

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 988**

51 Int. Cl.:

A61B 3/10 (2006.01)

A61F 9/007 (2006.01)

A61B 17/00 (2006.01)

A61B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2018** **PCT/IB2018/058262**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2019** **WO19082082**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2018** **E 18804688 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2023** **EP 3658006**

54 Título: **Presentación visual de TCO controlada por pedal para la cirugía vitreoretiniana**

30 Prioridad:

27.10.2017 US 20176257773 P

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

11.07.2023

73 Titular/es:

ALCON INC. (100.0%)
Rue Louis-d'Affry 6
1701 Fribourg, CH

72 Inventor/es:

CHARLES, STEVEN T. y
HEEREN, TAMMO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 945 988 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

Presentación visual de TCO controlada por pedal para la cirugía vitreorretiniana

5 **CAMPO**

La presente descripción se refiere a la cirugía oftálmica y, más específicamente, a una presentación visual de TCO controlada por pedal para la cirugía vitreorretiniana.

10 **ANTECEDENTES**

En oftalmología, la cirugía ocular o cirugía oftálmica salva y mejora la visión de decenas de miles de pacientes cada año. Sin embargo, dada la sensibilidad de la visión incluso a las pequeñas variaciones del ojo y la naturaleza diminuta y delicada de muchas estructuras oculares, la cirugía oftálmica es difícil de realizar, y la reducción de errores quirúrgicos incluso menores o poco comunes, o las mejoras moderadas en la precisión de las técnicas quirúrgicas pueden marcar una enorme diferencia en la visión del paciente tras la cirugía.

La cirugía oftálmica se realiza en el ojo y las estructuras visuales accesorias. Más específicamente, la cirugía vitreorretiniana abarca diversos procedimientos delicados que implican partes internas del ojo, tales como el humor vítreo y la retina. Se usan diferentes procedimientos quirúrgicos vitreorretinianos, a veces con láser, para mejorar el rendimiento sensorial visual en el tratamiento de muchas enfermedades oculares, incluyendo las membranas epimaculares, la retinopatía diabética, la hemorragia vítrea, el agujero macular, el desprendimiento de retina y las complicaciones de la cirugía de cataratas, entre otros.

Durante la cirugía vitreorretiniana, o antes de la misma, un oftalmólogo habitualmente usa un microscopio quirúrgico para ver el fondo de ojo a través de la córnea, mientras que se pueden introducir instrumentos quirúrgicos que penetran en la esclerótica para realizar cualquiera de una diversidad de procedimientos diferentes. El microscopio quirúrgico proporciona formación de imágenes y, opcionalmente, iluminación del fondo de ojo para la cirugía oftálmica. El paciente habitualmente se tiende en decúbito supino bajo el microscopio quirúrgico durante la cirugía vitreorretiniana y se usa un separador palpebral para mantener el ojo expuesto. Dependiendo del tipo de sistema óptico usado, el oftalmólogo tiene un campo de visión dado del fondo de ojo, que puede variar desde un campo de visión estrecho hasta un campo de visión amplio que se puede ampliar a regiones periféricas del fondo de ojo. Durante un procedimiento, el oftalmólogo puede presentar y ver visionar el campo de visión del fondo de ojo usando un sistema de visualización oftálmica que puede incluir un sistema óptico basado en microscopio o sin microscopio, tal como NGENUITY® (Laboratorios Alcon, Inc.).

Además de la óptica para ver el fondo de ojo, los microscopios quirúrgicos pueden estar equipados con escáneres de tomografía de coherencia óptica (TCO) para proporcionar información adicional sobre las partes de tejido ocular involucradas en la cirugía vitreorretiniana. El escáner de TCO puede permitir obtener imágenes por debajo de una superficie visible del tejido ocular para ayudar a la cirugía vitreorretiniana. Sin embargo, cuando se realiza una cirugía vitreorretiniana, es posible que no sea deseable ni práctico un comando accionado por la mano o por la voz para controlar la presentación visual de las imágenes de TCO.

Se hace referencia a los documentos WO 2017/139724 y US 2014/0218740, citados en relación con el estado de la técnica anterior.

SUMARIO

Se apreciará que el alcance de la invención es conforme a las reivindicaciones. En consecuencia, se proporciona un método (400) para la presentación visual de imágenes de TCO controlada por pedal como se define en la reivindicación 1 y un controlador de escaneo de tomografía de coherencia óptica (TCO) como se define en la reivindicación 6. En las reivindicaciones dependientes, se proporcionan características adicionales.

En un aspecto, un método divulgado soporta la realización de cirugía oftálmica con una presentación visual de TCO controlada por pedal. Durante la visión de una parte interior de un ojo de un paciente usando un sistema de visualización oftálmica, el método puede incluir recibir una primera instrucción de un usuario del sistema de visualización oftálmica de una ubicación en el ojo. En función de la primera instrucción, el método puede incluir realizar un escaneo de tomografía de coherencia óptica (TCO) de la primera ubicación, escaneo de TCO que está habilitado para obtener una imagen frontal de las capas de tejido en la ubicación y provocar que la imagen frontal sea presentada visualmente al usuario, comprendiendo la imagen frontal datos de capa de tejido para cada una de una pluralidad de capas de tejido del ojo en la primera ubicación. Mientras se presenta visualmente la imagen frontal al usuario, el método puede incluir además recibir una segunda instrucción del usuario a través de un dispositivo de pedal. En el método, la segunda instrucción puede incluir una de: una instrucción de descenso para presentar visualmente una capa siguiente de tejido de la pluralidad de capas de tejido, y una instrucción de ascenso para presentar visualmente una capa anterior de tejido de la pluralidad de capas de tejido. En función de en la segunda instrucción, el método

puede incluir además presentar visualmente al usuario los datos de capa de tejido de una de: la capa siguiente de tejido y la capa anterior de tejido.

En cualquiera de las realizaciones divulgadas del método, la segunda instrucción puede incluir además una de: una instrucción de descenso rápido para sucesivamente presentar visualmente una pluralidad de capas siguientes de tejido, y una instrucción de ascenso rápido para sucesivamente presentar visualmente una pluralidad de capas anteriores de tejido.

En cualquiera de las realizaciones divulgadas del método, la segunda instrucción puede especificar además un retraso entre las capas sucesivamente presentadas visualmente.

En cualquiera de las realizaciones divulgadas del método, la instrucción de descenso y la instrucción de ascenso pueden resultar de una primera presión aplicada al dispositivo de pedal. En el método, la instrucción de descenso rápido y la instrucción de ascenso rápido pueden resultar de una segunda presión aplicada sobre el dispositivo de pedal, siendo la segunda presión mayor que la primera presión.

En cualquiera de las realizaciones divulgadas del método, la segunda instrucción puede recibirse del dispositivo de pedal en respuesta al accionamiento del dispositivo de pedal usando uno de: un accionamiento de presión descendente por parte del antepié del usuario y un accionamiento de presión ascendente por el retropié del usuario.

