

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 175**

51 Int. Cl.:

G06T 5/50

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2016 PCT/US2016/017382**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2016 WO16133762**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2016 E 16708258 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 3230949**

54 Título: **Sistemas y métodos para formación de imagen dual del humor vítreo y de la retina**

30 Prioridad:

16.02.2015 US 201514623317

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

21.11.2019

73 Titular/es:

**NOVARTIS AG (100.0%)
Lichtstrasse 35
4056 Basel, CH**

72 Inventor/es:

**YU, LINGFENG y
REN, HUGANG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 732 175 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

Sistemas y métodos para formación de imagen dual del humor vítreo y de la retina

Antecedentes

Campo de la descripción

- 5 La presente descripción se refiere a sistemas y métodos para utilizar tomografía de coherencia óptica (TCO) para formar imágenes tanto del humor vítreo como de la retina en el ojo. La imagen de ambos tejidos puede ser creada secuencialmente, simultánea o casi simultáneamente a partir de al menos una imagen de TCO.

Antecedentes de la invención

- 10 El humor vítreo es una estructura transparente similar a un gel situado en la parte posterior del ojo humano. Proporciona ciertas funciones fisiológicas para proteger la visión humana normal, incluyendo permitir un conducto metabólico para el cristalino y retirar células y macromoléculas grandes de la cavidad vítrea para mantener su transparencia. Sin embargo, debido al envejecimiento o a procesos patológicos, las disrupciones de la estructura de gel del humor vítreo pueden causar varias condiciones de ceguera, tales como el desprendimiento de retina regmatógeno, la retinopatía diabética y el agujero macular. Por ello, la visualización del humor vítreo transparente y la monitorización de sus cambios pueden ser de gran interés para una diagnosis clínica temprana de estas patologías.

15 Para muchas enfermedades vítreo-retinianas el tratamiento quirúrgico es la única opción. Durante la cirugía vítreo-retiniana, una vitrectomía completa y segura es una de las operaciones clave para conseguir resultados óptimos. Como resultado, la detección del humor vítreo residual y la visualización de interacciones humor vítreo - retina durante la vitrectomía pueden mejorar sustancialmente el resultado de las cirugías vítreo-retinianas actuales.

- 20 Debido a la naturaleza transparente del humor vítreo, la formación de imágenes ópticas directas es un desafío. Se ha utilizado la ultrasonografía para formar imágenes del humor vítreo. Sin embargo, la resolución y contraste son bajos y se requiere un gel de acoplamiento haciéndola inadecuada para aplicaciones quirúrgicas. La tomografía de coherencia óptica (TCO) es una modalidad de formación de imágenes de alta resolución, sin contacto y muy sensible que ha resultado la norma en oftalmología diagnóstica. Se ha demostrado que la TCO puede formar imágenes de la interfaz vítreo-retiniana una vez que el humor vítreo es separado de la retina. Sin embargo, debido a la retro-dispersión extremadamente baja, es difícil formar una imagen del humor vítreo.

- 25 Recientemente, un grupo de investigación del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) propuso una técnica denominada formación de imágenes mejorada ajustando el umbral y el contraste del TCO para permitir la visualización del humor vítreo. Sin embargo, en la técnica propuesta por el MIT la imagen de la retina por debajo del vítreo se saturó completamente haciendo la imagen total menos útil en cirugía.

- 30 Se ha hecho referencia a JONATHAN J. LIU ET AL., "Enhanced Vitreous Imaging in Healthy Eyes Using Swept Source Optical Coherence Tomography", PLOS ONE, vol. 9. Nº 7, 18 de Julio de 2014 (2014-07-18), página e1 02950, XP055268154, DOI: 10.1371 /journal.pone.01 02950 citada como representativa de la técnica.

Resumen

- 35 El alcance de la invención está de acuerdo con las reivindicaciones. Se ha proporcionado un método automatizado implementado por ordenador según la reivindicación 1, un medio de almacenamiento legible mediante máquina según la reivindicación 6 y un sistema según la reivindicación 10. Se han proporcionado otras características opcionales según las reivindicaciones dependientes. La memoria incluye disposiciones fuera del alcance de las reivindicaciones, proporcionadas como antecedentes y para ayudar a la comprensión de la invención.

- 40 Se necesita un modo para formar imágenes tanto del vítreo como de la retina con TCO.

En una realización, la invención se refiere a un método según la reivindicación 1.

En otra realización, la invención se refiere a un medio de almacenamiento legible mediante máquina según la reivindicación 6.

En otra realización, la invención se refiere a un sistema de TCO según la reivindicación 10.

- 45 Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención y de sus características y ventajas, se hace referencia a continuación a la siguiente descripción tomada en combinación con los dibujos adjuntos, que no están dibujados a escala, y en los que:

La fig. 1 es una realización de un sistema de TCO con información de imágenes de humor vítreo y de retina secuenciales, simultáneas o casi simultáneas.

La fig. 2 es un diagrama de flujo de formación de imágenes con TCO de humor vítreo y de retina secuenciales, simultáneas o casi simultáneas, utilizando una imagen individual como entrada.

5 La fig. 3 es una imagen de TCO convencional.

La fig. 4 es una imagen de TCO creada a partir de la formación de imágenes de humor vítreo y de retina secuenciales, simultáneas o casi simultáneas.

