

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 713**

51 Int. Cl.:

A61F 9/008 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2012 PCT/US2012/051862**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2013 WO13070300**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2012 E 12848530 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016 EP 2731534**

54 Título: **Cirugía láser retiniana**

30 Prioridad:

07.11.2011 US 201113290593

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

08.03.2017

73 Titular/es:

**ALCON RESEARCH, LTD. (100.0%)
6201 South Freeway
Fort Worth, TX 76134-2099, US**

72 Inventor/es:

**ARTSYUKHOVICH, ALEXANDER;
BOUKHNY, MIKHAIL;
DACQUAY, BRUNO y
YADLOWSKY, MICHAEL J.**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 604 713 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

Cirugía láser retiniana.

5 Breve resumen

10 En una implementación general, un proceso para cirugía láser retiniana puede incluir identificar vasos sanguíneos de retina a partir de una imagen de retina. El proceso puede incluir también determinar una localización de retina que necesite terapia y que no interseque sustancialmente un vaso sanguíneo de retina y que genera una orden de activar un láser retiniano cuando un haz del láser retiniano está alineado con el punto terapéutico. El proceso puede realizarse utilizando una pluralidad de configuraciones de sistema y de producto de programa informático.

15 En algunas implementaciones, puede obtenerse una imagen de la retina y utilizarse para identificar los vasos sanguíneos de retina. En algunos casos, puede obtenerse una imagen en tiempo real de una retina, pueden obtenerse vasos sanguíneos de retina a partir de otra imagen de retina y los vasos sanguíneos de retina pueden hacerse coincidir con la imagen de retina en tiempo real.

20 Las implementaciones particulares pueden incluir obtener una imagen en tiempo real de la retina. La imagen en tiempo real de la retina puede utilizarse para identificar los vasos sanguíneos de retina. En otros casos, los vasos sanguíneos de retina pueden hacerse coincidir con la imagen en tiempo real de la retina. Además, algunas implementaciones pueden incluir obtener una imagen de retina adicional después de uno o más disparos láser y que hacen coincidir los vasos sanguíneos de retina con la tercera imagen.

25 Se ajusta un disparo láser sobre la base de las características retinianas. La reflectividad de un punto de retina que necesita terapia se determina durante un disparo láser, y el disparo láser se ajusta sobre la base de la reflectividad determinada.

30 Algunas implementaciones pueden incluir ajustar la alineación de un haz láser. Las implementaciones particulares pueden incluir generar un disparo láser para la localización terapéutica.

35 Diversas implementaciones pueden incluir una o más características. Por ejemplo, puede aplicarse un punto de láser terapéutico a una retina de una manera automatizada, mientras se evitan los vasos sanguíneos. Así, la terapia retiniana automatizada puede conseguirse mientras se evitan daños a los vasos sanguíneos. Como otro ejemplo, pueden aplicarse múltiples disparos láser de una manera automatizada mientras se evitan los vasos sanguíneos. Así, puede conseguirse la terapia retiniana automatizada sobre un área relativamente grande, lo que puede reducir el tiempo y el esfuerzo quirúrgicos, mientras se evitan daños al vaso sanguíneo. Además, puesto que cada disparo láser terapéutico es individual, los disparos pueden dianizarse con precisión.

40 Los detalles y características de diversas implementaciones se expresarán por la siguiente descripción junto con los dibujos.

La invención se refiere en las reivindicaciones. Otras formas de realización son meramente a modo de ejemplo.

45 Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de sistema para cirugía láser retiniana.

50 Las figuras 2A-B son dibujos que ilustran un ejemplo de técnica de procesamiento utilizada por el sistema de cirugía láser retiniana de la figura 1.

La figura 3 es un dibujo que ilustra un ejemplo de técnica terapéutica aplicada por el sistema de cirugía láser retiniana de la figura 1.

55 La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra otro ejemplo de sistema para cirugía láser retiniana.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de proceso para cirugía láser retiniana.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo de proceso para cirugía láser retiniana.

60 La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo de proceso para la cirugía láser retiniana.

La figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de sistema informático para cirugía láser retiniana.

65 Descripción detallada

La figura 1 ilustra un ejemplo de sistema 100 para cirugía láser retiniana. El sistema 100 incluye una cámara de

fondo de ojo 110, una cámara de fondo de ojo en tiempo real 120, un láser retiniano 130 y un sistema de guiado de haz 140. El sistema 100 está adaptado para realizar la cirugía láser sobre un ojo 150 que incluye una córnea 152, un cristalino 154 y una retina 156, dirigiendo un haz láser a diversos puntos 157 sobre la retina 156.

5 La cámara de fondo de ojo 110 está adaptada para obtener una imagen de resolución relativamente alta de la retina 156 del ojo 150. La cámara de fondo de ojo 110 puede utilizar, por ejemplo, angiografía de fluoresceína para obtener la imagen. La cámara de fondo de ojo 110 puede obtener también imágenes de otras partes del fondo de ojo (por ejemplo, disco óptico, mácula y fóvea). En ciertas implementaciones, la cámara de fondo de ojo 110 puede ser un
10 oftalmoscopio láser de exploración ("SLO"). No obstante, la cámara de fondo de ojo 110 puede ser cualquier cámara, también una cámara o cámara de video, que esté operativa para suministrar una imagen de resolución suficiente para identificar los vasos sanguíneos retinianos. Por ejemplo, la cámara de fondo de ojo 110 puede ser cualquier cámara que esté operativa para suministrar imágenes de alta resolución o muy alta resolución de los vasos sanguíneos de retina. Así, la cámara de fondo de ojo 110 puede obtener imágenes de pretratamiento o en tiempo real de la retina 150.

15 La cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 está adaptada para obtener imágenes en tiempo real de la retina 156, asociar un patrón de vaso sanguíneo con la imagen, y controlar el disparo del láser retiniano 130. Para obtener imágenes en tiempo real, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 incluye un formador de imágenes 122. El formador de imágenes 122 puede ser, por ejemplo, un SLO, una cámara de vídeo o cualquier otro dispositivo
20 apropiado para formar la imagen de una retina en tiempo real. Puede utilizarse una cámara de video, por ejemplo, con un divisor de haz y una lámpara de hendidura con óptica de suministro de láser. Debe hacerse notar que una imagen en tiempo real puede ser o no una que sea idéntica a las condiciones de ojo actuales. Puede haber, por ejemplo, un retardo debido al tiempo de procesamiento. Además, puede utilizarse una imagen generada durante un corto periodo de tiempo (por ejemplo, unos pocos segundos) y considerarse aún tiempo real. La cámara de fondo de
25 ojo en tiempo real 120 puede obtener también imágenes de otras partes del fondo de ojo (por ejemplo, disco óptico, mácula y fóvea).

La cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 incluye también un procesador 124 de formador de imagen y un controlador de láser 126. El procesador de imagen 124 está adaptado para determinar un patrón de vaso sanguíneo
30 sobre la base de la imagen de retina procedente de la cámara de fondo de ojo 110 y asociar el patrón de vaso sanguíneo con la imagen en tiempo real. El controlador de láser 126 está adaptado para controlar el disparo de láser retiniano 130. El formador de imagen 122, el procesador de imagen 124 y el controlador de láser 126 pueden tener cada uno de ellos su propio procesador o compartir un procesador. En otras implementaciones, uno o más del formador de imágenes 122, el procesador de imágenes 124 y el controlador de láser 126 pueden compartir un
35 procesador. Además, podrán combinarse en la misma unidad.

En algunas implementaciones, la cámara de fondo de ojo 110 y la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 pueden obtener imágenes con diferentes resoluciones. Esto es, en algunas implementaciones, una de las cámaras puede obtener una imagen de la retina con una resolución mayor que la otra cámara. Además, las cámaras pueden
40 utilizar diferentes tecnologías de formación de imagen para obtener imágenes de la retina. Todavía en otras implementaciones, las cámaras pueden obtener imágenes que presenten la misma resolución u obtener imágenes utilizando la misma o similar tecnología de formación de imágenes.

En algunos casos, puede utilizarse una única cámara para controlar un láser sobre la base de las imágenes producidas por la cámara. Por ejemplo, en algunos casos, puede eliminarse la cámara de fondo de ojo 110. Así, según algunas implementaciones, una imagen producida por la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede utilizarse para determinar un patrón de vaso sanguíneo retiniano. En algunos casos, la cámara de fondo de ojo en
45 tiempo real 120 puede ser una cámara de video de alta definición. En otros casos, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede ser un SLO. Sin embargo, puede utilizarse cualquier dispositivo de formación de imagen operativo para producir una foto de alta resolución del fondo de ojo que muestre los vasos sanguíneos de la retina. Este patrón de vaso sanguíneo retiniano puede utilizarse para identificar localizaciones adecuadas para el tratamiento láser. Por ejemplo, las localizaciones adecuadas para tratamientos láser pueden ser localizaciones de la retina que no intersecan un vaso sanguíneo. En consecuencia, puede procesarse una imagen procedente de la
50 cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 por el procesador de imagen 124 para determinar un patrón de vaso sanguíneo.