Las implementaciones adicionales divulgadas incluyen un controlador de escaneo de TCO, un microscopio quirúrgico, un sistema de visualización oftálmica y un sistema de procesamiento de imágenes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de la presente divulgación, a continuación, se hace referencia a la siguiente descripción, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la FIGURA 1 es un diagrama de bloques de elementos seleccionados de una implementación de un instrumento de escaneo de microscopía quirúrgica;

la FIGURA 2 es un diagrama de bloques de elementos seleccionados de una implementación de un controlador de escaneo;

la FIGURA 3 es una representación de un campo de visión quirúrgico usando un instrumento de escaneo de microscopía quirúrgica; y

la FIGURA 4 es un diagrama de flujo de elementos seleccionados de un método para la presentación visual de TCO controlada por pedal para cirugía vitreorretiniana.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la siguiente descripción, se exponen detalles a modo de ejemplo para facilitar la explicación de la materia objeto divulgada. Sin embargo, debería ser evidente para el experto en este campo que las implementaciones divulgadas son ilustrativas y no exhaustivas de todas las posibles implementaciones.

Tal como se usa en el presente documento, una forma con guion de un número de referencia se refiere a un ejemplo específico de un elemento y la forma sin guion del número de referencia se refiere al elemento colectivo. Así, por ejemplo, el dispositivo '12-1' se refiere a un ejemplo de una clase de dispositivos, que se pueden denominar colectivamente dispositivos '12' y uno cualquiera de los cuales se puede denominar genéricamente dispositivo '12'.

Como se indicó anteriormente, durante la cirugía vitreorretiniana, un cirujano puede ver el fondo de ojo de un paciente usando un microscopio quirúrgico, por ejemplo, junto con una lente oftálmica, para ver a través de la córnea, tal como una lente de contacto o sin contacto. Con el fin de realizar cualquiera de una variedad de procedimientos quirúrgicos, el cirujano puede desear escanear ópticamente ciertas partes del fondo de ojo para generar escaneos de perfil profundo del tejido ocular correspondiente, como por ejemplo utilizando un escáner de TCO. Los escaneos de perfil profundo pueden revelar información acerca del tejido ocular que no es fácilmente visible a partir de las imágenes ópticas generadas por el microscopio quirúrgico. Los escaneos de perfil profundo pueden ser escaneos de punto (escaneo A), escaneos de línea (escaneo B) o escaneos de área (escaneo C). Una imagen procedente de un escaneo B formará imágenes de la profundidad de tejido ocular a lo largo de una línea, mientras que un escaneo C da como resultado unos datos tridimensionales (3D) que se pueden seccionar para proporcionar diversas vistas, incluyendo una vista frontal desde la perspectiva de la visión óptica, pero que se puede generar a diversas profundidades y para capas de tejido seleccionadas.

La presente divulgación se refiere a una presentación visual de TCO controlada por pedal para cirugía vitreorretiniana. Específicamente, durante la cirugía vitreorretiniana, el cirujano generalmente se involucra con toda su atención y usa

ambas manos para operar usando un microscopio quirúrgico. Además, cuando se realiza el escaneo de TCO, el cirujano puede ver una presentación visual de una imagen de TCO en el campo de visión quirúrgico del microscopio quirúrgico. Cuando la imagen de TCO es una imagen frontal, el cirujano puede desear ver capas de tejido individuales a partir de la imagen frontal, por ejemplo, correspondientes a capas de tejido involucradas con las operaciones quirúrgicas que está realizando el cirujano. Mediante el procesamiento de imágenes, las capas de tejido individuales pueden resolverse y segmentarse a partir de la imagen de TCO. Sin embargo, la capacidad del cirujano para proporcionar la entrada de usuario o para operar los controles para seleccionar la presentación visual de la capa de tejido de la imagen frontal puede ser limitada. Un control de selección manual de la capa de tejido (como con controles montados en un panel, pantalla táctil, etc.) puede ser inadecuado o imposible de operar para el cirujano mientras realiza la cirugía. Un control operado por voz de selección de la capa de tejido también puede ser inadecuado debido a problemas de fiabilidad, personalización del idioma y la baja velocidad del reconocimiento de voz. Por lo tanto, los controles operados por voz pueden ser particularmente adecuados para seleccionar opciones que involucren un solo comando, pero no para seleccionar continuamente la capa de tejido de la imagen frontal, lo que puede implicar una entrada de usuario rápida y repetitiva.

Como se describirá con más detalle, la presentación visual de TCO controlada por pedal para cirugía vitreorretiniana puede permitir la selección de la capa de tejido en una imagen frontal generada por escaneo de TCO y presentada visualmente durante la cirugía vitreorretiniana. La presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana divulgada en el presente documento puede implicar el uso de un pedal con sensibilidad a la presión variable para la entrada selectiva del usuario. La presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana divulgada en el presente documento puede permitir que el usuario (el cirujano) controle la presentación visual de la capa de tejido de la imagen frontal utilizando el antepié o el retropié para navegar direccionalmente a través de las capas de tejido. De esta manera, la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana descrita en el presente documento puede proporcionar un control operado con el pie de la presentación visual de la capa de tejido que es fiable, rápido, universal e inequívoco, proporcionando así una mayor facilidad de uso, lo cual es deseable.

Con referencia ahora a los dibujos, la FIGURA 1 es un diagrama de bloques que muestra un instrumento 100 de escaneo de microscopía quirúrgica. El instrumento 100 no está dibujado a escala, sino que es una representación esquemática. Como se describirá con mayor detalle, el instrumento 100 se puede usar durante la cirugía vitreorretiniana para ver y analizar un ojo humano 110, y para la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana, como se describe en el presente documento. Como se muestra, el instrumento 100 incluye un microscopio quirúrgico 120, un controlador 150 de escaneo de TCO, una presentación visual externa 152, un escáner de TCO 134 y un dispositivo 154 de pedal. En la FIGURA 1 también se muestra un sistema 140 de formación de imágenes, una lente oftálmica 112, así como una herramienta quirúrgica 116 y un iluminador 114.

Como se muestra, un ejemplo de microscopio quirúrgico 120 está representado en forma esquemática para ilustrar la funcionalidad óptica. Se entenderá que las realizaciones del microscopio quirúrgico 120 pueden incluir diversos otros componentes electrónicos y mecánicos, en diferentes implementaciones. Cabe señalar que, en diversas realizaciones, el instrumento 100 puede incluir cualquier sistema de visualización oftálmica adecuado además del microscopio quirúrgico 120 o en lugar de este, incluida una plataforma de visualización sin microscopio tal como NGENUITY®. En consecuencia, mientras que el diseño óptico particular discutido con referencia a la FIGURA 1 es específico para un sistema de visualización oftálmica que comprende el microscopio 120, un experto en la técnica apreciará que las disposiciones ópticas alternativas para soportar otros sistemas de visualización oftálmica están dentro del alcance de la divulgación.

En el ejemplo que se muestra en la FIGURA 1, el objetivo 124 puede representar un objetivo seleccionable para proporcionar una ampliación o un campo de visión deseados del fondo de ojo. El objetivo 124 puede recibir luz desde el fondo del ojo 110 a través de la lente oftálmica 112 que descansa sobre la córnea 110 del ojo. Cabe señalar que pueden usarse diversos tipos de lentes oftálmicas 112 con el microscopio quirúrgico 120, incluidas lentes de contacto y lentes que no sean de contacto. Para realizar una cirugía vitreorretiniana, se pueden usar diversas herramientas e instrumentos, incluyendo herramientas que penetran en la esclerótica, representadas por la herramienta quirúrgica 116. El iluminador 114 puede ser una herramienta especial que proporcione una fuente de luz desde dentro del fondo del ojo 110.

