

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 317**

51 Int. Cl.:

G01B 9/02 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

G01J 3/45 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2007 PCT/US2007/001621**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.07.2007 WO07084750**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2007 E 07718084 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 1994361**

54 Título: **Tomador de imágenes de tomografía de coherencia óptica de dominio de Fourier**

30 Prioridad:

19.01.2006 US 760050 P

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

01.02.2017

73 Titular/es:

**OPTOVUE, INC. (100.0%)
45531 Northport Loop West
Fremont, CA 94538, US**

72 Inventor/es:

**ZHAO, YONGHUA y
WEI, JAY**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 599 317 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

Tomador de imágenes de tomografía de coherencia óptica de dominio de Fourier

5 ANTECEDENTES1. Campo de la invención

10 [0001] La presente invención se refiere a un generador de imágenes de tomografía de coherencia óptica de dominio de Fourier y su funcionamiento.

2. Discusión de la técnica relacionada

15 [0002] Tomografía de coherencia óptica (OCT), desarrollada en 1991 por MIT, se ha convertido en una metodología de formación de imágenes médica importante, especialmente en aplicaciones oftalmológicas.

La técnica OCT se basa en espectros de interferómetro óptico a partir de una combinación de un escaneo longitudinal (también referido como un escaneo axial, escaneo A, o escaneo Z) con un escaneo lateral (también referido como un escaneo XY).

20 El escaneo XY puede pertenecer a cualquier modelo de escaneo lateral, incluyendo líneas, círculos, escaneos tipo trama, o cualquier otro modelo.

La imagen OCT es construida de señales de interferencia óptica mientras que el generador de imágenes OCT está realizando escaneos A y escaneos XY.

En la mayoría de dispositivos OCT, los escaneos A se toman de una serie de coordenadas XY.

En otras palabras, un escaneo A se toma en cada punto en un escaneo XY para hacer una imagen OCT completa.

25 Como resultado, la velocidad de formación de imágenes se determina principalmente por la velocidad de escaneo del escaneo A.

[0003] La Figura 1 ilustra un generador de imágenes OCT 100 que puede utilizar la técnica OCT.

30 Como se muestra en la figura 1, una fuente luminosa 101 proporciona luz a través de un acoplador 102 a un brazo de muestra 103 y un brazo de referencia 104.

El brazo de referencia 104 proporciona una longitud conocida y refleja la luz de nuevo en el acoplador 102.

El brazo de muestra 103 proporciona luz a la muestra 106, que puede ser cualquier objeto de interés, incluido un globo ocular.

35 La luz reflejada del brazo de muestra 103 y la luz reflejada del brazo de referencia 104 se combinan en el acoplador 102 y la señal combinada se acopla en el detector 105.

[0004] La Figura 2 ilustra varios tipos de escaneo que se pueden realizar en la muestra 106.

40 El brazo de muestra 103 puede incluir óptica para escanear luz lateralmente a través de la muestra 106 para proporcionar un escaneo XY.

La longitud del brazo de referencia 104 puede ser mecánicamente variada para proporcionar un escaneo A o el escaneo A puede ser el resultado de técnicas de difracción utilizadas en el detector 105.

La imagen del ojo por OCT se mide por la interferencia entre luz del brazo de muestra 103 y brazo de referencia 104 en el detector 105.

45 [0005] Las técnicas de OCT se pueden dividir en bien una OCT de dominio temporal u OCT de dominio de Fourier (o dominio espectral).

En la OCT de dominio temporal, el escaneo A es normalmente proporcionado por un dispositivo de escaneo mecánico en el brazo de referencia 104.

50 Debido a las limitaciones en el escaneo mecánico, la velocidad de escaneo A en la OCT de dominio temporal es típicamente inferior a 5 kHz.

Un aumento adicional de la velocidad de escaneo puede suponer una proporción de señal a ruido pobre debido a los requisitos insatisfechos de anchos de banda de señal electrónica más amplios.

En el dominio de Fourier OCT, sin embargo, el escaneo A es normalmente proporcionado por un espectrómetro en el detector 105.

55 El espectrómetro de OCT de dominio de Fourier incluye típicamente una cámara de escaneo por líneas acoplada a una rejilla de difracción.