La fig. 5 es un diagrama de flujo para formación de imágenes con TCO de humor vítreo y de retina secuenciales, simultáneas o casi simultáneas utilizando dos imágenes como entrada.

10 Descripción de realizaciones particulares

En la siguiente descripción, se han expuesto detalles a modo de ejemplo para facilitar la descripción del tema expuesto. Debería resultar evidente para un experto en la técnica, sin embargo, que las realizaciones descritas son ejemplares y no son exhaustivas de la totalidad de realizaciones posibles.

15 Como se ha utilizado en este documento, un número de referencia seguido por una letra se refiere a un caso concreto de un elemento y la forma numérica solamente del número de referencia se refiere al elemento colectivo. Así, por ejemplo, el dispositivo '12a' se refiere a un caso de una clase de dispositivo, que puede ser denominado colectivamente como dispositivos '12' y cualquiera de los cuales puede ser denominado genéricamente como un dispositivo '12'.

20 La tomografía de coherencia óptica (TCO) es una técnica de análisis interferométrico para examen estructural de un material de muestra, tal como un tejido que es al menos parcialmente reflectante a la luz. Puede también utilizarse para examen funcional de un material de muestra, tal como el movimiento y velocidad del material de muestra de flujo sanguíneo del tejido. En TCO, la luz en forma de un haz de TCO es utilizada para medir distancias y perfiles de profundidad basándose en la interferencia óptica que se produce entre un haz de referencia y un haz de muestra que interactúa con el material de muestra, tal como un tejido biológico. En algunas realizaciones, el haz de TCO puede ser suministrado en pulsos, longitudes de onda de barrido, o una luz de banda ancha.

25 Con referencia ahora a los dibujos, la fig. 1 es un sistema 100 de TCO con formación de imágenes de humor vítreo y retina secuenciales, simultáneas, o casi simultáneas.

30 En una realización, el sistema 100 de TCO puede ser utilizado durante la cirugía. El sistema 100 de TCO puede incluir un dispositivo de presentación de datos (no mostrado) u otro dispositivo de presentación, tal como un dispositivo de presentación de imágenes bidimensional, un monitor, una televisión o un proyector con una pantalla. El sistema 100 de TCO puede presentar una vista tridimensional de la imagen o una vista bidimensional de la imagen. En cirugía, la formación de imágenes secuenciales, simultáneas, o casi simultáneas puede ocurrir con un intervalo de tiempo suficientemente corto para presentar al cirujano con una imagen vítreo-retiniana combinada en un tiempo suficiente para utilizar la imagen para modificar la cirugía mientras está ocurriendo. Por ejemplo, la imagen puede ser presentada con no más de un retardo de un segundo, o no más de un retardo de medio segundo.

35 El sistema 100 de TCO incluye adicionalmente la fuente 110 de TCO, que produce un haz de TCO (no mostrado) que se desplaza a través del medio 230c de transmisión de TCO al divisor 120 de haz donde es dividido de manera que una parte del haz se desplace a través del medio 230b de transmisión de TCO al brazo 130 de referencia y una parte del haz se desplace a través del medio 230a de transmisión de TCO a una unidad 200 de exploración del haz. Después de impactar en el brazo 130 de referencia o en el tejido 300, los haces de TCO se desplazan de nuevo a través de los medios 230b y 230a de transmisión de TCO, respectivamente, al divisor 120 de haz, donde son dirigidos a través del medio 230d de transmisión de TCO al detector 140. El detector 140 envía una señal al ordenador 150.

En algunas realizaciones, el medio 230 de transmisión de TCO es una fibra óptica.

45 En la realización mostrada en la fig. 1, el brazo 130 de referencia está situado junto al tejido 300 en términos de retardo óptico y está en una posición predeterminada que es una distancia aceptable desde la fuente 110 de TCO. El haz de TCO procedente del tejido 300 que se desplaza de nuevo a través de la sonda 200 al detector 140, interfiere con el haz de TCO procedente del brazo 130 de referencia y genera un patrón de interferencia.

En una realización, el brazo 130 de referencia incluye un espejo para reflejar el haz de TCO.

En una realización (no mostrada expresamente), puede incluirse un elemento de enfoque, que puede incluir un elemento de exploración de haz que entrega el haz de TCO en diferentes ubicaciones.

50 En una realización, el detector 140 es un espectrómetro. En otra realización, el detector 140 incluye un fotodiodo o dispositivo similar que genera una señal eléctrica indicativa de una señal de interferencia de luz incidente en el detector 140.

El detector 140 puede emitir una señal eléctrica al ordenador 150. En dicha realización, el ordenador 150 puede incluir circuitos para acondicionamiento de señal, demodulación, digitalización, y procesamiento de señal digital. En otra realización, el detector 140 emite una señal inalámbrica al ordenador 150.

5 En una realización, el ordenador 150 incluye adicionalmente medios de memoria, que almacenan instrucciones (es decir un código ejecutable) que son ejecutables por el procesador que tiene acceso a los medios de memoria.