En la FIGURA 1, el microscopio quirúrgico 120 se muestra con una disposición binocular con dos trayectorias de luz distintas, pero sustancialmente iguales, que permiten la visualización con unos binoculares 126 que comprenden un ocular izquierdo 126-L y un ocular derecho 126-R. Desde el objetivo 124, un haz de luz izquierdo puede dividirse en el divisor 128 de haz, desde donde el sistema 140 de formación de imágenes y el ocular izquierdo 126-L reciben la imagen óptica. También desde el objetivo 124 se puede dividir un haz de luz derecho en el espejo parcial 129, que también recibe el haz 130 de muestra desde el escáner de TCO 134 y envía el haz 132 de medición al escáner de TCO 134. El espejo parcial 129 también dirige una parte del haz de luz derecho al ocular derecho 126-R. La presentación visual 122 puede representar un componente optoelectrónico, tal como un sistema de procesamiento de imágenes que recibe los datos del controlador 150 de escaneo de TCO y genera una salida de imagen para el ocular izquierdo 126-L y el ocular derecho 126-R, respectivamente. En algunas implementaciones, la presentación visual 122 incluye dispositivos de presentación visual en miniatura que envían imágenes a los binoculares 126 para que las vea

el usuario. Cabe señalar que la disposición óptica representada en la FIGURA 1 es un ejemplo y puede implementarse de manera diferente en otras implementaciones. Por ejemplo, los haces izquierdo y derecho pueden invertirse o combinarse en diferentes implementaciones.

Como se describió anteriormente, el sistema óptico en el microscopio quirúrgico 120 que usa binoculares 126 puede proporcionar un cierto grado de visualización en profundidad o capacidad de presentación visual tridimensional (3D). Aunque la integración de TCO con el microscopio quirúrgico 120 se muestra en la FIGURA 1 usando un sistema óptico analógico, se entenderá que se puede usar otro sistema de visualización oftálmica para implementar el microscopio quirúrgico 120 en diversas implementaciones. Por ejemplo, en lugar de integrar la presentación visual 122 dentro de los binoculares 126, el sistema de visualización oftálmica usado con el instrumento 100 puede implementarse digitalmente sin los binoculares 126 y usando un sensor de imagen para cada uno de los haces izquierdo y derecho, tal como una cámara de video. Las imágenes izquierda y derecha procedentes de los respectivos sensores de imagen se pueden usar para generar una presentación visual con capacidad 3D que se vea en un monitor correspondiente, tal como una presentación visual externa 152, en lugar de usar los binoculares 126 que se pueden omitir en una implementación digital del sistema de visualización oftálmica. En ciertas implementaciones, el microscopio quirúrgico 120 según se muestra en la FIGURA 1 puede implementarse en consecuencia usando el Sistema de visualización 3D NGENUITY® (Alcon Laboratories, Inc.), que proporciona una plataforma para la cirugía vitreoretiniana asistida digitalmente (DAVS).

En la FIGURA 1, el controlador 150 de escaneo de TCO puede tener una interfaz eléctrica con la presentación visual 122, por ejemplo, para generar datos de presentación visual. De esta manera, el controlador 150 de escaneo de TCO puede enviar a la presentación visual 122 una imagen visual que se ve en los binoculares 126. Debido a que la interfaz eléctrica entre el sistema 140 de formación de imágenes y el controlador 150 de escaneo de TCO puede admitir datos de imágenes digitales, el controlador 150 de escaneo de TCO puede realizar el procesamiento de imágenes en tiempo real con frecuencias de actualización de fotogramas relativamente altas, de modo que un usuario del microscopio quirúrgico 120 puede experimentar una retroalimentación sustancialmente instantánea a la entrada del usuario para controlar la parte del ojo 110 seleccionada para escanear, así como otras operaciones, como se describe en el presente documento. La presentación visual externa 152 puede generar imágenes similares a las de la presentación visual 122, pero puede representar un monitor independiente para ser visto por varios miembros del personal durante la cirugía vitreoretiniana. La presentación visual 122 o la presentación visual externa 152 pueden implementarse como una pantalla de cristal líquido, un monitor de ordenador, un televisor, una tableta, una pantalla táctil, un sistema de visualización en 3D, un proyector, anteojos o gafas de visión, o similares. La presentación visual 122 o la presentación visual externa 152 puede cumplir con una norma de presentación visual para el tipo correspondiente de presentación visual, tal como una matriz de gráficos de vídeo (VGA), una matriz de gráficos ampliada (XGA), una interfaz visual digital (DVI), una interfaz multimedia de alta definición (HDMI), entre otras normas.

Con la disposición binocular del microscopio quirúrgico 120 de la FIGURA 1, el sistema 140 de formación de imágenes puede recibir una parte del haz de luz izquierdo que permite que el sistema 140 de formación de imágenes procese, presente visualmente, almacene y manipule de otro modo, de forma independiente, haces de luz y datos de imágenes. En ciertas realizaciones, el sistema 140 de formación de imágenes puede recibir una parte del haz de luz derecho, o tanto del haz de luz izquierdo como del derecho, para permitir que el sistema 140 de formación de imágenes procese, presente visualmente, almacene y manipule de otro modo, de forma independiente, los haces de luz y los datos de imágenes, y admita visualización en 3D. En consecuencia, el sistema 140 de formación de imágenes puede representar cualquiera de una variedad de diferentes tipos de sistemas de formación de imágenes, según se desee.

Como se muestra, el escáner de TCO 134 puede representar una implementación de varios tipos de escáneres de TCO. Cabe señalar que se pueden usar otros tipos de escáneres ópticos con la disposición que se muestra en la FIGURA 1. El escáner de TCO 134 puede controlar la salida del haz 130 de muestra y puede recibir el haz 132 de medición que se refleja en respuesta a los fotones del haz 130 de muestra que interactúan con el tejido del ojo 110. El escáner de TCO 134 también puede estar habilitado para mover el haz 130 de muestra a la ubicación seleccionada indicada por el usuario. El controlador 150 de escaneo de TCO puede interactuar con el escáner de TCO 134, por ejemplo, para enviar comandos al escáner de TCO 134 indicando la ubicación seleccionada para generar datos de escaneo y para recibir los datos escaneados desde el escáner de TCO 134. Cabe señalar que el escáner de TCO 134 puede representar diversos tipos de instrumentos y configuraciones de TCO, según se desee, tales como, entre otros, TCO de dominio de tiempo (DT) y TCO de dominio de frecuencia (DF), tal como TCO de dominio espectral (DS) y TCO de barrido de fuente (BF). En particular, los datos de escaneo generados por el escáner de TCO 134 pueden incluir datos de escaneo bidimensionales (2D) de un escaneo lineal (escaneo B) y datos de escaneo tridimensionales (3D) para un escaneo de área (escaneo C). Los datos de escaneo pueden representar un perfil de profundidad del tejido escaneado que permite obtener imágenes por debajo de una superficie visible dentro del fondo del ojo 110.