El láser retiniano 130 puede ser generalmente cualquier láser para aplicar disparos láser terapéuticos a una retina. El láser retiniano 130 puede ser, por ejemplo, un láser de fotocoagulación. Para terapia, un láser retiniano puede presentar una potencia del orden de unos pocos vatios y una longitud de impulso de hasta unos pocos cientos de
60 milisegundos. La potencia y/o longitud de impulso del láser retiniano 130 son típicamente controlables.

El sistema de guiado de haz 140 está adaptado para guiar la luz (visible o no visible) desde la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 y el láser retiniano 130 a través de la córnea 152 y el cristalino 154 hasta localizaciones específicas en la retina 156 como un haz 142. El sistema de guiado de haz 140 puede guiar también luz desde la retina 156 hasta la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. El sistema de guiado de haz 140 puede incluir, por
65 ejemplo, uno o más espejos guiados por uno o más servoaccionamientos o un prisma de vidrio giratorio.

En algunas implementaciones, la cámara de fondo de ojo 110 forma la imagen de la retina 156 y pasa los datos de imagen a la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. La cámara de fondo de ojo 110 puede pasar los datos a la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 utilizando un enlace de comunicación 112 (por ejemplo, un bus o una red de área local).

El procesador de imagen 124 de la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede procesar una imagen de la retina para identificar vasos sanguíneos retinianos. Como se indica anteriormente, en algunas implementaciones, la imagen de la retina puede obtenerse utilizando la cámara de fondo de ojo 110. En otros casos, la imagen de la retina puede obtenerse por la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. El proceso de identificación puede realizarse por una variedad de técnicas bien conocidas. Por ejemplo, en algunos casos, la identificación de los vasos sanguíneos retinianos puede realizarse según la técnica descrita en "The Blood Vessel Recognition of Ocular Fundus", Proceedings of 2005 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2005, 18-21 de agosto, 2005 de Zhi-Wen Xu et al. En otros casos, los vasos sanguíneos retinianos pueden identificarse utilizando la técnica descrita en "A Texture-Based Neural Network classifier for Biometric Identification using Ocular Surface Vasculature", Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, Agosto de 2007 de Reza Derakhshani et al. Sin embargo, el alcance de la exposición no está así limitado. En consecuencia, puede utilizarse cualquier técnica adecuada para identificar vasos sanguíneos retinianos.

Antes, durante o después de esto, el formador de imágenes 122 de la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede formar la imagen de la retina 156. Por ejemplo, el formador de imágenes 122 puede generar un haz de luz 128, y el sistema de guiado de haz 140 puede explorar el haz de luz a lo largo de la retina 156 como el haz 142.

En casos en los que los vasos sanguíneos se identifican a partir de una imagen de la retina 156 obtenida por la cámara de fondo de ojo 110, el procesador de imagen 124 puede hacer coincidir el patrón de vaso sanguíneo con la imagen en tiempo real obtenida por la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. Esto es, el patrón de vaso sanguíneo obtenido a partir de una imagen de la cámara de fondo de ojo 110 puede alinearse (por ejemplo, ponerse a escala y localizarse con precisión) sobre la imagen de la retina obtenida por la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. La coincidencia puede realizarse, por ejemplo, identificando las características específicas (por ejemplo, disco óptico, ramificaciones de vaso sanguíneo, etc.). Las dos imágenes pueden hacerse girar entonces y ponerse a escala para conseguir un grado apropiado (por ejemplo, máximo) de características de solapamiento. En implementaciones en las que se utiliza una única cámara, puede eliminarse la coincidencia.

Las figuras 2A-B ilustran ejemplos de imágenes que pueden generarse por la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. En la figura 2A, la cámara de fondo de ojo en tiempo real ha procesado datos de imagen procedentes de la cámara de fondo de ojo 110 para determinar un patrón 210 de vaso sanguíneo de retina. En la figura 2B, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 ha hecho coincidir el patrón 210 de vaso sanguíneo con una imagen en tiempo real del ojo 150.

El controlador de láser 126 de la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede identificar una o más localizaciones para terapia de láser sobre la retina 156 dentro de una o más regiones definidas de la retina 156. Por ejemplo, un usuario, tal como, por ejemplo, un médico u otro profesional médico, puede identificar una región de la retina 156 que requiera tratamiento. En algunos casos, el usuario puede identificar una región de la retina 156 que requiere tratamiento a través de la interacción con una imagen visualizada de la retina. Por ejemplo, puede visualizarse en una pantalla una imagen de la retina. En algunos casos, la pantalla puede estar conectada a una consola quirúrgica o sistema informático o formar parte de estos, tal como el sistema informático mostrado en la figura 8 discutido a continuación. El usuario puede interactuar con la imagen de la retina para seleccionar la región de la retina para el tratamiento utilizando un dispositivo de entrada. Por ejemplo, los dispositivos de entrada tales como un ratón, bolígrafo, bola de desplazamiento u otro dispositivo, pueden utilizarse para seleccionar una región de la retina para tratamiento. En otros casos, la pantalla puede ser una pantalla táctil. En consecuencia, el usuario puede seleccionar la porción de la retina tocando la pantalla táctil, por ejemplo con un dedo u otro instrumento.

Además de seleccionar una región de la retina para tratamiento, un usuario puede definir también otros ajustes de tratamiento. Por ejemplo, un usuario puede definir uno o más de entre potencia de láser, duración puntual de láser (es decir, la duración de tiempo en la que el láser es incidente en una localización de retina), tamaño de punto y el espaciamiento ("densidad de empaquetamiento de puntos") de puntos a formarse en la retina.

El controlador de láser 126 puede determinar una o más localizaciones terapéuticas para tratamiento láser dentro de la región o regiones identificadas. El controlador de láser 126 puede determinar la localización o localizaciones de uno o más puntos a formarse en la retina dentro de la región seleccionada, por ejemplo, teniendo en cuenta una variedad de factores (por ejemplo, tamaño de punto, densidad de empaquetamiento de puntos, etc.) que pueden ajustarse por el usuario. Por ejemplo, un tamaño de punto puede ser de 1 mm y puede haber 1 mm entre puntos.

El controlador de láser 126 determina si una localización terapéutica en la que debe formarse un punto interseca con un vaso sanguíneo de retina. Por ejemplo, esta determinación puede basarse en la proximidad de la localización al vaso sanguíneo así como el tamaño del punto a crear. Si la localización terapéutica interseca con un vaso

sanguíneo de retina, el controlador de láser 126 puede identificar otra localización con necesidad de terapia. En implementaciones particulares, puede permitirse una pequeña cantidad de intersección de un disparo láser con un vaso sanguíneo (que cubre, por ejemplo, menos del 10% del vaso sanguíneo). Típicamente, la potencia de láser cae más allá del centro del haz.

5 Una vez que el controlador de láser 126 identifica una localización con necesidad de terapia y que no interseca un vaso sanguíneo, el controlador de láser 126 puede instruir al sistema de guiado de haz 140 a que alinee el haz 142 con la localización terapéutica. La instrucción o instrucciones pueden enviarse, por ejemplo, a través de un enlace de datos 144 (por ejemplo, un bus o red de área local). El controlador de láser 126 puede instruir también al láser retiniano 130 a que dispare cuando el sistema de guiado de haz ha alineado un haz 132 con la localización terapéutica. Las instrucciones pueden enviarse, por ejemplo, a través de un enlace de datos 134 (por ejemplo, un bus o red de área local). Después de que se haya disparado el láser retiniano 130, el controlador de láser 126 puede determinar otra localización terapéutica apropiada. Por ejemplo, el controlador de láser 126 puede determinar otra localización terapéutica apropiada. Por ejemplo, el controlador de láser 126 puede determinar otra localización terapéutica que no interseca un vaso sanguíneo dentro de la región para terapia de láser. El controlador de láser 126 puede ajustar también el sistema de guiado de haz 140 para alinearse con la nueva localización terapéutica e instruir al láser retiniano 130 a que dispare de nuevo.

20 La figura 3 ilustra una técnica terapéutica que puede conseguirse utilizando el sistema 100 para realizar la cirugía láser retiniana. En general, la figura 3 ilustra una imagen de retina 300 con un patrón de vaso sanguíneo 210 superpuesto sobre él. En la imagen 300, se ha definido una región 320 para la cirugía láser retiniana por un usuario, tal como, por ejemplo, un médico u otro profesional médico. La región 320 tiene una pluralidad de localizaciones 330 que se han identificado para la aplicación potencial de un haz láser. En algunos casos, las localizaciones 330 pueden determinarse, por ejemplo, sobre la base del ajuste del usuario del tamaño y espaciamiento del punto. En algunos casos, las localizaciones 330 pueden determinarse manualmente. En otros casos, las localizaciones 330 pueden determinarse por un procesador. Las localizaciones 330 incluyen localizaciones 332 y localizaciones 334. Las localizaciones 332 no intersecan los vasos sanguíneos 330, y las localizaciones 334 intersecan los vasos sanguíneos 330. Así, las localizaciones 332 deben tratarse por un láser retiniano mientras las localizaciones 334 no deben tratarse.