La cámara de escaneo por líneas, por lo tanto, recibe una señal de interferencia óptica como función de la longitud de onda.

60 La imagen OCT puede entonces ser construida después de realizar una transformada de Fourier en señales recibidas en la cámara de escaneo por líneas.

Debido a que la cámara de escaneo por líneas puede tener una tasa de barrido muy alta (normalmente > 25 kHz), OCT de dominio de Fourier puede proporcionar una velocidad de formación de imágenes mucho más alta que la OCT de dominio temporal.

65 Además, la OCT de dominio de Fourier puede también proporcionar una proporción de señal a ruido más alta que la OCT de dominio temporal en el mismo índice de escaneo A, gracias a tiempos de integración más largos de cada

elemento de detección en la cámara de escaneo por líneas a diferencia de detectores típicos utilizados en los espectrómetros de OCT de dominio temporal.

Como resultado, técnicas de dominio de Fourier están haciéndose predominantes en generaciones nuevas de instrumentos de OCT.

5 [0006] Detector 105 en una OCT de dominio de Fourier, luego, incluye típicamente un espectrómetro de alta resolución de alta eficiencia con óptica y mecánica de precisión muy alta.

10 El haz de focalización en el detector 105 de un espectrómetro de OCT de dominio de Fourier típicamente necesita ser alineado con el conjunto de detectores en una cámara de escaneo por líneas a nivel de micrómetro, dando como resultado un generador de imágenes 100 que es muy sensible a cualquier cambio medioambiental tal como vibración y temperatura.

Los instrumentos OCT se deben utilizar en un marco clínico, donde son portátiles y donde será poco práctico o muy caro controlar las condiciones medioambientales.

15 Bajo tales condiciones, el mantenimiento del alineamiento del generador de imágenes OCT puede convertirse en un problema limitante.

Por lo tanto, existe la necesidad de alineamiento constante del espectrómetro para compensar los cambios medioambientales al igual que los efectos del movimiento del generador de imágenes de OCT alrededor de la clínica.

20 [0007] Además, la formación de imágenes de OCT del dominio de Fourier típicamente tiene unos antecedentes de ruido no uniformes que varían a lo largo de la profundidad de escaneo (es decir, a lo largo del escaneo A) debido al ruido $1/f$ y otros factores.

La imagen no compensada puede tener un fondo de ruido mucho más fuerte en ubicaciones de menor profundidad.

25 Además, el fondo de ruido típicamente muestra una relación lineal y otra relación simple con la ubicación de profundidad y puede variar de sistema a sistema debido a factores localizados específicos para cada espectrómetro.

En algunos sistemas, tales niveles de ruido pueden mostrar un modelo de antecedentes de ruido fijo que se pueden confundir con la imagen de OCT misma.

30 [0008] Además, el generador de imágenes de OCT de dominio de Fourier básico es un sistema de señales DC que puede presentar otros defectos.

La pureza de la señal puede ser afectada por niveles de fondo de DC resultantes del espectro de fuente luminosa 101.

35 Adicionalmente, el fondo de DC puede cambiar a lo largo del tiempo debido a cambios medioambientales, que también mejoran el desafío de la imagen de OCT.

[0009] Así, Szkulmowska et al. en el artículo "coherent noise free ophthalmic imaging by spectral optical coherence tomography" en el Journal of Physics D, No.38 (2005), páginas 2606-2611, examinan una metodología para evitar términos de correlación cruzada parasitaria en las imágenes de tomografía de coherencia óptica espectral.

40 Allí, condiciones óptimas de potencia óptica y tiempo de exposición son encontradas teóricamente y confirmadas experimentalmente para asegurar que las imágenes parasitarias mencionadas arriba están ocultas bajo un ruido de disparo.

45 [0010] El US 2005/0171438 A1 describe un método para formación de imágenes tomográficas que comprende los pasos de proporcionar una fuente de radiación al menos parcialmente coherente y una fuente láser barrida por frecuencias a través de un interferómetro, la modulación de fase de la radiación en el interferómetro, la detección de flecos de interferencia para obtener una señal de espectro, la transformación de la señal de espectro para obtener una señal dependiente del tiempo y de la ubicación, y la generación de una imagen tomográfica.