En la FIGURA 1, el dispositivo 154 de pedal puede representar cualquiera de una variedad de interruptores de pie u otros dispositivos para la activación por pedal (véase también la FIGURA 3), incluidos, entre otros, controladores de interruptor de pie como los que se usan con el Centurion® Vision System fabricado por Alcon®. En particular, el dispositivo 154 de pedal puede proporcionar un accionamiento hacia adelante y un accionamiento hacia atrás y puede estar habilitado para la detección de una presión del pie aplicada al dispositivo 154 de pedal.

Durante el funcionamiento del instrumento 100, el usuario puede ver el fondo del ojo 110 usando los binoculares 126 o una presentación visual externa 152 mientras realiza la cirugía vitreorretiniana en el ojo 110. En otras realizaciones del instrumento 100, el usuario puede ver el fondo del ojo 110 utilizando una plataforma de visualización sin microscopio como NGENUITY®. El usuario puede proporcionar al controlador 150 de escaneo de TCO una entrada de usuario en forma de una primera indicación para iniciar un escaneo de TCO. Cabe señalar que una entrada, indicación, confirmación o selección del usuario recibida por el instrumento 100 puede ser comunicada mediante un teclado, ratón, pantalla táctil, comando de voz, gesto, seguimiento ocular u otra interfaz de usuario acoplada al controlador 150 de escaneo, controlador 154 de pedal, sistema 140 de formación de imágenes u otros componentes del instrumento 100. La primera indicación puede especificar una ubicación del escaneo de TCO en un campo quirúrgico del microscopio quirúrgico 120 donde el usuario pretende ver una imagen de TCO, tal como una imagen frontal. El controlador 150 de escaneo de TCO puede, a su vez, comunicarse con el escáner de TCO 134 para controlar las operaciones de escaneo y realizar un escaneo de TCO en tiempo real para generar los primeros datos de escaneo en la ubicación. El escaneo de TCO se puede realizar de forma continua o con una frecuencia alta, de modo que el resultado del escaneo de TCO en forma de una imagen de TCO parece generarse y actualizarse continuamente. La imagen de TCO se puede mostrar al usuario usando la presentación visual 122, por ejemplo, para mostrar la imagen de TCO en el campo quirúrgico visible usando los binoculares 126. En algunas implementaciones, la imagen de TCO también puede presentarse visualmente, o presentarse visualmente como alternativa, usando una presentación visual externa 152 o una plataforma de visualización tal como NGENUITY®. En varias implementaciones, la imagen de TCO puede ser una imagen frontal.

Ya sea antes o después de la presentación visual de la imagen de TCO, el usuario puede activar la funcionalidad para la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana. Por ejemplo, el usuario puede seleccionar una función correspondiente proporcionada como una opción de menú por el controlador 150 de escaneo de TCO para activar la funcionalidad para la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana. El usuario puede entonces proporcionar una segunda indicación en forma de entrada de usuario al controlador 150 de escaneo de TCO usando el dispositivo 154 de pedal, cuando el usuario desea controlar la presentación visual de TCO.

Por ejemplo, cuando la imagen de TCO es una imagen frontal, el controlador 150 de escaneo de TCO puede habilitarse para realizar el procesamiento de imágenes para segmentar los datos de imagen de TCO en capas de tejido específicas. Debido a que las capas de tejido pueden no ser perfectamente planas, el procesamiento de imágenes puede detectar las interfaces de tejido individuales, como las del escaneo B, y puede identificar las capas de tejido de la imagen frontal. Cuando la imagen frontal se presenta visualmente al usuario, tal como dentro del campo de visión quirúrgico usando el microscopio quirúrgico 120 durante la cirugía vitreorretiniana, el dispositivo 154 de pedal puede usarse para controlar la presentación visual de TCO de la imagen frontal. Específicamente, el dispositivo 154 de pedal puede estar habilitado para detectar una presión hacia abajo del antepié o del retropié del usuario (véase también la FIGURA 3). Una primera presión detectada del antepié del usuario puede generar una instrucción de descenso para el controlador 150 de escaneo de TCO, mientras que la primera presión detectada del retropié del usuario puede generar una instrucción de ascenso para el controlador 150 de escaneo de TCO. Cuando se recibe la instrucción de descenso desde el dispositivo 154 de pedal, el controlador 150 de escaneo de TCO puede presentar visualmente la capa siguiente de tejido más profunda de la imagen frontal (si es posible), por ejemplo, eliminando todas las capas de tejido por encima de la capa siguiente de tejido más profunda en la presentación visual de TCO de la imagen frontal. Por el contrario, cuando se recibe la instrucción de ascenso desde el dispositivo 154 de pedal, el controlador 150 de escaneo de TCO puede mostrar una capa anterior de tejido de la imagen frontal (si es posible), por ejemplo, eliminando todas las capas de tejido por encima de la capa anterior de tejido en la presentación visual de TCO de la imagen frontal. Se entenderá que cuando la visualización de TCO se encuentra en la capa de tejido más inferior en los datos de imagen de TCO, la instrucción de descenso puede no tener efecto en la presentación visual de TCO, y que cuando la presentación visual de TCO se encuentra en la capa de tejido más superior en los datos de imagen de TCO, la instrucción de ascenso puede no tener efecto sobre la presentación visual de TCO.

Además, el dispositivo 154 de pedal puede habilitarse para detectar y responder a diversos grados de sensibilidad a la presión del pie utilizada como entrada del usuario. Por ejemplo, una segunda presión detectada del antepié del usuario puede generar una instrucción de descenso rápido para el controlador 150 de escaneo de TCO, cuando la segunda presión es mayor que la primera presión. De manera similar, la segunda presión detectada del retropié del usuario puede generar una instrucción de ascenso rápido para el controlador 150 de escaneo de TCO. Cualquier técnica adecuada puede ser utilizada por el controlador 150 de escaneo de TCO para determinar si la velocidad de una instrucción detectada de ascenso o descenso es suficiente para activar la respuesta de instrucción rápida discutida en el presente documento. Por ejemplo, el controlador 150 de escaneo de TCO puede determinar si una presión detectada constituye una instrucción de ascenso o descenso rápido, por ejemplo, comparando la tasa de cambio detectada de una presión actual detectada con un umbral predeterminado de tasa de cambio almacenado en una memoria, o comparando la tasa de cambio detectada de una presión actual detectada con la tasa de cambio de las entradas de presión detectadas previamente. Cuando se recibe una instrucción de descenso rápido desde el dispositivo 154 de pedal, el controlador 150 de escaneo de TCO puede entonces comenzar a presentar visualmente en sucesión las capas de tejido más profundas de la imagen frontal (si es posible). Por el contrario, cuando se recibe la instrucción de ascenso rápido desde el dispositivo 154 de pedal, el controlador 150 de escaneo de TCO puede comenzar a presentar visualmente las sucesivas capas anteriores de tejido de la imagen frontal (si es posible). La

presentación visual de las sucesivas capas de tejido se puede realizar utilizando un retraso entre la presentación visual de las capas de tejido individuales, tal como un retraso seleccionable por el usuario. Cuando se libera la segunda presión del dispositivo 154 de pedal, la presentación visual de las sucesivas capas de tejido puede congelarse en la capa de tejido actualmente presentada. De esta manera, el usuario puede controlar la presentación visual de la imagen frontal durante la cirugía vitreorretiniana sin el uso de las manos o de comandos de voz, lo que puede ser práctico, fiable y deseable.