30 El sistema 100 puede incluir también otras operaciones. Por ejemplo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede formar la imagen del ojo 150 periódicamente. Puede formarse la imagen del ojo 150 periódicamente para volver a determinar la posición del ojo. Por ejemplo, en algunas implementaciones, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede formar la imagen repetidamente de la retina 156 a una frecuencia definida, tal como, un periodo de tiempo definido, entre disparos láser, etc. La cámara de fondo de ojo en tiempo real puede hacer entonces ajustes en su dianización del láser retiniano 130 si se ha movido el ojo. En algunos casos, pueden transcurrir aproximadamente 5 ms entre los movimientos del ojo debido al movimiento sacádico. Las imágenes periódicas pueden tomarse en una o más veces entre los movimientos del ojo para dianizar con precisión el láser retiniano 130. Una cámara CMOS de enventanado, que presente una frecuencia de trama parcial alta, por ejemplo, puede utilizarse para proporcionar la captura de imagen rápida (es decir, de frecuencia de trama alta).

45 Como otro ejemplo, el procesador de imagen 124 puede determinar la reflectividad de una localización terapéutica en una retina antes de que el láser retiniano 130 se active y se ajuste el disparo láser sobre la base de esta determinación. En implementaciones particulares, por ejemplo, una localización de retina puede necesitar ser calentada a alrededor de 50 grados C para conseguir un efecto terapéutico. Sin embargo, el calentamiento depende de su reflectividad así como del diámetro y la longitud de onda del punto de láser de tratamiento.

50 La reflectividad de una localización de la retina puede determinarse, por ejemplo, sobre la base de la intensidad de la luz reflejada en la cámara de fondo de ojo 110 o la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120, indicando la mayor cantidad de luz reflejada una reflectividad más elevada. Las características apropiadas para que un disparo láser tenga un efecto terapéutico mejorado dependen del color de la retina que puede variar de localización a localización dentro del ojo 150, y la reflectividad puede correlacionarse con el color. Por ejemplo, el 30% de la reflectividad puede correlacionarse con un color marrón, y el 80% de la reflectividad puede correlacionarse con un color naranja. Una localización que presente una reflectividad más alta puede requerir un disparo láser más intenso (por ejemplo, potencia y/o longitud de impulso incrementadas), y una localización que tenga una reflectividad más baja puede requerir un disparo láser menos intenso. Evaluando una localización terapéutica antes de que se active el láser retiniano y ajustando el disparo láser (por ejemplo, potencia y/o longitud de impulso), la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede proporcionar un efecto terapéutico mejorado en una localización. Además, pueden hacerse los ajustes sobre una base de localización por localización.

60 Como un ejemplo adicional, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede determinar la reflectividad de la retina 156 en una localización terapéutica durante un disparo láser y ordenar al láser retiniano 130 que ajuste el disparo láser (por ejemplo, la potencia y/o longitud de impulso) sobre la base de la reflectividad determinada. El efecto terapéutico proporcionado a una localización de retina puede determinarse por el grado de blanqueamiento que tiene lugar debido a un disparo láser, y el blanqueamiento puede correlacionarse con la reflectividad. Así, evaluando una localización terapéutica mientras el láser retiniano está funcionando y ajustando el disparo láser, la

cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede proporcionar un efecto terapéutico mejorado. En implementaciones particulares, el disparo láser puede terminarse tan pronto como se haya conseguido un valor preajustado de blanqueamiento de la retina para la localización de la retina.

5 El sistema 100 presenta una variedad de características. Por ejemplo, el sistema 100 aplica un disparo láser terapéutico a una retina mientras evita los vasos sanguíneos. Así, puede conseguirse la terapia retiniana automatizada mientras se evitan daños a los vasos sanguíneos. Adicionalmente, pueden aplicarse múltiples disparos láser de una manera automatizada mientras se evitan los vasos sanguíneos. Así, puede lograrse la terapia retiniana automatizada sobre un área relativamente grande, lo que puede reducir el tiempo y el esfuerzo quirúrgicos, mientras se evitan daños a los vasos sanguíneos. Además, puesto que cada disparo láser terapéutico es individual, éste puede dianizarse con precisión. El sistema 100 puede ser útil para generar una variedad de efectos terapéuticos, incluyendo tratar la retinopatía diabética, activar la terapia fotodinámica y tratar la degeneración macular.

15 Aunque la figura 1 ilustra una implementación de un sistema para la cirugía láser retiniana, otros sistemas para cirugía láser retiniana pueden tener menos componentes, componentes adicionales y/o una disposición diferente de componentes. Por ejemplo, el procesador de imagen y el controlador de láser pueden ser parte del mismo subsistema. Por ejemplo, pueden ser parte del mismo ordenador. Como otro ejemplo, el procesador de imagen y el controlador de láser pueden no ser parte de la cámara de fondo de ojo en tiempo real. Por ejemplo, pueden ser subsistemas independientes acoplados uno a otro por una o más redes de comunicación. Adicionalmente, el sistema 100 puede incluir componentes adicionales (por ejemplo, un combinador de haz). Como otro ejemplo, el sistema 100 puede no incluir la cámara de fondo de ojo 110. Por ejemplo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120 puede proporcionar la imagen de retina a partir de la que se determina el patrón de vaso sanguíneo. Por ejemplo, puede utilizarse una cámara de fondo de ojo en tiempo real que presente una resolución suficiente para determinar el patrón de vaso sanguíneo. Así, puede utilizarse una única cámara para controlar un láser sobre la base de imágenes producidas por la cámara. En estas implementaciones, el patrón de vaso sanguíneo puede no tener que hacerse coincidir con la imagen en tiempo real. Otros sistemas pueden aplicar también técnicas terapéuticas similares a las ilustradas en la figura 3.

30 La figura 4 ilustra otro ejemplo de sistema 400 para cirugía láser retiniana. El sistema 400 incluye una cámara de fondo de ojo en tiempo real 410, un láser retiniano 420, un combinador de haz 430 y un sistema de guiado de haz 440. El sistema 400 está adaptado para realizar la cirugía láser en un ojo 450, que incluye una córnea 452, un cristalino 454 y una retina 456.

35 En esta implementación, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede incluir, por ejemplo, un SLO, y un láser retiniano 420 puede ser, por ejemplo, un láser de fotocoagulación. El combinador de haz 430 está adaptado para combinar los haces de la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 y el láser retiniano 420.

40 El combinador de haz 430 puede ser, por ejemplo, un divisor de haz que combine luz de diferentes longitudes de onda (si es o no visible). Por ejemplo, los láseres de tratamiento son frecuentemente verdes (por ejemplo, 514 nm) o amarillo (por ejemplo, 577 nm), y el láser de formación de imagen puede estar en el IR próximo, lo que puede reducir la incomodidad del paciente. Además, el uso de una longitud de onda diferente para el láser de formación de imagen puede producir una calidad de imagen mejor. Así, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede funcionar en una banda espectral (por ejemplo, 800 nm) y el láser retiniano 420 puede funcionar en otra banda espectral (por ejemplo, 532 nm).

50 El sistema de guiado de haz 440 está adaptado para dirigir haces desde la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 y el láser retiniano 420 hasta diversas localizaciones 457 en la retina 456. En esta implementación, el sistema de guiado de haz 440 incluye un espejo galvanométrico 442 y un accionamiento galvanométrico 444. En respuesta a órdenes de entrada, el accionamiento galvanométrico 444 ajusta la orientación del espejo galvanométrico 442 que ajusta la dirección de los haces. En implementaciones particulares, el sistema de guiado de haz 440 puede incluir múltiples espejos y accionamientos.

55 En ciertos modos de funcionamiento, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede procesar una o más imágenes de la retina 456 para identificar los vasos sanguíneos de retina. Por ejemplo, las imágenes pueden proceder de una cámara de fondo de ojo (no mostrada) que pasa los datos de imagen a la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410, o la cámara de fondo de ojo 410 puede formar la imagen por sí misma de la retina 456. La cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede obtener también una imagen en tiempo real de la retina 456 y hacer coincidir el patrón de vaso sanguíneo con la imagen.

60 La cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede identificar también una o más localizaciones 457 con necesidad de terapia en la retina 456. Por ejemplo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede identificar una localización identificando una localización predeterminada con necesidad de terapia o determinando una localización sobre la base de una indicación (por ejemplo, entrada de usuario) con respecto a una región con necesidad de terapia. La cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 determina también si la localización terapéutica interseca con un vaso sanguíneo. En algunos casos, la intersección puede determinarse sobre la base de la

proximidad de la localización a un vaso sanguíneo, así como un tamaño (por ejemplo, diámetro) de un punto a formarse en la localización. Si la localización terapéutica interseca con un vaso sanguíneo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede identificar otra localización con necesidad de terapia.

5 Una vez que la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 identifica una localización con necesidad de terapia y que no interseca un vaso sanguíneo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede instruir al sistema de guiado de haz 440 a alinear un haz 422 del láser retiniano 420 con la localización. La cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede instruir también al láser retiniano 420 a disparar cuando el sistema de guiado de haz ha alineado el haz 422 con la localización terapéutica. Después de que se haya disparado el láser retiniano 420, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede determinar otra localización terapéutica apropiada, ajustar el sistema de guiado de haz 440 e instruir al láser retiniano 420 a que dispare de nuevo.