10 En una realización, el ordenador 150 incluye un módulo de segmentación de imagen, un módulo 202 de procesamiento de imagen, un módulo de mejora de imagen, y un módulo de fusión de imagen. Estos módulos pueden ser implementados como módulos de software o hardware separados, o combinados en un único módulo. En otra realización, el ordenador 150 proporciona datos de imagen de TCO a un ordenador situado a distancia (no mostrado) que incluye un módulo de segmentación de imagen, un módulo 202 de procesamiento de formación de imagen, un módulo de mejora de imagen, y un módulo de fusión de imágenes.

15 Para los propósitos de esta descripción, los medios de memoria pueden incluir medios no transitorios legibles por ordenador que almacenan datos e instrucciones durante al menos un período de tiempo. Los medios de memoria pueden comprender medios persistentes y volátiles, medios fijos y extraíbles, y medios magnéticos y semiconductores. Los medios de memoria pueden incluir, sin limitación, medios de almacenamiento tales como un dispositivo de almacenamiento de acceso directo (por ejemplo una unidad de disco duro o un disco flexible), un dispositivo de almacenamiento de acceso secuencial (por ejemplo una unidad de disco de cinta), disco compacto (CD), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de sólo lectura (ROM), CD-ROM, disco versátil digital (DVD), memoria de sólo lectura programable que se puede borrar eléctricamente (EEPROM), memoria flash, memoria no transitoria, y distintas combinaciones de las anteriores.

20 La fig. 2 es un diagrama de flujo para formación de imágenes con TCO de humor vítreo y retina secuenciales, simultáneas, o casi simultáneas tales como el sistema 100 de TCO.

Una imagen de TCO es introducida 301a en el sistema como parte de una exploración de TCO o desde una entrada externa tal como la nube.

25 La segmentación 302a de imagen es realizada a continuación. La segmentación de imagen el proceso de dividir una imagen digital en múltiples segmentos (conjuntos de píxeles). El objetivo de la segmentación es simplificar o cambiar la representación de una imagen en algo que sea más significativo y más fácil de analizar.

30 A continuación la imagen de TCO es dividida en dos regiones separadas: región vítrea 303a y región de retina y coroides 306a. El procesamiento de imágenes (304a, 307a) es realizado de manera correspondiente a las propiedades de cada región. El contraste, brillo, o intervalo dinámico de la imagen de cada región puede ser optimizado para mejorar los rasgos estructurales/funcionales y las características dentro de la región por mejora de imagen (305a, 308a).

La información 309a de frontera vítreo-retiniana es identificada basándose en la segmentación 302a de imagen también. Esta operación 309a puede ser hecha antes del procesamiento de la imagen (304a, 307a) y de la mejora de la imagen (305a, 308a) (310a).

35 Las imágenes procesadas desde la región vítrea y de la región de retina y coroides son fusionadas o combinadas juntas (310a) selectivamente basándose en la información del frontera vítreo-retiniana, y se obtiene una imagen combinada con un intervalo dinámico elevado, a partir de la cual tanto el humor vítreo como la retina pueden ser mostrados en una única imagen 311a.

40 El procesamiento de imágenes (304a, 307a) puede incluir un procesamiento diseñado para formar la imagen de la retina y un procesamiento, diseñado para formar la imagen del humor vítreo. La imagen de TCO completa puede ser sometida a ambos tipos de procesamiento o solamente segmentos identificados como segmentos de retina pueden ser sometidos a un procesamiento diseñado para formar la imagen de la retina y cualesquiera segmentos identificados como humor vítreo pueden ser sometidos a procesamiento diseñado para formar imágenes del humor vítreo.

45 La fig. 3 es una imagen de TCO convencional. En una imagen de TCO convencional, la imagen de la región vítrea (401) tiene una señal de TCO relativamente más débil y la región de retina y coroides (402) tienen una intensidad de señal de TCO adecuada. La fig. 4 es una imagen de TCO creada a partir de un experimento de formación de imágenes de humor vítreo y retina simultáneas. Las señales de TCO tanto de la región vítrea (401) como de la región de retina y coroides (402) en la fig. 4 son optimizadas para una mejor visualización.

50 La fig. 5 es un diagrama de flujo para formación de imágenes con TCO secuenciales, simultáneas, o casi simultáneas, tales como un sistema 100 de TCO.

Una primera imagen de TCO es introducida 301b en el sistema como parte de una exploración de TCO o procedente de una entrada externa tal como la nube. Una segunda imagen de TCO es también introducida 301c en el sistema como parte de una exploración de TCO o procedente de una entrada externa tal como la nube. La primera y segunda imágenes de TCO pueden ser adquiridas secuencial, simultánea, o casi simultáneamente y desde uno o dos sistemas de

TCO tales como el sistema 100 de TCO, o uno o dos conjuntos de componentes, tales como el divisor 120 de haz o el haz de TCO. La primera y segunda imágenes de TCO son procedentes de la misma ubicación en el ojo.

5 La segmentación de imágenes 302b y 302c es a continuación realizada en ambas imágenes. La segmentación de imágenes es el proceso de dividir una imagen digital en múltiples segmentos (conjuntos de píxeles). El objetivo de la segmentación es simplificar o cambiar la representación de una imagen en algo que sea más significativo y más fácil de analizar. En este ejemplo, la imagen 301b es segmentada para producir información del humor vítreo y de la frontera, mientras que la imagen 301c es segmentada para producir información de la retina y coroides y de la frontera.

