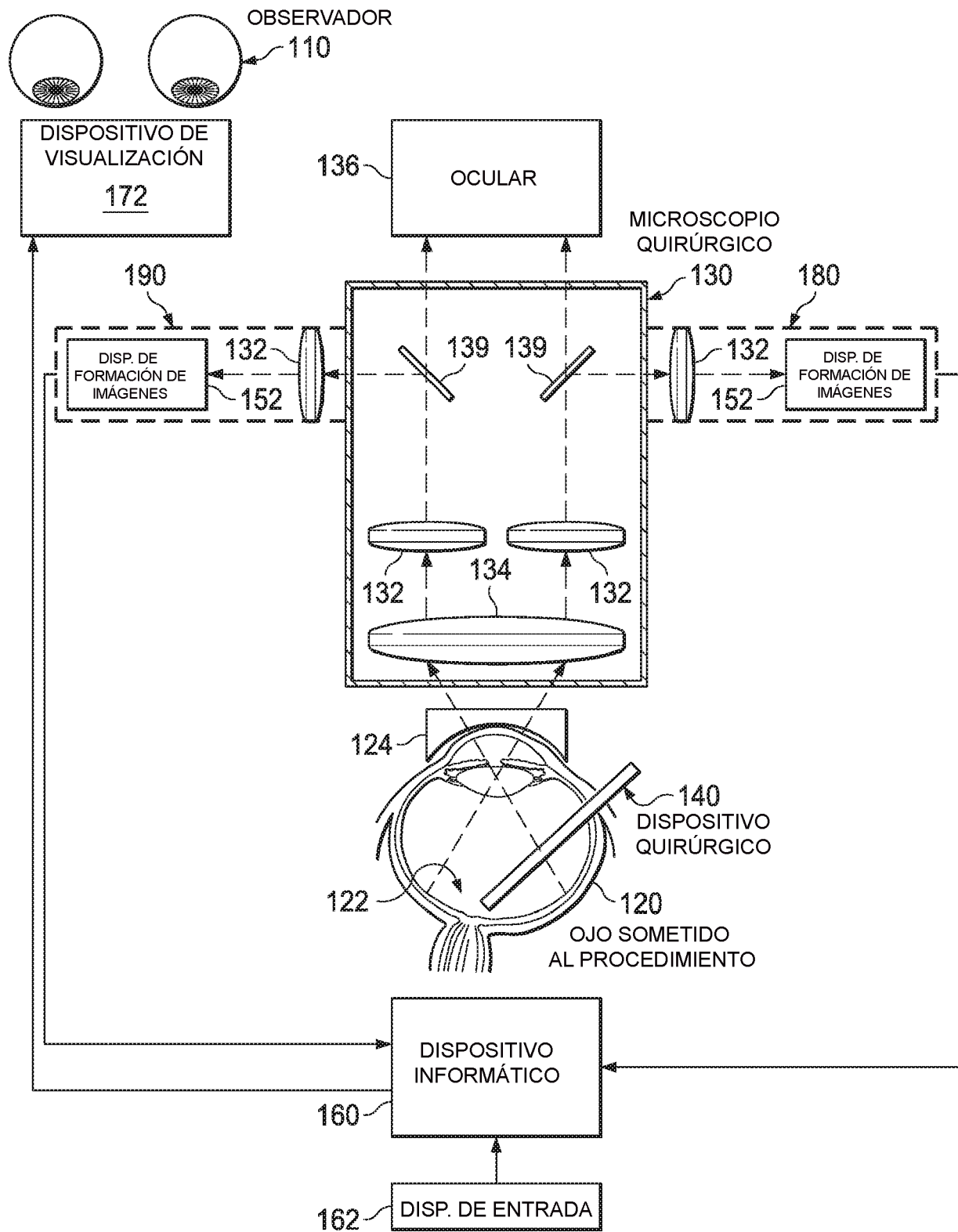


Fig. 13

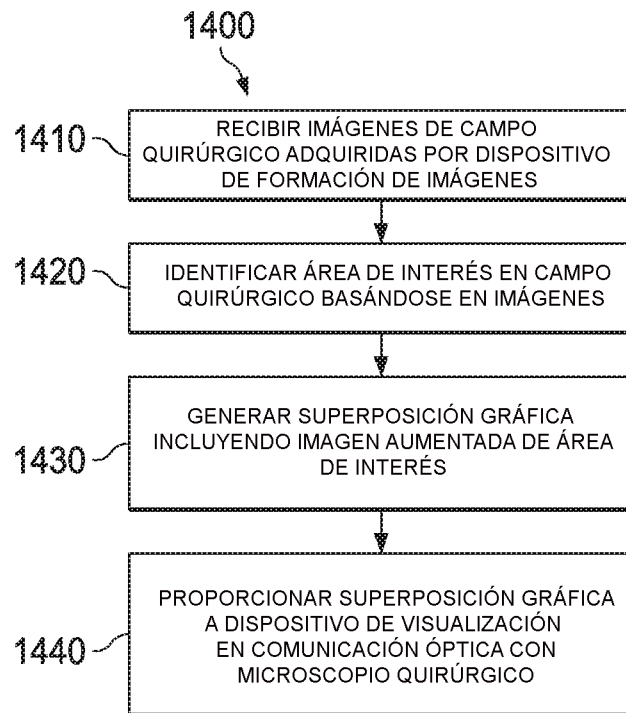


Fig. 14

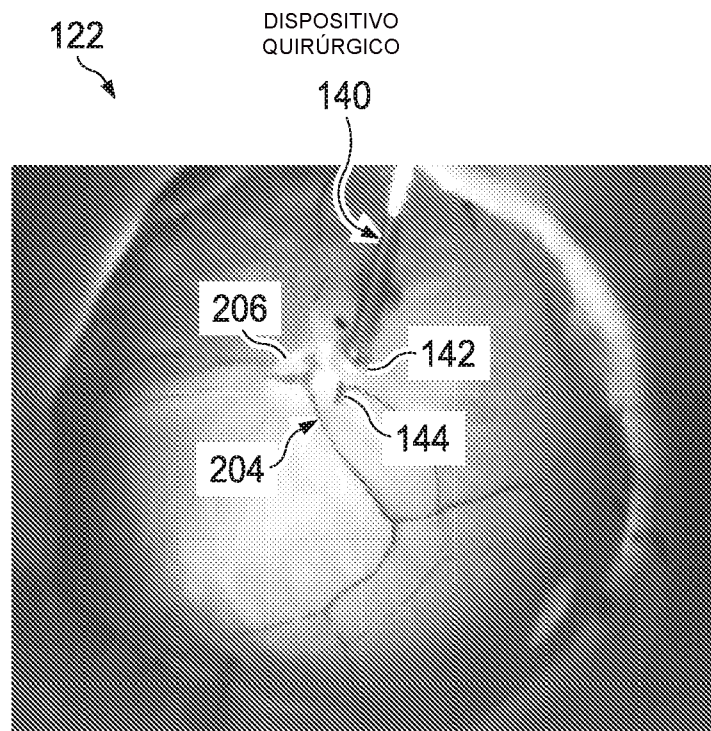