15 El sistema 100 puede incluir también otras operaciones. Por ejemplo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede formar la imagen del ojo 450 periódicamente (por ejemplo, cada pocos segundos o entre cada disparo láser) para volver a determinar la posición del ojo. La cámara de fondo de ojo en tiempo real puede hacer entonces ajustes en su dianización del láser retiniano 420 si el ojo se ha movido. Típicamente, el ojo tarda aproximadamente 5 ms en moverse. Así, hay tiempo para hacer ajustes.

20 Como otro ejemplo, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede determinar la reflectividad de una localización terapéutica en una retina antes de que el láser retiniano 420 se active y ajustar el disparo láser sobre la base de esta determinación. Por ejemplo, la reflectividad de una localización puede determinarse sobre la base de la luz reflejada en la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410, indicando la mayor cantidad de luz reflejada una reflectividad más alta. Las características apropiadas para que un disparo láser tenga un efecto terapéutico mejorado pueden depender del color de la retina, que puede variar de localización a localización dentro del ojo 150, y la reflectividad puede correlacionarse con el color. Una localización que presente una reflectividad más alta puede requerir un disparo láser más intenso (por ejemplo, potencia y/o longitud de impulso incrementadas), y una localización que presenta una reflectividad menor puede requerir un disparo láser menos intenso. Evaluando una localización terapéutica antes de que se active el láser retiniano y ajustando el disparo láser (por ejemplo, potencia y/o longitud de impulso), la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede proporcionar un efecto terapéutico mejorado en una localización. Además, los ajustes pueden hacerse sobre una base de localización por localización.

35 Como un ejemplo adicional, la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede determinar la reflectividad de la retina 456 en una localización terapéutica durante un disparo láser y ordenar al láser retiniano 420 que ajuste el disparo láser (por ejemplo, potencia o longitud de impulso) sobre la base de la reflectividad determinada. La cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede determinar la reflectividad de una localización terapéutica durante un disparo láser muestreando la retina en la misma banda espectral o una banda espectral diferente de la utilizada por el láser retiniano 420. Cuando tiene lugar el blanqueamiento de la retina, la reflectividad cambia en un amplio rango de longitudes de onda. El combinador de haz 430 puede combinar el haz de la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 con el del láser retiniano 420, y el sistema de guiado de haz 440 puede guiar los haces combinados a la localización terapéutica. La parte reflejada del haz procedente de la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 puede enviarse entonces desde el sistema de guiado de haz 440 hasta el combinador de haz 430, que puede dirigirlo de nuevo a la cámara de fondo de ojo en tiempo real 410 para la detección y análisis.

45 La figura 5 ilustra un ejemplo de proceso 500 para cirugía retiniana. En algunos casos, el proceso 500 puede realizarse por un sistema similar al sistema 100 o el sistema 400.

50 El proceso 500 necesita formar imágenes de una retina (operación 504). En algunas implementaciones, puede formarse la imagen de una retina utilizando una cámara de fondo de ojo en tiempo real, un SLO u otro dispositivo apropiado. En algunos casos, puede utilizarse angiografía con fluoresceína para obtener imágenes de la retina. En otros casos, puede obtenerse una imagen en directo de la retina. En algunas implementaciones, puede utilizarse cualquier cámara de video de alta definición para producir una imagen en directo. Por ejemplo, en algunos casos, puede utilizarse una cámara de video de alta definición acoplada a una lámpara de hendidura. En 508, puede determinarse un patrón de vaso sanguíneo de la retina sobre la base de la imagen retiniana obtenida. El patrón de vaso sanguíneo puede determinarse utilizando uno o más algoritmos bien conocidos o cualquier otra técnica adecuada. Por ejemplo, puede utilizarse una de las técnicas divulgadas anteriormente. Sin embargo, la exposición no está así limitada. Por tanto, puede utilizarse cualquier técnica adecuada.

60 En algunos casos, puede obtenerse una segunda imagen de la retina. Por ejemplo, la segunda imagen puede obtenerse a partir de una segunda cámara. La segunda cámara puede ser una cámara de fondo de ojo en tiempo real. En algunas implementaciones, la primera cámara de fondo de ojo y la segunda cámara de fondo de ojo pueden obtener imágenes con diferentes resoluciones. Esto es, en algunas implementaciones, una de las cámaras puede obtener una imagen de la retina con una resolución mayor que la otra cámara. Además, las primera y segunda cámaras pueden utilizar diferentes tecnologías de formación de imagen para obtener imágenes de la retina. Todavía en otras implementaciones, la primera y segunda cámaras pueden obtener imágenes que presenten la misma resolución u obtener imágenes que utilicen la misma o similar tecnología de formación de imagen.

Por ejemplo, en implementaciones que utilicen una segunda cámara, la segunda cámara puede obtener una imagen en tiempo real de la retina. En algunos casos, la segunda cámara puede ser un SLO o una cámara de video. El patrón de vaso sanguíneo puede hacerse coincidir con la imagen en tiempo real de la retina.

5 En 512, puede identificarse una región terapéutica de la retina para el tratamiento. Por ejemplo, la identificación de la región terapéutica de la retina puede realizarse recibiendo entradas de un usuario, tal como, por ejemplo, un médico u otro profesional médico. En algunos casos, la entrada del usuario puede realizarse por la interacción del usuario con una imagen presentada de la retina para definir la región de la retina para el tratamiento. Por ejemplo, la entrada puede recibirse a través de un dispositivo de entrada, tal como, por ejemplo, una pantalla táctil, ratón, teclado, bola de desplazamiento u otro dispositivo de entrada.

10 En 520, una o más localizaciones pueden determinarse dentro de la región terapéutica identificada de la retina. En algunos casos, un usuario puede identificar una localización dentro de la región identificada como punto de inicio de las localizaciones para terapia. En otros casos, pueden identificarse una o más localizaciones terapéuticas recuperando previamente las localizaciones terapéuticas identificadas. Las localizaciones terapéuticas en una región pueden disponerse según una variedad de factores. Por ejemplo, las localizaciones terapéuticas pueden disponerse según el tamaño de los puntos de láser terapéutico a formar y su densidad de empaquetamiento. Estos factores pueden ser introducidos por el usuario.

15 El proceso 500 requiere también determinar si la localización terapéutica interseca con un vaso sanguíneo retiniano (operación 524). En algunos casos, puede considerarse que una localización terapéutica interseca un vaso sanguíneo retiniano si la localización cubre cualquier parte del vaso sanguíneo retiniano. Además, puede determinarse que una localización terapéutica interseque un vaso sanguíneo si la localización cubre un vaso sanguíneo o si el punto terapéutico a formarse en la localización intersecaría un vaso sanguíneo retiniano. Puede determinarse que un punto interseque un vaso sanguíneo sobre la base del tamaño (por ejemplo, diámetro) del punto a formarse. Por ejemplo, puede determinarse que un punto interseque un vaso sanguíneo si el punto cubre el vaso sanguíneo en una cantidad seleccionada. En algunas implementaciones, puede permitirse una pequeña cantidad de intersección.

20 Si la localización terapéutica no interseca con un vaso sanguíneo retiniano, el proceso 500 requiere ajustar la alineación de un haz láser para corresponder con la localización terapéutica (operación 528). La alineación de un haz láser puede ajustarse, por ejemplo, por un sistema de espejo/accionamiento galvanométrico. El proceso 500 requiere también activar un láser retiniano (operación 532). El láser puede activarse, por ejemplo, a una potencia y una longitud de impulso predefinidas.

25 El proceso 500 requiere también determinar si hay otra localización terapéutica retiniana a tratar (operación 536). Frecuentemente, la región retiniana que quiere tratamiento terapéutico es relativamente grande en comparación con el punto formado por el láser, y así puede haber muchas localizaciones terapéuticas (por ejemplo, miles) con necesidad de tratamiento.

30 Si hay otra localización terapéutica a tratar, el proceso 500 necesita determinar otra localización terapéutica (operación 520). Sin embargo, si no hay otra localización terapéutica a tratar, el proceso 500 está terminado.

35 Volviendo a la operación 524, si una localización terapéutica interseca un vaso sanguíneo, el proceso 500 requiere determinar si debe tratarse otra localización terapéutica (operación 536). Esto es, el proceso 500 omite el tratamiento terapéutico para una localización que interseca un vaso sanguíneo. Si hay otra localización terapéutica a tratar, el proceso 500 requiere determinar otra localización terapéutica (operación 520), y si no hay otra localización terapéutica a tratar, el proceso 500 está terminado.

40 Aunque el proceso 500 ilustra un ejemplo de proceso para cirugía láser retiniana, otros procesos para cirugía láser retiniana pueden incluir pocas operaciones, operaciones adicionales o una disposición diferente de éstas. Por ejemplo, un proceso puede no incluir formación de imagen de una retina. En algunos casos, esto puede ocurrir si se ha formado la imagen de la retina en otro punto. Como otro ejemplo, un proceso puede incluir obtener una imagen en tiempo real de la retina. La imagen en tiempo real puede obtenerse, por ejemplo, utilizando un SLO, una cámara de video u otro dispositivo adecuado. El patrón de vaso sanguíneo puede hacerse coincidir con la imagen en tiempo real. En algunos casos, la imagen en tiempo real de la retina y una o más imágenes adicionales de la retina pueden tener diferentes resoluciones. Además, la imagen en tiempo real de la retina y una o más imágenes diferentes de la retina pueden obtenerse utilizando diferentes cámaras. Alternativamente, las imágenes de la retina pueden obtenerse por la misma cámara en diferentes resoluciones. Todavía en otros casos, las imágenes de la retina pueden obtenerse por la misma cámara en la misma resolución. La región terapéutica puede identificarse utilizando la imagen en tiempo real con los vasos sanguíneos de retina hechos coincidir en la misma.