10 La primera imagen 301b de TCO es utilizada para producir la región vítrea 303b y la segunda imagen 301c de TCO es utilizada para producir la región 306b de retina y coroides. El procesamiento de imágenes (304b, 307b) es realizado de forma correspondiente a las propiedades de cada región. El contraste, brillo, o intervalo dinámico de la imagen de cada región pueden ser optimizados para mejorar las características y los rasgos estructurales/funcionales dentro de la región por mejora de la imagen (305b, 308b).

15 La información 309b y 309c de la frontera vítreo-retiniana procedente de la primera y segunda imágenes de TCO, 301b y 302c, respectivamente es identificada basándose en la segmentación de imágenes 302b y 302c también. Esta operación 309b y 309c puede ser hecha antes del procesamiento de imágenes (304b, 307b) y de la mejora de imágenes (305b, 308b).

20 Cuando se utilizan las dos imágenes 301b y 301c de TCO, entonces ocurre una operación 312 de coincidencia de fronteras adicional durante la cual la información de la frontera identificada en 309b y 309c procedente de ambas imágenes es alineada.

Las imágenes procesadas procedentes de la región vítrea y la región de la retina y coroides son fusionadas o combinadas juntas (310b) selectivamente basándose en la información de la frontera vítreo-retiniana, y se obtiene una imagen combinada con un elevado intervalo dinámico, a partir de la cual tanto el humor vítreo como la retina pueden ser mostrados en una sola imagen 311b.

25 El procesamiento de imágenes (304b, 307b) puede incluir un procesamiento diseñado para formar la imagen de la retina y un procesamiento, diseñado para formar la imagen del vítreo. La imagen completa de TCO puede ser sometida a ambos tipos de procesamiento o solamente segmentos identificados como segmentos de retina pueden ser sometidos a un procesamiento diseñado para formar imágenes de la retina y cualesquiera segmentos identificados como humor vítreo pueden ser sometidos a procesamiento diseñado para formar imágenes del humor vítreo.

30 Aunque la fig. 5 ilustra un método que utiliza dos imágenes de TCO, puede utilizarse cualquier número mayor de dos aplicando una metodología similar. Si se han utilizado más de dos imágenes (o, alternativamente a la realización ilustrada en la fig. 5, incluso si son utilizadas solamente dos), el procesamiento y la mejora tanto de la retina como del humor vítreo pueden ser conducidos sobre más de una imagen, en tanto en cuanto ocurra una operación de registro de frontera tal como la operación 312.

35 En la fig. 5 y otros métodos de formación de múltiples imágenes de TCO, todo el procesamiento de imágenes puede ocurrir secuencialmente, simultánea, o casi simultáneamente y toda la mejora de imágenes puede ocurrir secuencialmente, simultánea, o casi simultáneamente.

40 Para la formación de imágenes secuencial, el procesamiento de imagen del humor vítreo puede ser procesado y mejorado antes de que la imagen de la retina sea procesada o mejorada, o viceversa, la imagen del humor vítreo puede ser procesada, a continuación la imagen de la retina procesada, la imagen del vítreo mejorada, a continuación la imagen de la retina mejorada, o viceversa, u otras variaciones cuando el procesamiento y mejora de la imagen u otros elementos de los métodos de la fig. 1 y de la fig. 5 u otros métodos descritos en este documento ocurren de manera escalonada. Particularmente, con técnicas secuenciales, la información obtenida en una operación o elemento de una secuencia puede ser aplicada para refinar o acortar operaciones o elementos posteriores de la secuencia.

45 La presente descripción puede ser utilizada en métodos para realizar cirugía en el ojo que no forman parte de la invención tal como una vitrectomía, utilizando una imagen de TCO segmentada. Por ejemplo, la cirugía puede utilizar un sistema descrito en la fig. 1 y un método descrito en la fig. 2. Durante dicha cirugía, el cirujano puede obtener una imagen de TCO del ojo y utilizar la imagen para monitorizar o modificar la cirugía mientras está ocurriendo. Por ejemplo, en el caso de una vitrectomía, el cirujano puede utilizar la imagen de TCO para situar la frontera vítreo-retiniana, para evitar daños en la retina, y para facilitar la extracción completa o casi completa del humor vítreo.

50 El objeto descrito anteriormente ha de ser considerado ilustrativo, y no restrictivo, y las reivindicaciones adjuntas están destinadas a cubrir la totalidad de dichas modificaciones, mejoras, y otras realizaciones que caen dentro del alcance de la presente descripción. Así, en la máxima extensión permitida por ley, el alcance de la presente descripción ha de ser determinado mediante la interpretación permisible más amplia de las siguientes reivindicaciones y no quedará restringido o limitado por la anterior descripción detallada. Por ejemplo, muchas realizaciones ejemplares en este documento están representadas y descritas utilizando un sistema de TCO. Resultará evidente para un experto en la técnica que una variedad de tipos de procesadores pueden estar incluidos en el ordenador 150 tales como un DSP, una agrupación de

puertas programables en campo (FPGA) o procesadores gráficos, pueden ser utilizados en dichas realizaciones con incrementos correspondientes en la complejidad de los cálculos.