Se pueden hacer modificaciones, adiciones u omisiones al instrumento 100 de escaneo de microscopía quirúrgica sin apartarse del alcance de la divulgación. Los componentes y elementos del instrumento 100 de escaneo de microscopía quirúrgica, según se describe en el presente documento, se pueden integrar o separar de acuerdo con las aplicaciones particulares. El instrumento 100 de escaneo de microscopía quirúrgica se puede implementar usando más, menos o diferentes componentes.

Con referencia ahora a la FIGURA 2, se presenta un diagrama de bloques que ilustra elementos seleccionados de una implementación del controlador 150 de escaneo de TCO, descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 1. En la implementación representada en la FIGURA 2, el controlador 150 incluye el procesador 201 acoplado, a través del bus compartido 202, a los medios de memoria identificados colectivamente como la memoria 210.

El controlador 150 de escaneo de TCO, como se muestra en la FIGURA 2, incluye además una interfaz 220 de comunicación que puede conectar el controlador 150 de escaneo TCO con diversas entidades externas, como el escáner TCO 134 o el sistema 140 de formación de imágenes, entre otros dispositivos. En algunas implementaciones, la interfaz 220 de comunicación sirve para posibilitar que el controlador 150 sea conectado a una red (no mostrada en la FIGURA 2). En implementaciones adecuadas para la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana, el controlador 150 de escaneo TCO, como se muestra en la FIGURA 2, incluye una interfaz 204 de presentación visual que conecta el bus compartido 202, u otro bus, con un puerto de salida para una o más presentaciones visuales, tales como la presentación visual 122 o la presentación visual externa 152.

En la FIGURA 2, la memoria 210 abarca medios persistentes y volátiles, medios fijos y extraíbles y medios magnéticos y de semiconductores. La memoria 210 puede servir para almacenar instrucciones, datos o ambos. La memoria 210 tal como se muestra incluye conjuntos o secuencias de instrucciones, en concreto un sistema operativo 212 y una aplicación 214 de control de pedal. El sistema operativo 212 puede ser un sistema operativo UNIX o similar a UNIX, un sistema operativo de la familia Windows® u otro sistema operativo adecuado. La aplicación 214 de control de pedal puede permitir que el controlador 150 de escaneo de TCO realice operaciones para la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana, según se divulga en el presente documento.

Con referencia ahora a la FIGURA 3, se ilustra una representación de un ejemplo de dispositivo 154 de pedal. La FIGURA 3 es una ilustración esquemática y no está dibujada a escala ni en perspectiva. En la FIGURA 3, el dispositivo 154 de pedal se muestra descansando sobre una superficie, como el piso o el suelo, durante la operación. Un pie 310 representa el pie del usuario que opera el dispositivo 154 de pedal. El dispositivo 154 de pedal mostrado comprende una base 302, una bisagra 306 en la que se monta un pedal 304 que puede girar parcialmente, así como dos celdas 308 de carga. Además, el dispositivo 154 de pedal puede tener una interfaz electrónica (no mostrada) para comunicarse con un controlador, como el controlador 150 de escaneo de TCO, por ejemplo. La interfaz electrónica del dispositivo 154 de pedal puede ser una interfaz cableada o inalámbrica, en diferentes implementaciones.

En funcionamiento, el dispositivo 154 de pedal incluye un pedal 304, que puede girar parcialmente en múltiples direcciones. En algunas implementaciones, el pedal 304 puede estar accionado por resorte, de modo que el pedal 304 vuelve a una posición de inicio cuando se quita el pie 310, como una posición de inicio nivelada o neutral. El pedal 304 está además equipado con un tope delantero 312-1 y un tope trasero 312-2, que se muestran como unas almohadillas montadas en la cara dorsal del pedal 304. Se entenderá que se pueden usar diversas geometrías y disposiciones diferentes para los topes 312 en diferentes implementaciones. Los topes 312 están dispuestos para aplicar fuerza a las correspondientes celdas 308 de carga. Específicamente, el tope delantero 312-1 puede aplicar fuerza a una celda delantera 308-1 de carga, mientras que el tope trasero 312-2 puede aplicar fuerza a una celda trasera 308-2 de carga. El grado o valor de la fuerza aplicada puede ser determinado por la fuerza aplicada por el pie 310, a voluntad del usuario. Luego, usando el antepié del pie 310 para aplicar presión presionando hacia abajo una parte delantera del pedal 304, la celda delantera 308-1 de carga puede detectar una fuerza, mientras que la celda trasera 308-2 de carga detecta una carga o fuerza cero. Por el contrario, usando el retropié del pie 310 para aplicar presión presionando una parte trasera del pedal 304, la celda trasera 308-2 de carga puede detectar una fuerza, mientras que la celda delantera 308-1 de carga detecta una carga o fuerza cero. De esta manera, el pie 310 puede aplicar un control direccional hacia adelante o hacia atrás.

Además, debido a que las celdas 308 de carga pueden detectar un valor de la fuerza, o pueden medir la fuerza, se puede usar un valor umbral de fuerza para indicar un comando secundario. Por ejemplo, cuando el valor de la fuerza es menor que el valor umbral, se puede indicar un primer comando, y cuando el valor de la fuerza es mayor que el valor umbral, se puede indicar un segundo comando.

Aunque se ilustra el funcionamiento del dispositivo 154 de pedal con celdas de carga, se entenderá que otros tipos de sensores, como un codificador giratorio en la bisagra 306 para detectar un grado de rotación del pedal 304, pueden usarse en diferentes implementaciones.

En el funcionamiento de la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana, cuando se presenta visualmente al usuario una imagen frontal generada a partir del escaneo de TCO, puede usarse el dispositivo 154 de pedal para controlar la presentación visual de las capas de tejido de la imagen frontal. Usando procesamiento de imágenes sobre la imagen frontal (o los datos de escaneo de TCO usados para representar la imagen frontal), las capas de tejido individuales pueden detectarse y segmentarse, incluso cuando las capas de tejido varían en grosor u orientación. Como resultado, la presentación visual de la imagen frontal puede segmentarse por capas de tejido, mientras que el dispositivo 154 de pedal se usa para seleccionar la capa de tejido. Específicamente, se puede aplicar una primera presión a la celda delantera 308-1 de carga mediante el pie 310, como se ha descrito anteriormente, para indicar una instrucción de descenso para navegar por las capas de tejido de la imagen frontal. Cuando se aplica la primera presión a la celda trasera 308-2 de carga, se puede indicar una instrucción de ascenso para navegar por las capas de tejido. Las instrucciones de descenso y ascenso pueden dar como resultado que exactamente una capa de tejido avance en la dirección de descenso o ascenso a partir de la imagen frontal. Se entenderá que una instrucción de ascenso en la capa superior de tejido de la imagen frontal puede no tener efecto y, de manera similar, una instrucción de descenso en la capa inferior de tejido de la imagen frontal también puede no tener efecto.