45 Como ejemplo adicional, un proceso puede incluir evaluar una pluralidad de localizaciones terapéuticas (por ejemplo, dos o más) para intersección con un vaso sanguíneo antes de ajustar el láser. Así, un proceso puede determinar previamente qué localizaciones terapéuticas son viables. Como ejemplo adicional, un proceso puede incluir escanear el ojo (por ejemplo, con un SLO) para asegurarse de que está en la misma posición antes de

realizar otro disparo láser terapéutico. Como ejemplo adicional, un proceso puede incluir ajustar un disparo láser antes o durante el disparo láser que se discutirá a continuación. Los ajustes a los disparos láser se hacen sobre la base de los límites de variabilidad establecidos por un usuario.

5 La figura 6 ilustra otro ejemplo de proceso 600 para cirugía láser retiniana. En algunas implementaciones, el proceso 600 puede realizarse por un sistema similar al sistema 100 o el sistema 400. Sin embargo, estos sistemas se proporcionan meramente como ejemplos. Así, otros sistemas pueden utilizarse también para realizar el proceso 600. El proceso 600 puede utilizarse también como parte de otro proceso para cirugía retiniana, el proceso 500, por ejemplo. El proceso 600 puede repetirse varias veces durante una intervención quirúrgica.

10 El proceso 600 requiere determinar la reflectividad de una localización terapéutica en una retina antes de activar un láser (operación 604). En algunos casos, la reflectividad puede determinarse sobre la base de la luz reflejada en un SLO, indicando la mayor cantidad de luz reflejada una reflectividad más alta.

15 El proceso 600 requiere también ajustar un disparo láser para la localización terapéutica sobre la base de la reflectividad (operación 608). Por ejemplo, una localización que tenga una reflectividad más alta puede requerir un disparo láser más intenso (por ejemplo, potencia y/o longitud de impulso incrementadas), y una localización que tenga una reflectividad más baja puede requerir un disparo láser menos intenso. El proceso 600 está entonces terminado.

20 La figura 7 ilustra un ejemplo adicional de proceso 700 para cirugía láser retiniana. En algunos casos, el proceso 700 puede realizarse por un sistema similar al sistema 100 o al sistema 400. Sin embargo, estos sistemas se proporcionan meramente como ejemplos. Así, otros sistemas pueden utilizarse también para realizar el proceso 700. El proceso 700 puede utilizarse también como parte de otro proceso para cirugía retiniana, el proceso 500, por ejemplo. El proceso 700 puede repetirse varias veces durante una intervención quirúrgica.

25 El proceso 700 requiere determinar la reflectividad de una localización terapéutica en una retina durante un disparo láser (operación 704). La reflectividad puede determinarse, por ejemplo, sobre la base de la luz reflejada en un SLO, indicando la mayor cantidad de luz reflejada una reflectividad más alta. Puede utilizarse un SLO, por ejemplo en conjunción con un láser terapéutico, siendo de una potencia mucho menor y estando en una banda de onda independiente. Los disparos láser retinianas terapéuticos pueden llevar del orden de 100 ms. Así, la determinación puede tener que ocurrir en una franja de tiempo menor que esto.

30 El proceso 700 requiere también ajustar el disparo láser sobre la base de la reflectividad (operación 708). Por ejemplo, una localización que presente una reflectividad más alta puede requerir un disparo láser más intenso (por ejemplo, potencia y/o longitud de impulso incrementadas), y una localización que presenta menor reflectividad puede requerir un disparo láser debilitado. La cantidad de reflectividad, que corresponde al grado deseado de blanqueamiento de la retina, en el que termina el disparo láser, puede preajustarse por el médico, por ejemplo. El proceso 700 está entonces terminado.

35 Como se apreciará por el experto en la técnica, los aspectos de la presente exposición pueden implementarse como un sistema, método o producto de programa informático. En consecuencia, los aspectos de la presente exposición pueden adoptar la forma de un entorno completamente de hardware, una forma de realización completamente de software (incluyendo firmware, software residente, microcódigo, etc.), o una implementación que combine aspectos de software y hardware que pueden referirse todos ellos en general en la presente memoria a un "circuito", "módulo" o "sistema". Además, los aspectos de la presente exposición pueden adoptar la forma de un producto de programa informático realizado en uno o más medios legibles por ordenador que tiene un código de programa legible por ordenador realizado en él.

40 Puede utilizarse cualquier combinación de uno o más medios legibles por ordenador. El medio legible por ordenador puede ser un medio de señal legible por ordenador o un medio de almacenamiento legible por ordenador. En algunos casos, un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, pero no está limitado a ello, un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) de un medio de almacenamiento legible por ordenador incluiría lo siguiente: una conexión eléctrica que presenta uno o más cables, un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable borrrable (EPROM o memoria flash), una fibra óptica, una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. En el contexto de esta exposición, un medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un medio tangible que puede contener o almacenar un programa para uso por un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucción o en conexión con éste.

45 Un medio de señal legible por ordenador puede incluir una señal de datos propagada con un código de programa legible por ordenador realizado en él, por ejemplo en banda de base o como parte de una onda portadora. Tal señal propagada puede adoptar cualquiera de una variedad de formas, incluyendo, pero sin limitarse a ello,

electromagnética, óptica o cualquier combinación adecuada de éstas. Un medio de señal legible por ordenador puede ser cualquier medio legible por ordenador que no sea un medio de almacenamiento legible por ordenador y que puede comunicar, propagar o transportar un programa para uso por un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucción o en conexión con éste.

5 El código de programa realizado en un medio legible por ordenador puede transmitirse utilizando cualquier medio, incluyendo, pero sin limitarse a ello, medios inalámbricos, cable, cable de fibra óptica, radiofrecuencia (RF), etc., o cualquier combinación adecuada de lo anterior.

10 El código de programa informático para llevar a cabo operaciones para aspectos de la exposición puede escribirse en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación tales como Java, Smalltalk, C++ o similares y lenguajes de programación procedimentales convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. El código de programa puede ejecutarse completamente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software autónomo, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto, o completamente en el ordenador o servidor remoto. En el último escenario, el ordenador remoto puede conectarse al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluyendo una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN), o una red inalámbrica (por ejemplo, Wi-Fi o celular), o la conexión puede hacerse con un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet utilizando un proveedor de servicios de Internet).

20 Los aspectos de la exposición se describen a continuación con referencia a ilustraciones del diagrama de flujo y/o diagramas de bloques de métodos, aparatos (sistemas) y productos de programa informático según las implementaciones. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o los diagramas de bloques, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques pueden implementarse por instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático pueden proporcionarse a un procesador de un ordenador de finalidad general, un ordenador de finalidad especial u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de tal manera que las instrucciones que se ejecutan a través del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, crean medios para implementar las funciones/acciones especificados en el diagrama de flujo y/o el bloque o bloques de diagrama de bloques.

25 Estas instrucciones de programa informático pueden almacenarse también en un medio legible por ordenador que puede dirigir un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable u otro dispositivo para funcionar de una manera particular, de tal modo que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación que incluya instrucciones que implementan la función/acción especificada en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

30 Las instrucciones de programa informático pueden cargarse también en un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable u otros dispositivos para provocar una serie de etapas operativas a realizar en el ordenador, otro aparato programable u otros dispositivos para producir un proceso implementado por ordenador de tal manera que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionan procesos para implementar las funciones/acciones en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques del diagrama de bloques.

35 La figura 8 ilustra un ejemplo de sistema informático 800 para cirugía láser retiniana. En algunos casos, el sistema 800 puede ser parte de una cámara de fondo de ojo en tiempo real como la cámara de fondo de ojo en tiempo real 120. Sin embargo, en otros casos, el sistema 800 puede ser un sistema independiente. Todavía en otros casos, el sistema 800 puede formar parte de otro componente o dispositivo. El sistema 800 incluye un procesador 810, un sistema de entrada/salida 820 y la memoria 830, que están acoplados uno a otro por una red 850.

40 El procesador 810 incluye típicamente una unidad de procesamiento lógico (por ejemplo, una unidad de lógica aritmética) que procesa datos bajo la dirección de instrucciones de programa (por ejemplo, de software). Por ejemplo, el procesador 810 puede ser un microprocesador, un microcontrolador o un circuito integrado específico de aplicación. En general, el procesador 810 puede ser cualquier dispositivo que manipule datos de una manera lógica.

45 El sistema de entrada/salida 820 puede incluir, por ejemplo, una o más interfaces de comunicación y/o una o más interfaces de usuario. Una interfaz de comunicación puede ser, por ejemplo, una tarjeta de interfaz de red (ya sea inalámbrica o no) o un módem. Una interfaz de usuario podría ser, por ejemplo, un dispositivo de entrada de usuario (por ejemplo, un teclado, un teclado numérico, un teclado táctil, un lápiz óptico o un micrófono) o un dispositivo de salida de usuario (por ejemplo, un monitor, una pantalla o un altavoz). En general, el sistema 820 puede ser cualquier combinación de dispositivos por los que un sistema informático puede recibir y emitir datos.