REIVINDICACIONES

1. Un método automatizado implementado por ordenador para formar imágenes del humor vítreo y de la retina en un ojo que comprende:
- la recepción como una entrada (301a, b, c) de datos de tomografía de coherencia óptica, TCO, para un ojo;
- 5 la determinación de una frontera vítreo-retiniana en los datos de TCO entre la retina y una región vítrea (303, 401); caracterizado por que el método comprende además:
- el procesamiento de los datos de TCO para la retina basados en características de la retina;
- el procesamiento de los datos de TCO para el humor vítreo basados en características del humor vítreo;
- la mejora de los datos de TCO para la retina basados en características de la retina;
- 10 la mejora de los datos de TCO para el humos vítreo basados en características del humor vítreo; en donde la mejora comprende optimizar el contraste, el brillo o el intervalo dinámico de la imagen de cada región; y
- la fusión de los datos de TCO para la retina con los datos de TCO para el humor vítreo para obtener una imagen combinada con un intervalo dinámico elevado de la retina, del humor vítreo, y de la frontera vítreo-retiniana.
2. El método según la reivindicación 1, en el que los datos de TCO son derivados de al menos dos imágenes de TCO de
- 15 la misma ubicación en el ojo.
3. El método según la reivindicación 2, en el que los datos de TCO derivados de una imagen son utilizados para determinar la frontera vítreo-retiniana y para proporcionar datos de TCO para la retina, mientras que los datos de TCO derivados de una segunda imagen son utilizados para determinar la frontera vítreo-retiniana y para proporcionar datos de TCO para el humor vítreo.
- 20 4. El método según la reivindicación 2, en el que la frontera vítreo-retiniana es determinada para todas las imágenes de TCO y alineada para todas las imágenes de TCO.
5. El método según la reivindicación 1, que comprende además la presentación de la TCO fusionada de acuerdo con uno o más de los siguientes:
- (i) presentación de los datos de TCO fusionados en un dispositivo de presentación;
- 25 (ii) presentación de los datos de TCO fusionados como al menos una de una imagen tridimensional, una imagen bidimensional, una imagen en un monitor, una imagen en un dispositivo de presentación, una imagen en un televisor, o una imagen en un proyector con una pantalla.
6. Un medio de almacenamiento legible por máquina, que comprende instrucciones ejecutables por ordenador soportadas en el medio legible por ordenador, siendo las instrucciones legibles por un procesador, haciendo las
- 30 instrucciones, cuando son leídas y ejecutadas, que el procesador:
- determine la frontera vítreo-retiniana en datos (301a, b, c) de tomografía de coherencia óptica, TCO, entre la retina y una región vítrea (303, 401);
- procese los datos de TCO para la retina basados en características de la retina;
- procese los datos de TCO para el humor vítreo basados en características del humor vítreo;
- 35 mejore los datos de TCO para la retina basados en características de la retina;
- mejore los datos de TCO para el humor vítreo basados en características del humor vítreo; en donde la mejora comprende optimizar el contraste, el brillo o el intervalo dinámico de la imagen de cada región; y
- fusiones los datos de TCO para la retina con los datos de TCO para el humor vítreo para obtener una imagen combinada con un intervalo dinámico elevado de la retina, del humor vítreo, y de la frontera vítreo-retiniana.
- 40 7. El medio de almacenamiento legible por ordenador según la reivindicación 6, en el que los datos de TCO son derivados de al menos dos imágenes de TCO de la misma ubicación en el ojo.
8. El medio de almacenamiento legible mediante máquina según la reivindicación 7, en el que instrucciones provocan adicionalmente que el procesador utilice datos de TCO derivados de una imagen para determinar la frontera vítreo-retiniana y para proporcionar datos de TCO para la retina, y que utilice datos de TCO derivados de una segunda imagen
- 45 para determinar la frontera vítreo-retiniana y para proporcionar datos de TCO para el humor vítreo.