Fig. 15

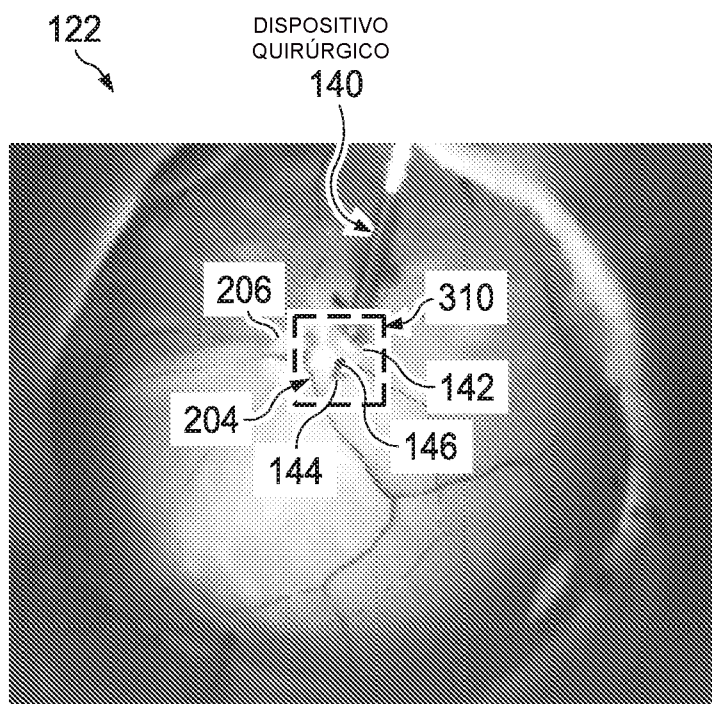


Fig. 16

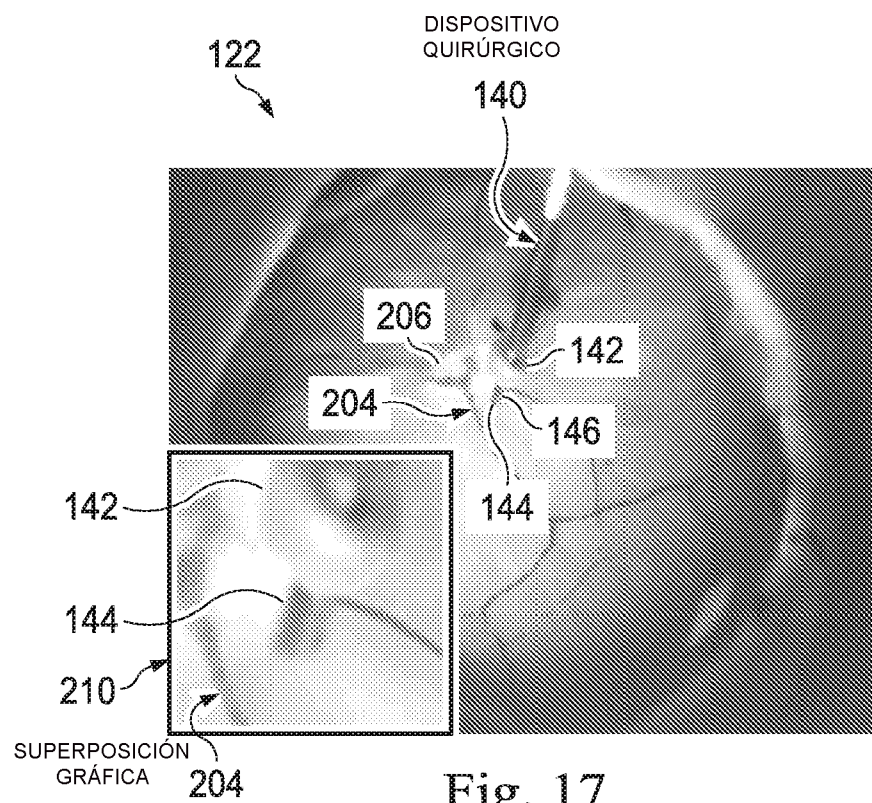


Fig. 17