50 La memoria 830 puede incluir, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM) y/o una memoria de disco. Pueden almacenarse diversos elementos en diferentes partes de la memoria en diversos momentos. La memoria 830, en general, puede ser cualquier combinación de dispositivos para almacenar datos.

La memoria 830 incluye instrucciones 832 y datos 842. Las instrucciones 832 incluyen un sistema operativo 834 (por ejemplo, Windows, Linux o Unix) y aplicaciones 836. Los datos 842 incluyen los datos requeridos para las aplicaciones 836 y/o producidos por éstas.

5 En esta implementación, las aplicaciones 836 incluyen reconocimiento de vaso sanguíneo 837, coincidencia de imágenes 838 y control de láser 839. Las aplicaciones 837-839 pueden ser aplicaciones o partes independientes (por ejemplo, subrutinas o bibliotecas) de una aplicación mayor. Los datos 842 incluyen una imagen de retina 843, un patrón de vaso sanguíneo 844, una imagen de retina en tiempo real 845 y localizaciones terapéuticas 846.

10 La red 850 es responsable de comunicar datos entre el procesador 810, el sistema de entrada/salida 820 y la memoria 830. La red 850 puede incluir, por ejemplo, una pluralidad de diferentes tipos de buses (por ejemplo, en serie y en paralelo).

15 En ciertos modos de funcionamiento, el procesador 810 procesa la imagen de retina 843 según la aplicación de reconocimiento 837 de vaso sanguíneo para obtener un patrón de vaso sanguíneo 844. La imagen de retina 843 puede haberse recibido a través del sistema de entrada/salida 820 procedente de una cámara de fondo de ojo (por ejemplo, de diagnóstico o en tiempo real). El procesador 810 procesa entonces el patrón de vaso sanguíneo 844 y la imagen de retina en tiempo real 845 según la aplicación de coincidencia 838 para hacer coincidir el patrón de vaso sanguíneo 844 con la imagen de retina en tiempo real 845.

20 Utilizando la aplicación de control de láser 839, el procesador 810 puede seleccionar una localización terapéutica 846. En algunos casos, el procesador 810 puede determinar localizaciones con necesidad de terapia identificando una localización predeterminada con necesidad de terapia o determinar localizaciones sobre la base de una indicación (por ejemplo, la entrada de usuario) con respecto a una región con necesidad de terapia. El procesador 810 puede determinar una o más localizaciones sobre la base de una indicación de región teniendo en cuenta una variedad de factores (tamaño de punto, densidad de empaquetamiento de puntos, etc.).

25 Asimismo, según la aplicación de control láser 839, el procesador 810 determina si la localización terapéutica interseca con un vaso sanguíneo. Si la localización terapéutica interseca con un vaso sanguíneo, el procesador 810 puede identificar otra localización con necesidad de terapia.

30 Una vez que el procesador 810 identifica una localización con necesidad de terapia y que no interseca un vaso sanguíneo, el procesador 810 puede instruir a un sistema de guiado de haz a alinear un haz procedente de un láser retiniano con la localización e instruir al láser retiniano a disparar cuando el sistema de guiado de haz ha alineado el haz con la localización terapéutica. Las instrucciones pueden enviarse utilizando el sistema de entrada/salida 820. Después de que se haya disparado el láser retiniano, el procesador 810 puede determinar otra localización terapéutica apropiada, ajustar el sistema de guiado de haz e instruir al láser retiniano a disparar de nuevo.

35 En algunos modos de funcionamiento, el sistema informático 800 puede realizar también otras operaciones. Por ejemplo, el sistema informático 800 puede ordenar a un láser retiniano que ajuste la potencia (antes o durante un disparo láser terapéutico) sobre la base de la reflectividad de localización terapéutica. Como otro ejemplo, el sistema informático 800 puede hacer coincidir una imagen de retina actualizada con el patrón de vaso sanguíneo 844 cuando tiene lugar una intervención quirúrgica.

40 La terminología utilizada en la presente memoria es para la finalidad de describir las implementaciones particulares solamente y no está destinada a ser limitativa. Como se utiliza en la presente memoria, la forma singular "un", "una" y "el", "la" está destinada a incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente otra cosa. Se entenderá además que los términos "comprende" y/o "que comprende", cuando se utilizan en esta memoria, especifican la presencia de las características expuestas, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes, pero, por tanto, no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos diferentes.

45 La estructura, materiales, acciones y equivalentes correspondientes de todos los medios o etapas más los elementos de función en las reivindicaciones siguientes están destinados a incluir cualquier estructura, material o acción para realizar la función en combinación con otros elementos reivindicados como se reivindica específicamente. La descripción de las presentes implementaciones se ha presentado para fines de ilustración y descripción, pero no está destinada a ser exhaustiva o a limitarse a las implementaciones en la forma descrita. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes a los expertos ordinarios en la materia sin apartarse del alcance de la exposición. Las implementaciones se eligen y se describen a fin de explicar los principios de la exposición y la aplicación práctica y permitir que otros expertos ordinarios en la materia entiendan la exposición para diversas implementaciones con diversas modificaciones cuando sean adecuadas para el uso particular contemplado.

50 Se ha descrito una pluralidad de implementaciones para cirugía láser retiniana, y diversas otras se han mencionado o sugerido. Además, los expertos en la materia reconocerán fácilmente que pueden hacerse una variedad de adiciones, supresiones, modificaciones y sustituciones a estas implementaciones mientras se realiza todavía cirugía