50 [0011] El documento US 5,483,337 A describe un espectrómetro de emisión atómica que incluye una taza de inducción del generador de plasma y un sistema detector para la detección de la radiación con respecto a longitudes de onda del espectro.

Allí, un espejo se rota a una primera orientación para reflejar la radiación axial en el sistema detector, o a una segunda orientación para reflejar la radiación radial en el sistema detector.

55 [0012] El documento US 2002/0105640 A1 describe un alineamiento de múltiples recorridos del haz en un microscopio que utiliza un instrumento de alineamiento con una fuente luminosa.

Tanto la fuente luminosa como el instrumento de alineamiento y otra fuente luminosa en el sistema de microscopio, tal como un láser, se utiliza para alinear el recorrido del haz de iluminación hasta el punto focal destinado.

60 [0013] Por lo tanto, hay una necesidad de espectrómetros de OCT y sistemas de formación de imágenes que compensen apropiadamente los factores descritos anteriormente.

[0014] Conforme a formas de realización de la presente invención, se describen generadores de imágenes OCT de dominio de Fourier que proporcionan autoalineamiento y autocalibración.

En algunas formas de realización, el autoalineamiento se realiza por el ajuste de uno o varios elementos ópticos en un brazo detector y la autocalibración se realiza tomando periódicamente un espectro blanco que se puede utilizar como un espectro por líneas de base en el procesamiento de datos.

5 [0015] Un generador de imágenes de OCT según algunas formas de realización de la presente invención se define por la reivindicación 1.

10 [0016] En algunas formas de realización, el espectrómetro incluye un espejo de plegado acoplado para recibir la señal de interferencia combinada del brazo detector; una rejilla de transmisión acoplada para recibir la señal de interferencia reflejada del espejo de plegado; y una cámara de escaneo por líneas acoplada para recibir luz difractada de la rejilla de transmisión.

15 [0017] En algunas formas de realización, el componente controlable es el espejo de plegado, el espejo de plegado que incluye un espejo; un accionador acoplado entre el espejo y un marco, el accionador ajusta su longitud en respuesta a una señal eléctrica; y un separador acoplado entre el espejo y el marco, el espejo rota en el separador cuando el accionador es ajustado.

El accionador puede ser un accionador piezoeléctrico.

20 En algunas formas de realización, un muelle se acopla para sujetar el espejo ajustado contra el accionador y el separador.

25 [0018] En algunas formas de realización, el controlador proporciona la señal eléctrica en respuesta a una diferencia en la intensidad medida por una primera serie de detectores en la cámara de escaneo por líneas y la intensidad medida por un segundo conjunto de detectores en la cámara de escaneo por líneas, el segundo conjunto de detectores que están dispersados entre el primer conjunto de detectores y lateralmente compensados desde el primer conjunto de detectores.

[0019] El generador de imágenes puede incluir además un software de ejecución de ordenador que recibe datos del espectrómetro; incluye el controlador; y compila una imagen de OCT.

30 [0020] Un método de autoalineamiento de un generador de imágenes OCT se define por la reivindicación 10. En algunas formas de realización, el espectrómetro incluye un espejo que dirige la luz sobre una rejilla de transmisión y el ajuste del componente óptico incluye el ajuste del espejo.

35 En algunas formas de realización, el ajuste del espejo incluye proporcionar un voltaje a un accionador piezoeléctrico acoplado para ajustar la posición del espejo con respecto a la rejilla de transmisión.

40 [0021] En algunas formas de realización el método anterior puede incluir el posicionamiento automático del escaneo XY hasta un punto blanco, la adquisición de un número de espectros de fondo; el cálculo del promedio de los espectros de fondo para calcular un espectro de fondo; normalización de cada uno del número de espectros de fondo por el espectro de fondo para formar un número de espectros de fondo normalizados; el procesamiento por transformada de Fourier de cada uno del número de espectros de fondo normalizados, y el cálculo del promedio del número procesado de espectros de fondo normalizados para formar un espectro de ruido de fondo; la adquisición de una señal de escaneo A para cada punto en un escaneo XY; la normalización de la señal del escaneo A por el espectro de fondo; el procesamiento por transformada de Fourier de la señal del escaneo A normalizada; y normalización de la señal del escaneo A procesada por el espectro de ruido de fondo para calcular una imagen OCT.