Además, cuando se aplica una segunda presión a las celdas 308 de carga, se puede generar una instrucción rápida que indica la navegación continua en una dirección deseada a través de las capas de tejido de la imagen frontal. La navegación continua a través de las capas de tejido de la imagen frontal puede incluir un retraso en cada capa de tejido sucesiva. La segunda presión puede ser mayor que la primera presión y puede distinguirse de la primera presión utilizando un umbral de presión superior a la primera presión. En algunas implementaciones, el usuario puede seleccionar el umbral de presión. Específicamente, la presión se puede aplicar a la celda delantera 308-1 de carga con el pie 310, como se describió anteriormente, para indicar una instrucción de descenso rápido para navegar por las capas de tejido de la imagen frontal presentando visualmente en sucesión una pluralidad de capas siguientes de tejido (p. ej., capas de tejido progresivamente más cercanas a la parte posterior del ojo). Cuando se aplica la segunda presión a la celda trasera 308-2 de carga, una instrucción de ascenso para navegar por las capas de tejido puede indicar la presentación visual sucesiva de una pluralidad de capas anteriores de tejido (por ejemplo, capas de tejido progresivamente más cercanas a la parte frontal del ojo). Se entenderá que se pueden usar diversos otros tipos de instrucciones e indicaciones con el dispositivo 154 de pedal, tales como golpecitos con el pie, golpecitos dobles con el pie y diferentes grados de fuerza.

Con referencia ahora a la FIGURA 4, se representa un diagrama de flujo de elementos seleccionados de una implementación de un método 400 para la presentación visual de TCO controlada por pedal durante la cirugía vitreorretiniana, como se describe en el presente documento. El método 400 describe etapas y procedimientos que se pueden realizar mientras se opera el instrumento 100 de escaneo de microscopía quirúrgica para ver un fondo de ojo y realizar procedimientos quirúrgicos basados en la visión del fondo de ojo. En consecuencia, al menos ciertas partes del método 400 se pueden realizar mediante la aplicación 214 de control de pedal. Se hace notar que ciertas operaciones descritas en el método 400 pueden ser opcionales o se pueden reorganizar en diferentes implementaciones. El método 400 se puede realizar mediante la aplicación 214 de pedal para interactuar con un cirujano u otro personal médico, denominado en el presente documento "usuario".

Antes del método 400, se puede suponer que el instrumento 100 de escaneo de microscopía quirúrgica se usa para ver una parte interior de un ojo de un paciente, tal como se describe en la FIGURA 1. Entonces, el método 400 puede comenzar, en la etapa 402, recibiendo una primera indicación, procedente de un usuario de un sistema de visualización oftálmica, de una ubicación en el ojo. En función de la primera instrucción, en la etapa 404 se realiza el escaneo de TCO de la primera ubicación, cuyo escaneo de TCO está habilitado para obtener una imagen frontal de las capas de tejido en la ubicación. En la etapa 406, la imagen frontal es presentada visualmente al usuario, comprendiendo la imagen frontal datos de capa de tejido para cada una de una pluralidad de capas de tejido del ojo en la primera ubicación. Mientras se presenta visualmente la imagen frontal al usuario, en la etapa 408 se recibe una segunda instrucción del usuario a través de un dispositivo de pedal, donde la segunda instrucción incluye una de: una instrucción de descenso para presentar visualmente una capa siguiente de tejido (por ejemplo, más cercana a la parte posterior del ojo) de la pluralidad de capas de tejido, y una instrucción de ascenso para presentar visualmente una capa anterior de tejido (p. ej., más cercana a la parte frontal del ojo) de la pluralidad de capas de tejido. En función de la segunda instrucción, en la etapa 410 se muestran al usuario los datos de capa de tejido para la capa siguiente de tejido o la capa anterior de tejido.

Como se describe en el presente documento, la presentación visual de TCO durante la cirugía vitreorretiniana puede controlarse con un pedal. Específicamente, se puede navegar hacia abajo o hacia arriba por las capas de tejido, presentadas visualmente en una imagen frontal generada a partir del escaneo de TCO, en función de la entrada del usuario proporcionada por un dispositivo de pedal.

La materia objeto divulgada anteriormente se debe considerar como ilustrativa y no restrictiva, y las reivindicaciones adjuntas pretenden cubrir todas aquellas modificaciones, mejoras y otras implementaciones que caigan dentro del alcance de la presente divulgación. Por lo tanto, en la medida máxima permitida por la ley, el alcance de la presente divulgación se ha de determinar mediante la interpretación más amplia admisible de las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes y no deberá estar restringida ni limitada por la descripción detallada anteriormente.