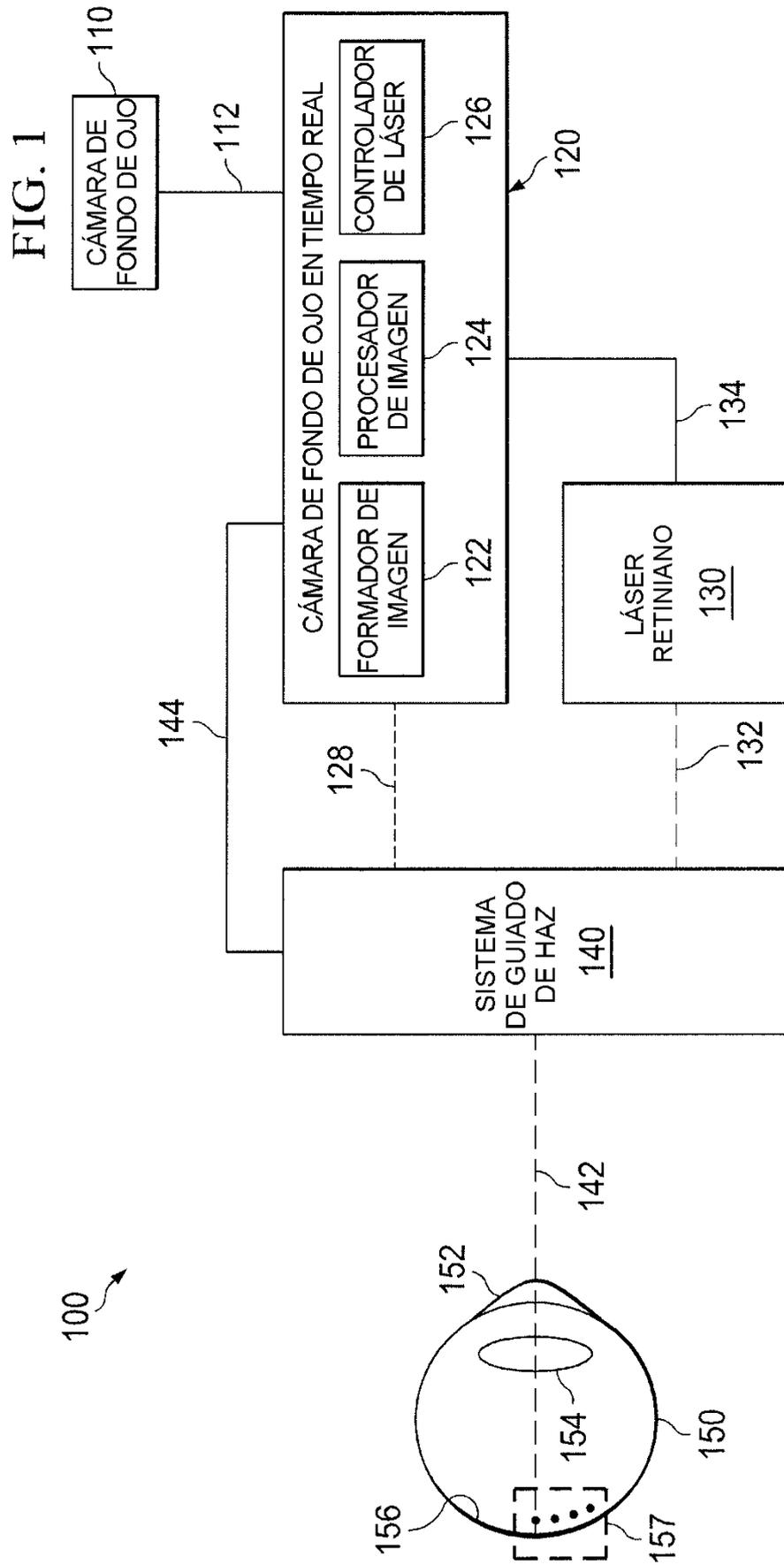
láser retiniana. Así, el alcance del objeto protegido deberá juzgarse sobre la base de las siguientes reivindicaciones, que pueden capturar uno o más conceptos de una o más implementaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100), que comprende:
 - 5 un subsistema de procesamiento de imagen (124) adaptado para identificar unos vasos sanguíneos de retina en una imagen de la retina;
un subsistema láser (130) adaptado para aplicar un disparo terapéutico a una retina; y
 - 10 un subsistema de control de láser (126) adaptado para determinar una localización de retina que necesita terapia y que no interseca sustancialmente un vaso sanguíneo de retina, y para generar una orden de activar el subsistema láser para la localización terapéutica cuando un haz del subsistema láser está alineado con la localización terapéutica,
 - 15 caracterizado por que
 - el subsistema de procesamiento de imagen (124) determina la reflectividad de una localización de retina durante un disparo láser terapéutico; y
 - 20 el subsistema de control de láser (126) ajusta el disparo láser terapéutico sobre la base de la reflectividad determinada y un límite de variabilidad establecido por un usuario para un ajuste de láser.
2. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende un subsistema de formación de imagen (122) adaptado para obtener la imagen de la retina, en el que la imagen de la retina es una imagen de retina en tiempo real, y en el que la imagen de retina en tiempo real es la imagen de retina a partir de la cual se identifican los vasos sanguíneos.
- 25 3. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende un subsistema de formación de imagen (122) adaptado para obtener la imagen de la retina, en el que la imagen de la retina es una imagen de retina en tiempo real, y en el que el subsistema de procesamiento de imagen está adaptado para hacer coincidir los vasos sanguíneos con la imagen de retina en tiempo real.
- 30 4. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende un primer subsistema de formación de imagen (122) adaptado para obtener la imagen de una retina.
- 35 5. Sistema según la reivindicación 4, en el que la imagen de la retina es una primera imagen de la retina, y que además comprende un segundo subsistema de formación de imagen (110) adaptado para obtener una segunda imagen de la retina.
- 40 6. Sistema según la reivindicación 5, en el que el primer subsistema de formación de imagen comprende un oftalmoscopio láser de exploración y el segundo subsistema de formación de imagen comprende una cámara de fondo de ojo (110).
- 45 7. Sistema según la reivindicación 5, en el que el subsistema de procesamiento de imagen (124) está adaptado para localizar los vasos sanguíneos de retina en la primera imagen de la retina, y
 - en el que el subsistema de procesamiento de imagen (124) está adaptado para hacer coincidir los vasos sanguíneos de retina localizados con la segunda imagen de la retina.
- 50 8. Sistema según la reivindicación 7, en el que el segundo subsistema de formación de imagen (110) está adaptado para obtener una tercera imagen de la retina después de uno o más disparos láser terapéuticos; y
 - el subsistema de procesamiento de imagen (124) está adaptado para hacer coincidir los vasos sanguíneos con la tercera imagen de la retina.
- 55 9. Sistema según la reivindicación 1, en el que el subsistema láser (130) comprende un láser de coagulación.
10. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende un subsistema de guiado de haz (140) adaptado para ajustar la alineación de un haz procedente del subsistema láser.
- 60 11. Sistema según la reivindicación 1, en el que el subsistema de guiado de haz (140) es controlado por el subsistema de control de láser (126).
- 65 12. Sistema según la reivindicación 11, en el que el subsistema de guiado de haz (140) comprende un espejo galvanométrico y un accionamiento asociado.

13. Producto de programa informático para cirugía láser retiniana que comprende un medio de almacenamiento legible por ordenador y unas instrucciones para hacer que el sistema (100) según la reivindicación 1 lleve a cabo las etapas siguientes:

- 5 Identificar unos vasos sanguíneos de retina a partir de una imagen de retina;
- determinar una localización de retina que necesita terapia y que no interseca sustancialmente un vaso sanguíneo de retina;
- 10 generar una orden para activar un láser retiniano cuando un haz procedente del láser retiniano estará alineado con la localización terapéutica;
- determinar la reflectividad de una localización de retina durante un disparo láser terapéutico; y
- 15 ajustar el disparo láser terapéutico sobre la base de la reflectividad determinada y un límite de variabilidad establecido por un usuario para un ajuste de láser,
- en el que dichas instrucciones de programa son almacenadas en dicho medio de almacenamiento legible por ordenador, incorporado en el sistema (100).
- 20 14. Producto de programa informático según la reivindicación 13, en el que las instrucciones de programa están adaptadas para hacer que el sistema (100) identifique los vasos sanguíneos de retina a partir de una imagen de retina en tiempo real.
- 25 15. Producto de programa informático según la reivindicación 13, que además comprende unas instrucciones de programa adaptadas para hacer que el sistema (100) haga coincidir los vasos sanguíneos de retina con una imagen de retina en tiempo real.