9. El medio de almacenamiento legible por máquina según la reivindicación 7, en el que las instrucciones provocan adicionalmente que el procesador determine la frontera vítreo-retiniana para todas las imágenes de TCO y que alinee la frontera vítreo-retiniana para todas las imágenes de TCO.
10. Un sistema de tomografía de coherencia óptica, TCO, que comprende:
- 5 una fuente (110) de TCO acoplada mediante un primer medio (230c) de transmisión de TCO a un divisor (120) de haz acoplado mediante un segundo medio (230b) de transmisión de TCO a un brazo de referencia (130);
- un elemento de enfoque de TCO acoplado mediante un tercer medio (230a) de transmisión de TCO al divisor de haz;
- un detector (140) acoplado mediante un cuarto medio (230d) de transmisión de TCO al divisor de haz, en el que el detector recibe un haz de TCO que contiene un componente procedente del brazo de referencia y un componente
- 10 procedente del elemento de enfoque de TCO; y
- un ordenador (150) acoplado eléctricamente o de manera inalámbrica al detector,
- en el que el ordenador incluye:
- un procesador acoplado a un medio legible por ordenador; e
- 15 instrucciones ejecutables por ordenador llevadas sobre el medio legible por ordenador, siendo las instrucciones legibles por el procesador, haciendo las instrucciones, cuando son leídas y ejecutadas, que el procesador:
- determine la frontera vítreo-retiniana en datos (301a, b, c) de tomografía de coherencia óptica, TCO, entre la retina y una región vítrea (303, 401);
- caracterizado por que las instrucciones hacen que el ordenador:
- procese los datos de TCO para la retina basados en características de la retina;
- 20 procese los datos de TCO para el humor vítreo basados en características del humor vítreo;
- mejore los datos de TCO para la retina basados en características de la retina;
- mejore los datos de TCO para el humor vítreo basados en características del humor vítreo; en donde la mejora comprende optimizar el contraste, el brillo o el intervalo dinámico de la imagen de cada región; y
- 25 fusione los datos de TCO para la retina con los datos de TCO para el humor vítreo para obtener una imagen combinada (311b) con un intervalo dinámico elevado de la retina, del humor vítreo, y de la frontera vítreo-retiniana.
11. El sistema de TCO según la reivindicación 10 que comprende además uno o más de (i) un dispositivo de presentación; (ii) al menos un dispositivo de presentación de imágenes tridimensionales, un dispositivo de presentación de imágenes bidimensionales, un monitor, una televisión, o un proyector con una pantalla.
- 30 12. El sistema de TCO según la reivindicación 10, en el que el elemento de enfoque de TCO comprende además un elemento de exploración de haz que entrega el haz de TCO en diferentes ubicaciones.
13. El método según la reivindicación 1, o el medio de almacenamiento legible mediante máquina según la reivindicación 6, o el sistema de TCO según la reivindicación 10, en los que los datos de TCO para la retina comprenden además un primer subconjunto de los datos de TCO.
- 35 14. El método, o el medio de almacenamiento legible mediante máquina, o el sistema de TCO según la reivindicación 13, en los que los datos de TCO para el humor vítreo comprenden además un segundo subconjunto de los datos de TCO.
15. El método según la reivindicación 1, o el medio de almacenamiento legible mediante máquina según la reivindicación 6, o el sistema de TCO según la reivindicación 10, en los que los datos de TCO para la retina comprenden además una primera copia de los datos de TCO.
- 40 16. El método, o el medio de almacenamiento legible mediante máquina, o el sistema de TCO según la reivindicación 15, en los que los datos de TCO para el humor vítreo comprenden además una segunda copia de los datos de TCO.
17. El sistema según la reivindicación 10, en el que los datos de TCO son derivados de al menos dos imágenes de TCO de la misma ubicación en el ojo.
- 45 18. El sistema según la reivindicación 17, en el que los datos de TCO derivados de una imagen (301c) son utilizados para determinar la frontera vítreo-retiniana y para proporcionar datos de TCO para la retina, mientras que los datos de TCO derivados de una segunda imagen (301b) son utilizados para determinar la frontera vítreo-retiniana y para proporcionar datos de TCO para el humor vítreo.

19. El sistema según la reivindicación 17, en el que el límite vítreo retina les determinado para todas las imágenes de TCO y alineado para todas las imágenes de TCO.