45 La toma de los espectros de fondo puede incluir el ajuste de una óptica de escaneo XY de modo que ninguna luz se refleja en un brazo de muestra; la recepción de luz en un espectrómetro solo desde un brazo de referencia; y la medición de la intensidad de la luz como función de la longitud de onda en el espectrómetro.

50 Además, el espectrómetro se puede alinear antes de que los datos de la imagen de OCT sean tomados.

[0022] Estas y otras formas de realización de la invención son además discutidas a continuación con referencia a las figuras siguientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 [0023]

La Figura 1 ilustra la técnica de OCT.

La Figura 2 ilustra los escaneos A y XY en la técnica de OCT.

60 La Figura 3 ilustra un generador de imágenes de OCT de dominio de Fourier según algunas formas de realización de la presente invención.

La Figura 4 ilustra una forma de realización de un espectrómetro que se puede utilizar en un generador de imágenes de OCT según algunas formas de realización de la presente invención.

La Figura 5 ilustra una cámara de escaneo por líneas que se puede utilizar en el espectrómetro ilustrado en la figura 4.

65 La Figura 6 ilustra un proceso que se puede utilizar durante el alineamiento.

Las Figuras 7A y 7B ilustran un componente autoajustable que se puede utilizar en el espectrómetro ilustrado en la figura 4.

La Figura 8 ilustra un espejo de plegado autoajustable que se puede utilizar en el espectrómetro ilustrado en la figura 4.

5 La Figura 9 muestra la distribución de ruido en una imagen de OCT.

La Figura 10 ilustra un proceso de formación de imágenes de OCT según algunas formas de realización de la presente invención.

La Figura 11 muestra un diagrama de flujo para realizar una sesión de formación de imágenes de OCT según algunas formas de realización de la presente invención.

10 La Figura 12 ilustra un procesamiento de señales en una sesión de formación de imágenes de OCT según algunas formas de realización de la presente invención.

La Figura 13 ilustra óptica de escaneo XY que se puede utilizar en algunas formas de realización de la presente invención.

15 [0024] En las figuras, los elementos que tienen la misma designación tienen la misma o similares funciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 [0025] La Figura 3 ilustra un generador de imágenes de OCT de dominio de Fourier 300 según algunas formas de realización de la presente invención.

Como se muestra en la figura 3, el generador de imágenes de OCT de dominio de Fourier 300 incluye una fuente luminosa 301 de ancho de banda acoplada para suministrar luz al brazo de fuente luminosa 308.

El brazo de fuente 308 se acopla para proporcionar luz a un acoplador 302.

El acoplador 302 divide la luz entre el brazo de muestreo 309 y el brazo de referencia 310.

25 El brazo de muestreo 309 incluye el escaneo XY 303, que acopla la luz en un objeto de interés, que puede ser un ojo.

El brazo de referencia 310 incluye una línea de retardo óptico ajustable 304.

La luz reflejada en el brazo de referencia 310 y el brazo de muestreo 309 se combina en el acoplador 302 y se acopla en el brazo detector 311.

30 El brazo detector 311 incluye un espectrómetro 305.

Adicionalmente, el espectrómetro 305 se acopla a un sistema electrónico de toma de datos 306, que se puede acoplar a un ordenador central 307.

Además, en algunas formas de realización, la óptica en el escaneo XY 303 y línea de retardo ajustable 304 se pueden controlar por la adquisición de datos 306 o por el ordenador central 307.

35 [0026] La fuente luminosa de ancho de banda 301 puede, por ejemplo, ser un diodo emisor de luz de superluminiscencia (SLED) con una longitud de onda de aproximadamente 840 nm y ancho de banda de aproximadamente 50 nm.

La luz de la fuente luminosa de ancho de banda 301 puede luego ser acoplada en una fibra de modo único y luego acoplada al acoplador 302.

40 En algunas formas de realización, el acoplador 302 puede ser un acoplador de fibra 2X2 3dB y la fibra de modo único de brazo de fuente 308 se puede acoplar en el brazo de fuente del acoplador de fibra.