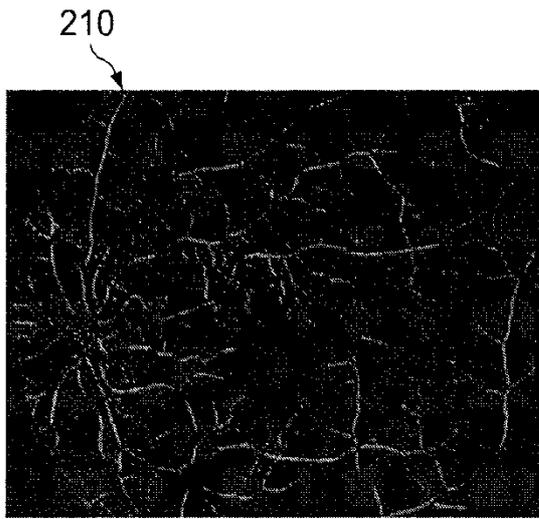


FIG. 2A

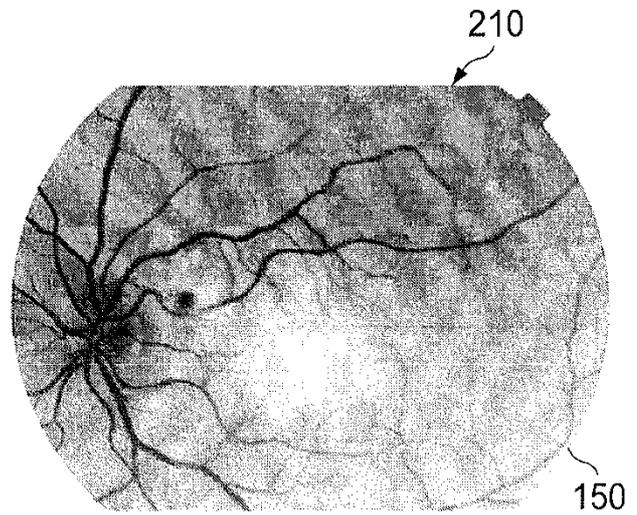


FIG. 2B

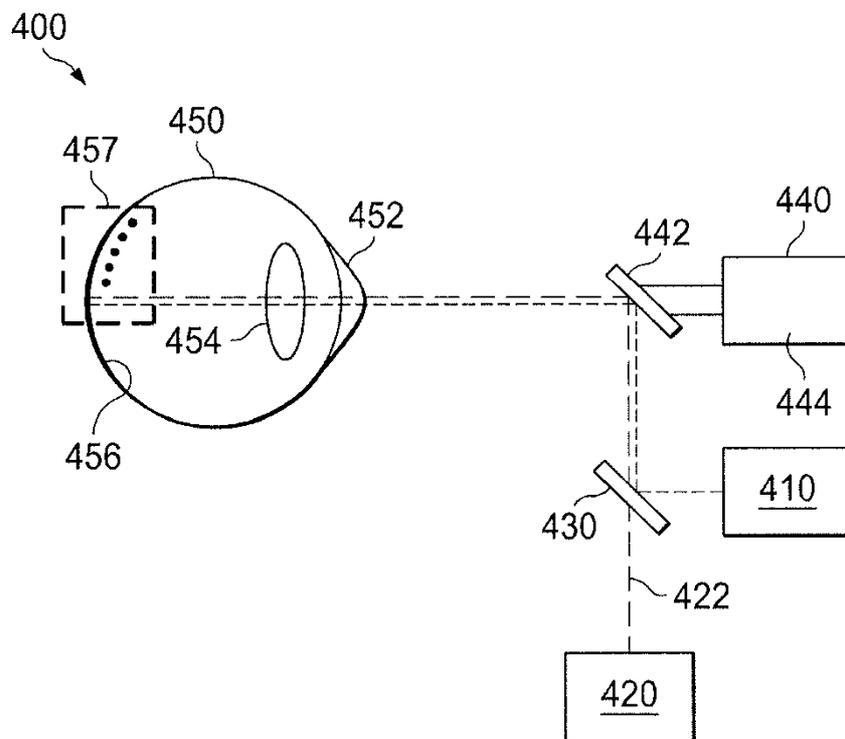
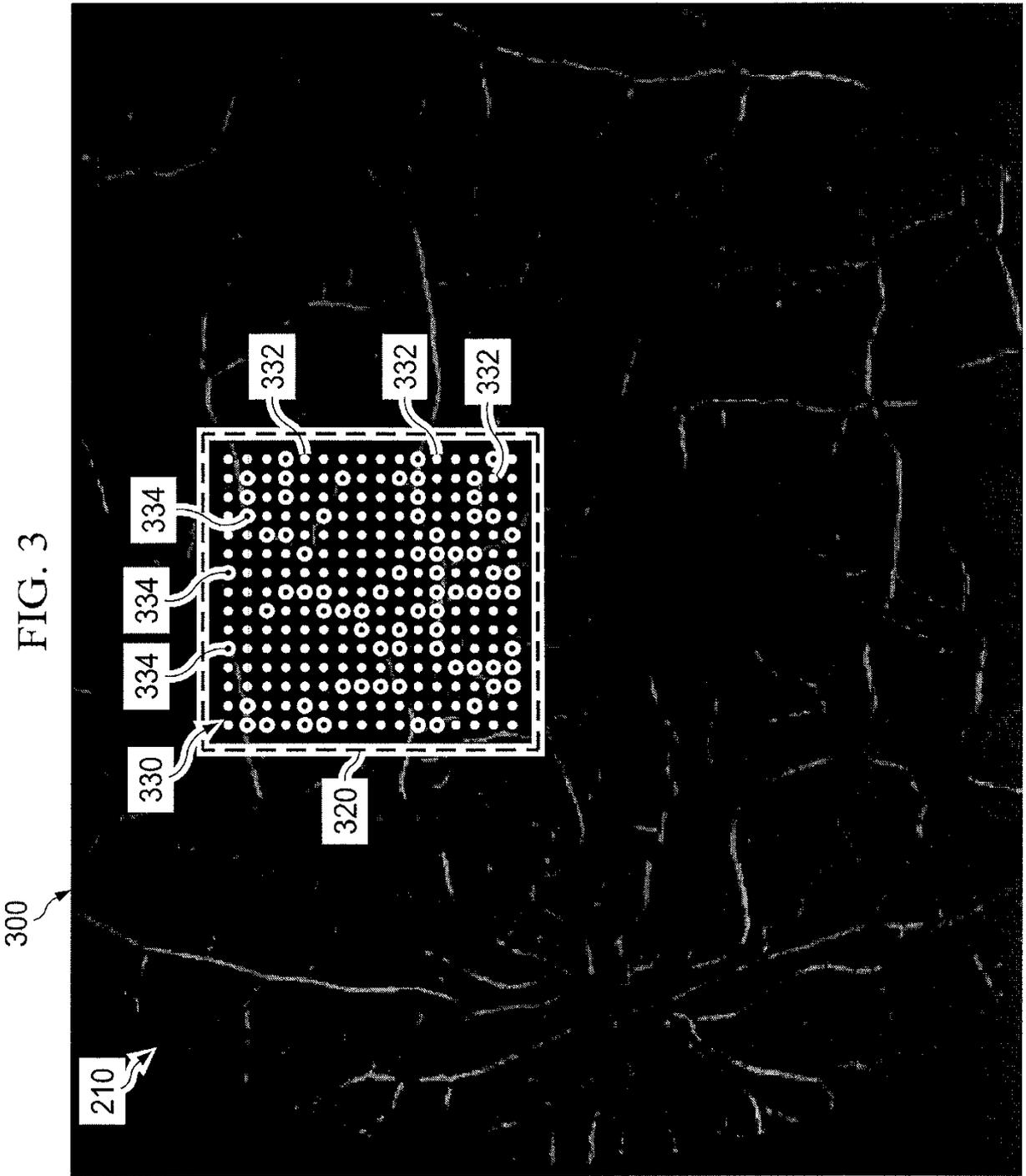


FIG. 4



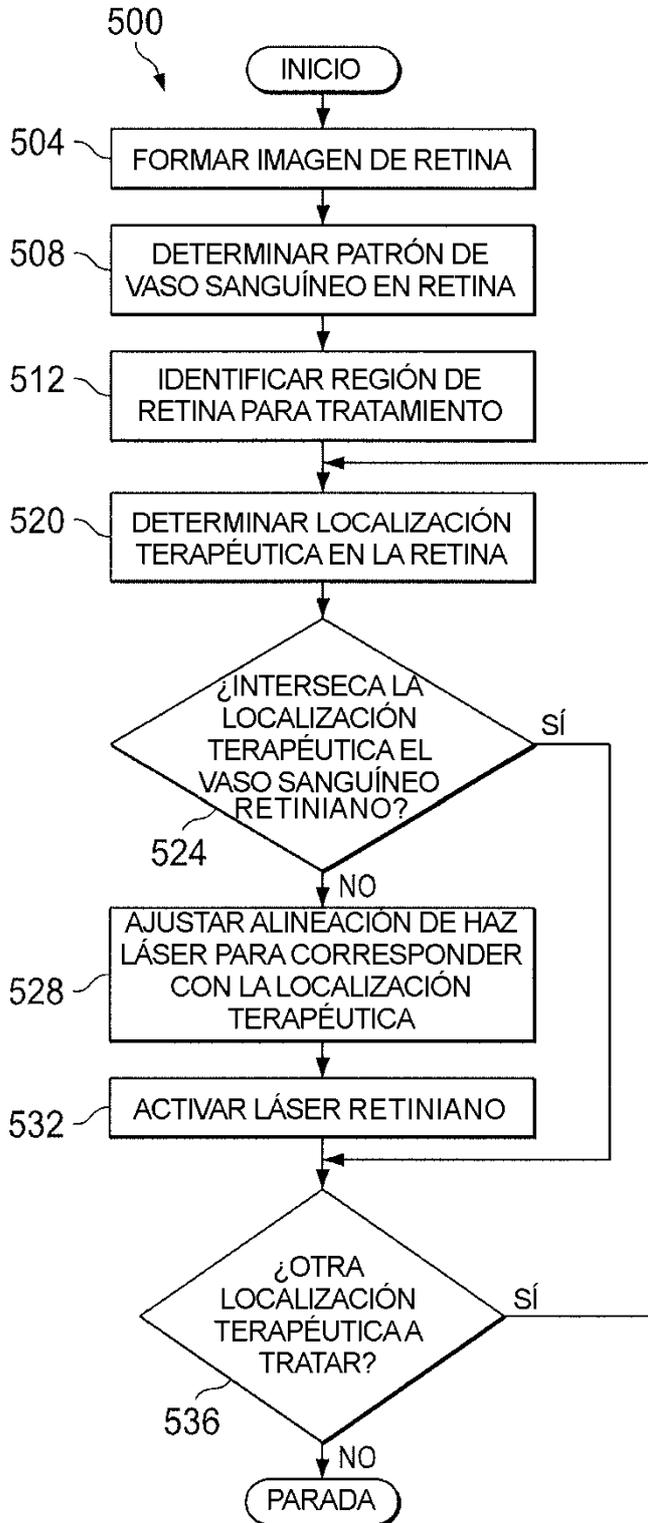


FIG. 5

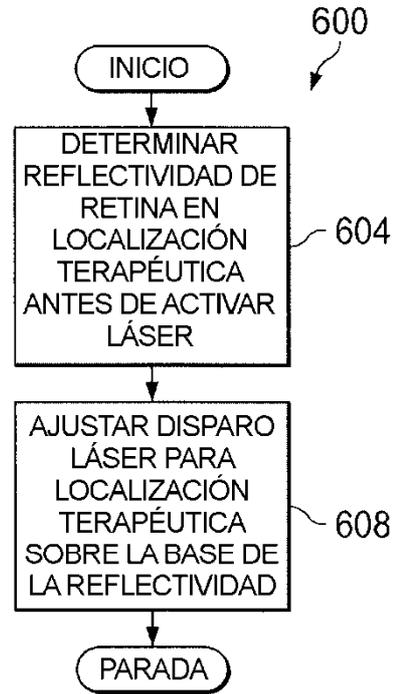


FIG. 6

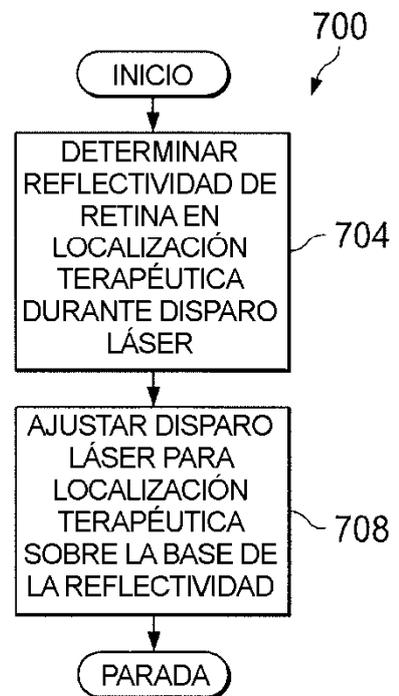


FIG. 7

FIG. 8