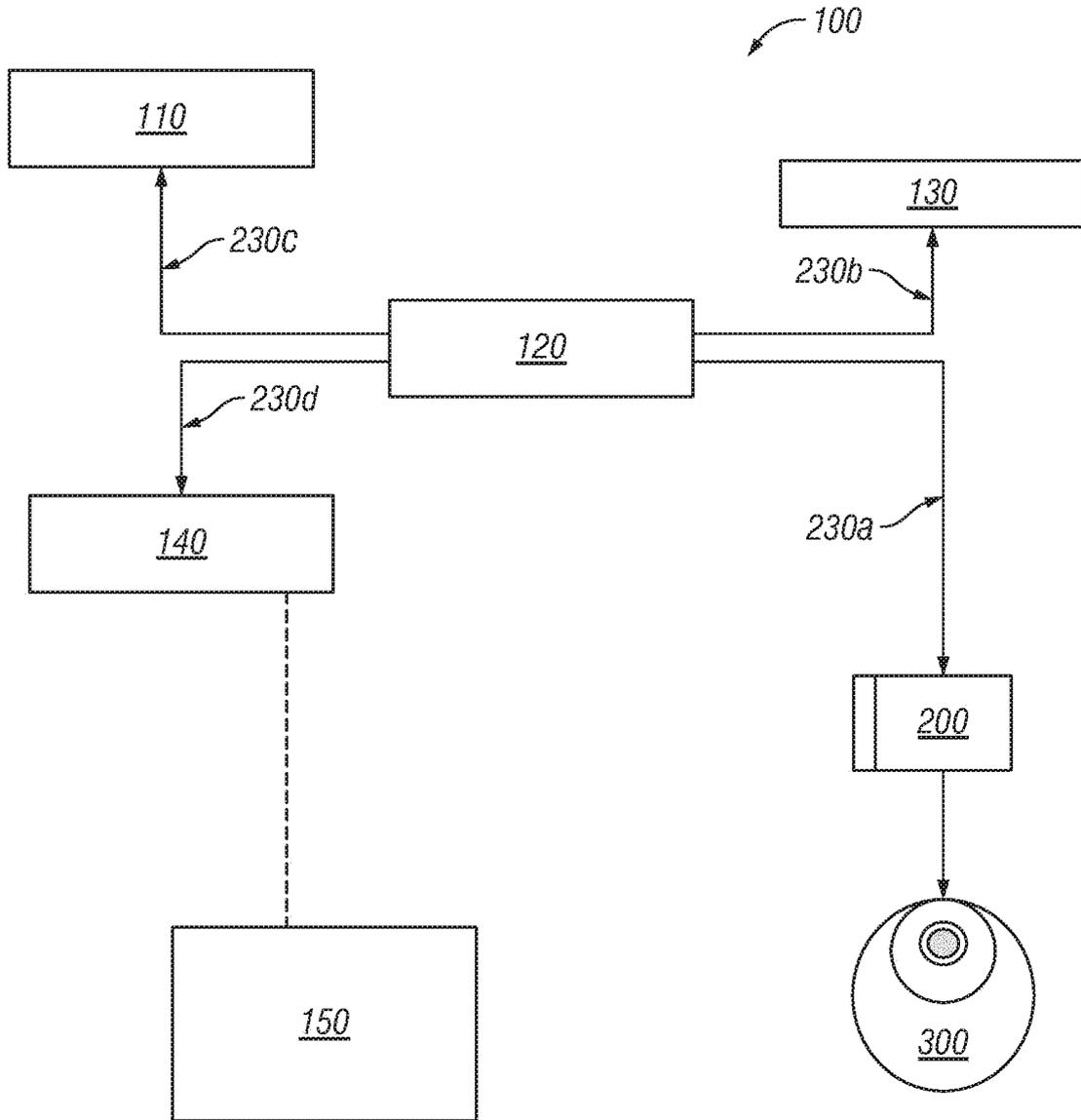


FIG. 1

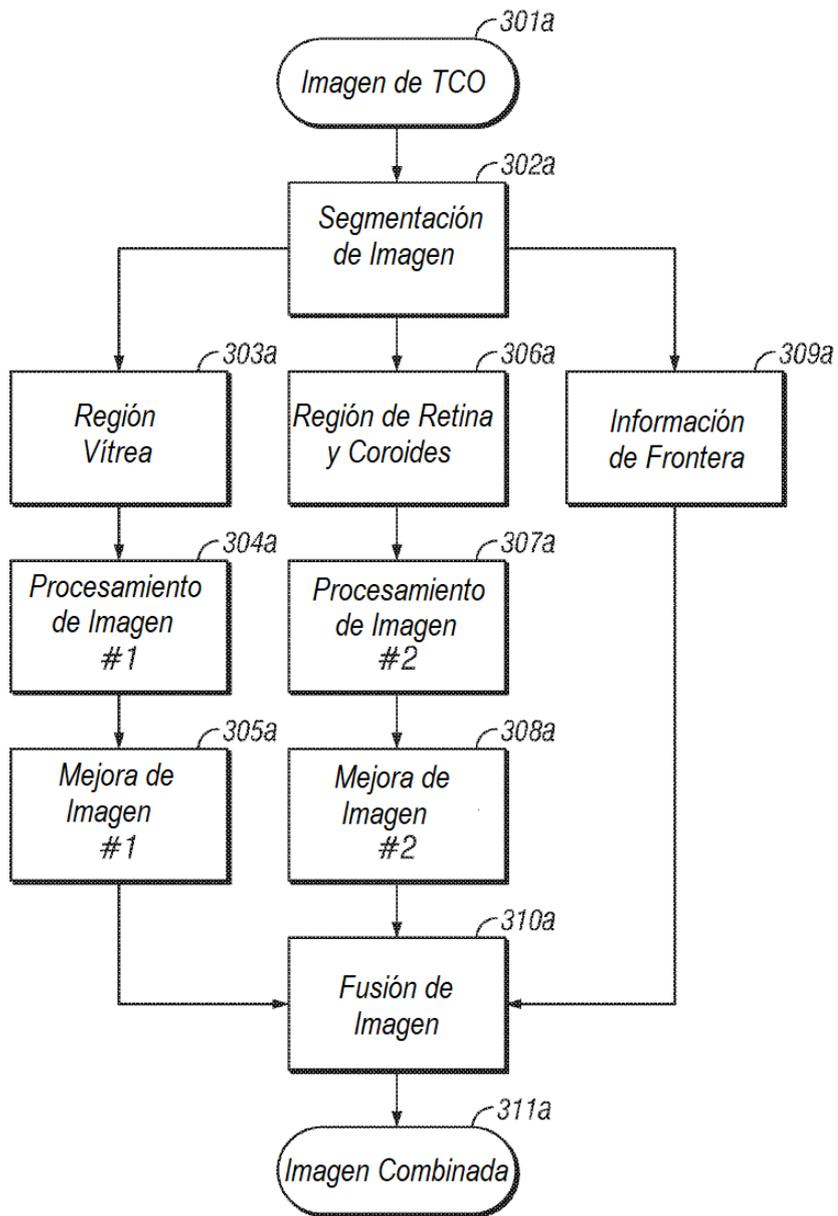


FIG. 2

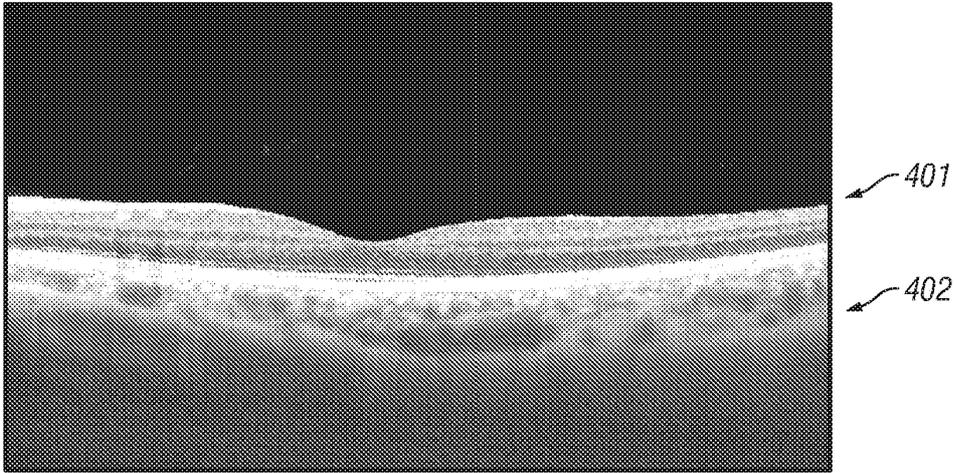