5

REIVINDICACIONES

- 1.Un método (400) para la presentación visual de imágenes de TCO controlada por pedal para cirugía oftálmica, que comprende:
 - 5 durante la visualización de una parte interior de un ojo de un paciente usando un sistema de visualización oftálmica, recibir (402) una primera instrucción de un usuario del sistema de visualización oftálmica de una ubicación en el ojo; en función de la primera instrucción, realizar (404) un escaneo de tomografía de coherencia óptica (TCO) de la ubicación ordenada por un controlador (150) de escaneo de TCO, escaneo de TCO que está habilitado para obtener una imagen frontal de las capas de tejido en la ubicación, comprendiendo la imagen frontal datos de capa de tejido
 - 10 para cada una de una pluralidad de capas de tejido del ojo, a varias profundidades del ojo, en la ubicación; provocar (406) que la imagen frontal sea presentada visualmente al usuario; mientras la imagen frontal se muestra al usuario, recibir (408) una segunda instrucción del usuario a través de un dispositivo (154) de pedal acoplado al controlador (150) de escaneo de TCO, en donde la segunda instrucción incluye una de: una instrucción de descenso para mostrar una capa siguiente de tejido, más cercana a la parte posterior del
 - 15 ojo, de la pluralidad de capas de tejido, y una instrucción de ascenso para mostrar una capa anterior de tejido, más cercana a la parte frontal del ojo, de la pluralidad de capas de tejido; y en función de en la segunda instrucción, presentar visualmente (410) al usuario los datos de capa de tejido de una de la capa siguiente de tejido o la capa anterior de tejido.
- 20 2.El método de la reivindicación 1, en donde la segunda instrucción comprende además una de: una instrucción de descenso rápido para presentar visualmente en sucesión una pluralidad de capas siguientes de tejido; y una instrucción de ascenso rápido para presentar visualmente en sucesión una pluralidad de capas anteriores de tejido.
- 25 3.El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, en donde la segunda instrucción especifica además un retraso entre las capas presentadas visualmente en sucesión.
- 4.El método de acuerdo con las reivindicaciones 1-3, en donde la instrucción de descenso y la instrucción de ascenso resultan de una primera presión aplicada al dispositivo (154) de pedal, y en donde la instrucción de descenso rápido
- 30 y la instrucción de ascenso rápido resultan de una segunda presión aplicada al dispositivo de pedal, siendo la segunda presión mayor que la primera presión.
- 5.El método de acuerdo con las reivindicaciones 1-4, en donde la segunda instrucción se recibe desde el dispositivo (154) de pedal en respuesta al accionamiento del dispositivo de pedal usando uno de: un accionamiento de presión descendente mediante el antepié del usuario y un accionamiento de presión ascendente mediante el retropié del
- 35 usuario.
- 6.Un controlador (150) de escaneo de tomografía de coherencia óptica (TCO) para la cirugía oftálmica, comprendiendo el controlador de escaneo de TCO:
 - 40 un procesador (201); unos medios (210) de memoria accesibles para el procesador y que almacenan instrucciones ejecutables por el procesador para: recibir una primera instrucción (404) para obtener imágenes de TCO frontal de una parte interior de un ojo de un paciente que se somete a una cirugía oftálmica, cuya primera instrucción ordena al controlador de escaneo de TCO
 - 45 que obtenga una imagen frontal de la parte interior del ojo, en una ubicación en el ojo, usando un sistema de visualización oftálmica, comprendiendo la imagen frontal datos de capa de tejido para cada una de una pluralidad de capas de tejido a varias profundidades del ojo, en la ubicación; en donde el sistema de visualización oftálmica está acoplado ópticamente al controlador (150) de escaneo de TCO y un dispositivo (154) de pedal está acoplado al controlador de escaneo de TCO, en donde se recibe una entrada del
 - 50 usuario a través del pedal (154) para navegar por la pluralidad de capas de tejido de la imagen frontal y seleccionar una capa de tejido individual para la presentación visual; presentar visualmente (406) la imagen frontal a un usuario del sistema de visualización oftálmica; recibir (408) una segunda instrucción del usuario a través del dispositivo (154) de pedal, en donde la segunda instrucción incluye una de: una instrucción de descenso para presentar visualmente una capa siguiente de tejido, más
 - 55 cercana a la parte posterior del ojo, de la pluralidad de capas de tejido, y una instrucción de ascenso para presentar visualmente una capa anterior de tejido, más cercana a la parte frontal del ojo, de la pluralidad de capas de tejido; y en función de (410) la segunda instrucción, presentar visualmente al usuario los datos de capa de tejido de una de la capa siguiente de tejido y la capa anterior de tejido.
- 60 7.El controlador de escaneo de TCO de la reivindicación 6, en donde recibir la segunda instrucción comprende además uno de: recibir una instrucción de descenso rápido para presentar visualmente en sucesión una pluralidad de capas siguientes de tejido; y
- 65 recibir una instrucción de ascenso rápido para presentar visualmente en sucesión una pluralidad de capas anteriores de tejido.

- 8.El controlador de escaneo de TCO de acuerdo con las reivindicaciones 6-7, en donde la segunda instrucción especifica además un retraso entre las capas presentadas visualmente en sucesión.
- 5 9.El controlador de escaneo de TCO de acuerdo con las reivindicaciones 6-8, en donde la instrucción de descenso y la instrucción de ascenso resultan de una primera presión aplicada al dispositivo (154) de pedal, y en donde la instrucción de descenso rápido y la instrucción de ascenso rápido resultan de una segunda presión aplicada al dispositivo de pedal, siendo la segunda presión mayor que la primera presión.
- 10 10.El controlador de escaneo de TCO de acuerdo con las reivindicaciones 6-9, en donde la segunda instrucción se recibe desde el dispositivo (154) de pedal en respuesta al accionamiento del dispositivo de pedal usando uno de: un accionamiento de presión descendente mediante el antepié del usuario, y un accionamiento de presión ascendente mediante el retropié del usuario.