FIG. 3

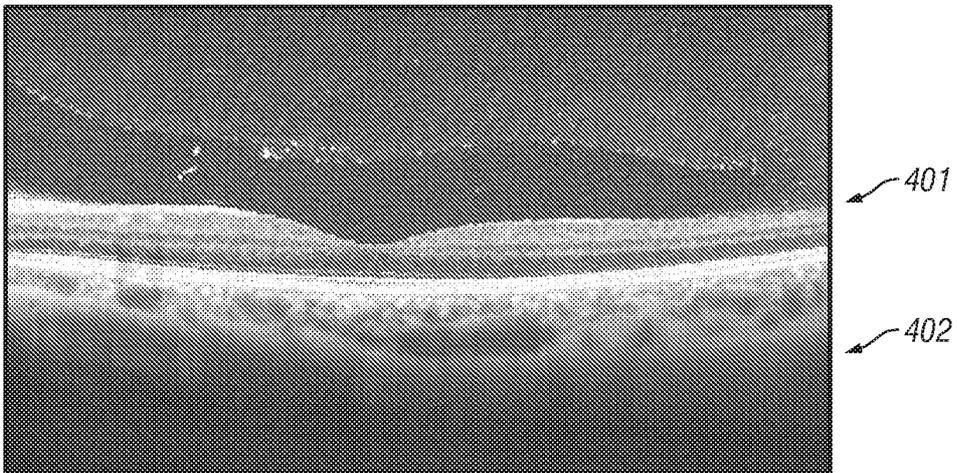


FIG. 4

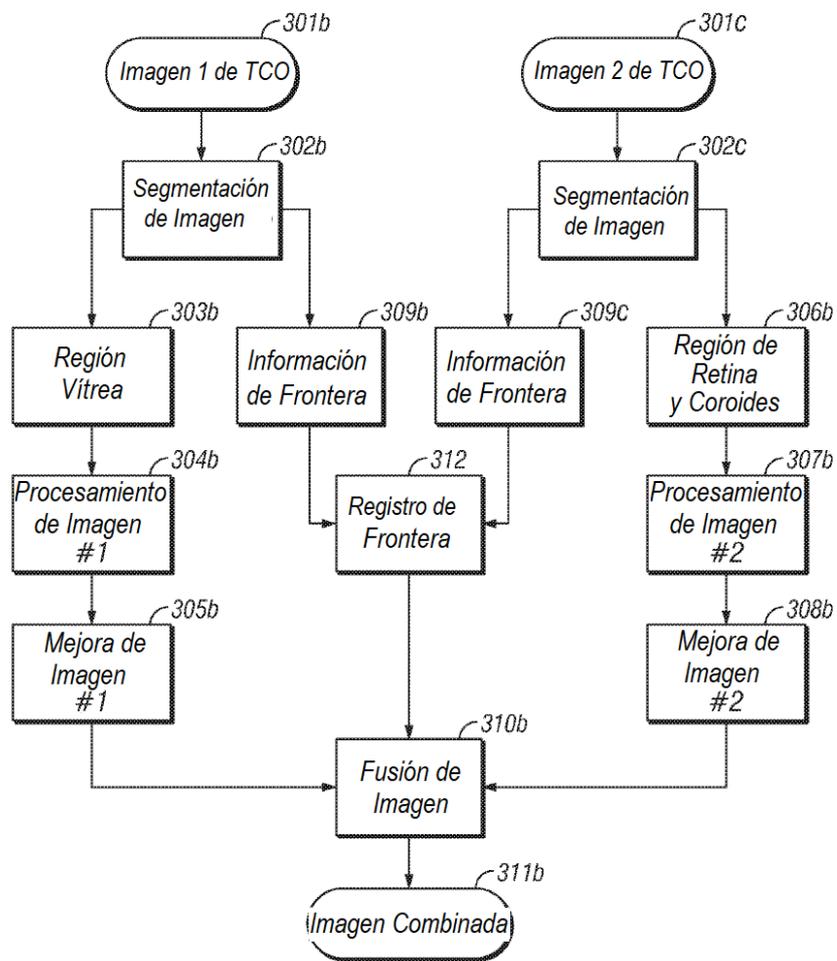


FIG. 5