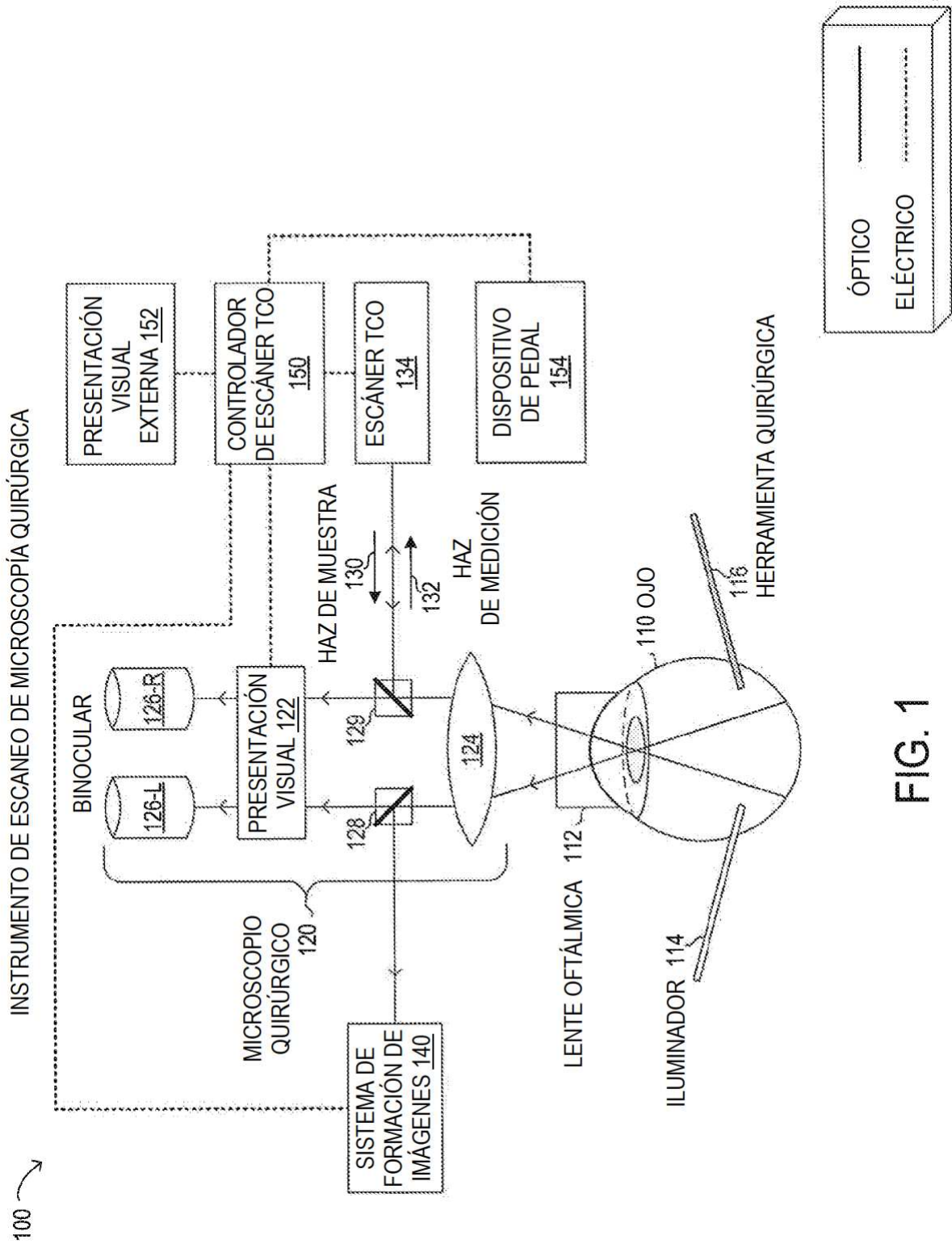


FIG. 1

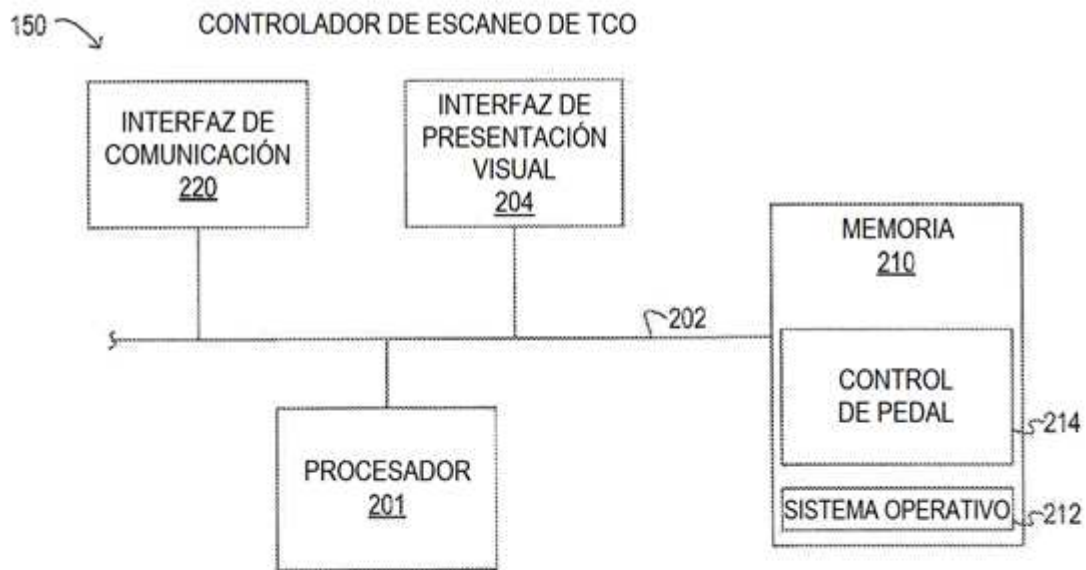


FIG. 2

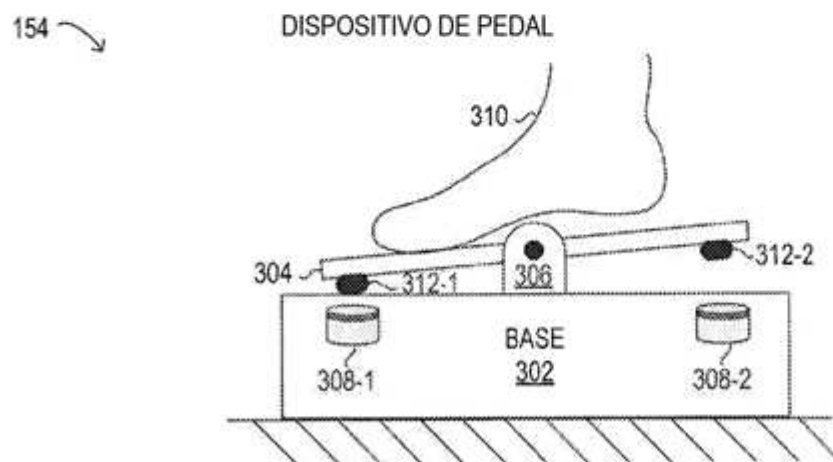


FIG. 3

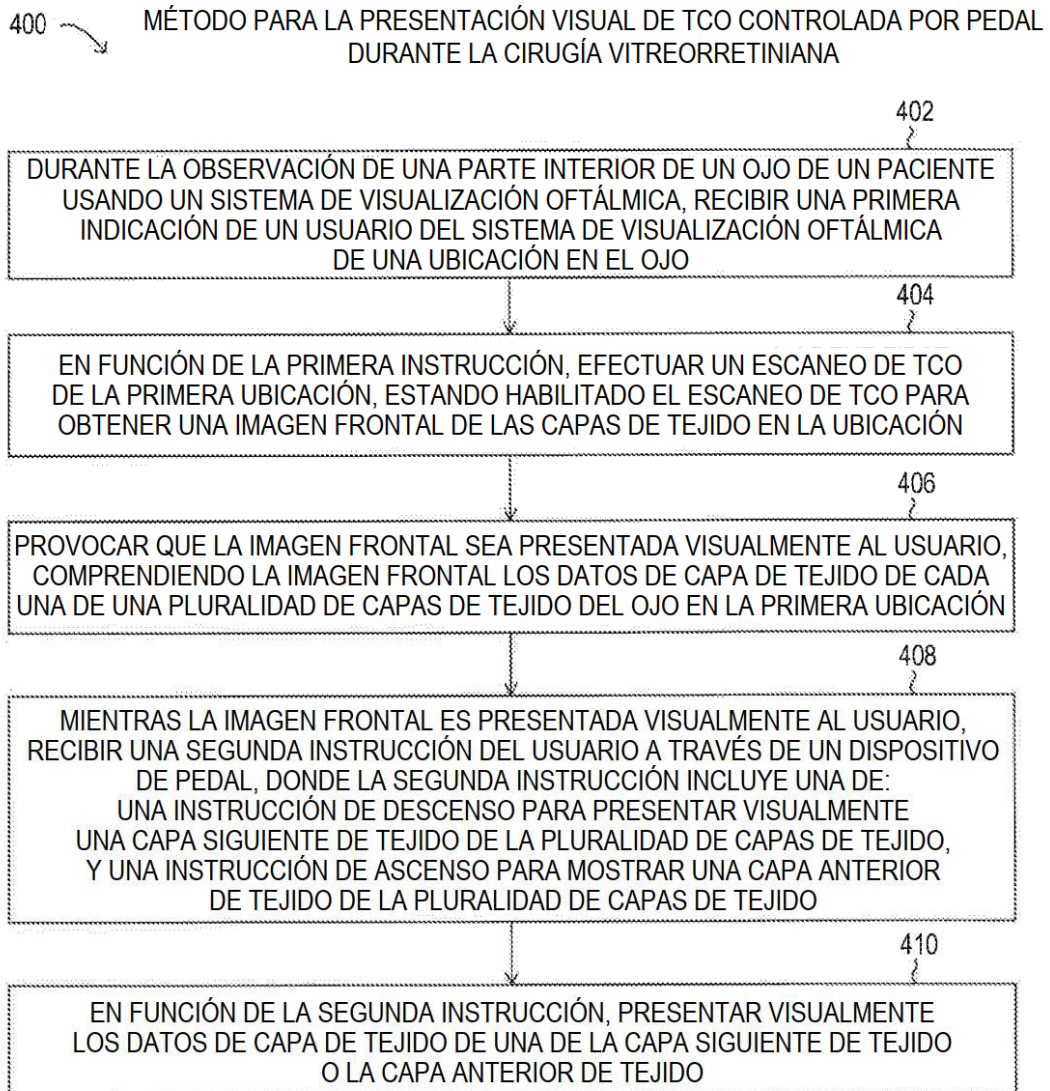


FIG. 4