El acoplador 3dB actúa como un divisor de haces que divide la luz entrante del brazo de fuente 308 en dos brazos: el brazo de referencia 310 que incluye una línea de retardo óptico ajustable 304; y el brazo de muestreo 309 que

45 incluye el dispositivo de escaneo XY 303 y un objeto bajo estudio, tal como una retina, córnea, u otra muestra.

[0027] La Figura 13 ilustra una forma de realización de escaneo XY 303 que se puede utilizar en algunas formas de realización de la presente invención.

50 La forma de realización de escaneo XY 303 mostrada en la figura 13 incluye una lente de colimación 1301, un espejo de escaneo X 1302, un espejo de escaneo Y 1303, una lente de relé 1304, y una lente ocular 1305.

El escaneo XY 303 dirige la luz a un objeto de interés, que en la figura 13 se representa por el globo ocular 1306.

El espejo de escaneo X 1302 se rota para dirigir el haz en una dirección X en el globo ocular 1306.

El espejo de escaneo Y es también rotado para dirigir el haz en una dirección Y en el globo ocular 1306.

55 Como se muestra posteriormente, la luz reflejada del globo ocular 1306 es dirigida de nuevo en el brazo de muestreo 309.

Como es posteriormente mostrado en la figura 13, el espejo de escaneo Y 1303 puede rotarse de manera que la luz se dirige en una dirección donde no puede ser reflejada de nuevo en el brazo de muestreo 309.

La rotación del espejo X 1302 y espejo Y 1303 se puede controlar eléctricamente.

60 [0028] La luz en el escaneo XY 303 se focaliza en el objeto de estudio para obtener la máxima retrorreflexión y/o dispersión, que será recogida por el escaneo XY 303 nuevamente y luego acoplada de nuevo en la fibra de modo único del brazo de muestreo 309.

La luz es también retrorreflejada desde la línea de retardo de óptica ajustable 310 en la fibra del brazo de referencia 310.

65 Las dos señales ópticas retrorreflejadas, una del brazo de muestreo 309 y la otra del brazo de referencia 310, se mezclan en el acoplador 302 para generar una señal de interferencia.

La señal de interferencia se acopla en el brazo detector 311, que se acopla al espectrómetro 305. Típicamente, la luz que entra en el espectrómetro 305 se acopla a través de una rejilla de difracción sobre una cámara de escaneo por líneas.

5 [0029] El espectrómetro 305 proporciona un conjunto de señales electrónicas que indican la intensidad de luz como función de la longitud de onda, que proporciona el espectro de la señal de interferencia. La señal de salida del espectrómetro 305 se adquiere por un dispositivo de toma de datos 306, que en algunas formas de realización puede ser un capturador del marco, y luego puede ser transferida al ordenador central 307 para el procesamiento, incluyendo la construcción de una imagen de OCT.

10 [0030] La línea de retardo óptica ajustable 304 es típicamente ajustada a una posición donde la señal de interferencia óptica medida en el espectrómetro 305 puede ser resuelta por el espectrómetro 305. Típicamente, el espectro puede ser resuelto en el espectrómetro 305 si la diferencia de la longitud de recorrido óptico total entre el brazo de muestreo 309 y el brazo de referencia 310 es inferior a la profundidad de escaneo máximo que consigue el generador de imágenes OCT 300.

15 [0031] La Figura 4 ilustra un espectrómetro 305 de ejemplo según algunas formas de realización de la presente invención.

20 En general, la luz de la fibra de entrada 401 es incidente en un dispositivo difractivo tal como rejilla de difracción 404 y es dirigida a una cámara de escaneo por líneas 406.

En la forma de realización específicamente mostrada en la figura 4, el espectrómetro 305 recibe luz de fibra de entrada 401.

La lente de colimación 402 colima la luz de fibra 401 y la dirige sobre el espejo plegable 403.

El espejo plegable 403 refleja la luz sobre la rejilla de transmisión 404.

25 La luz es luego focalizada por la focalización de las lentes 405 sobre una cámara de escaneo por líneas 406.

La luz incidente en la cámara de escaneo por líneas 406 es una línea donde la posición en la línea es dependiente de la longitud de onda.

Por lo tanto, la señal detectada en cada píxel (o detector) indica la intensidad de la señal OCT a una longitud de onda particular.

30 [0032] La Figura 4 ilustra que la rejilla 404 es una rejilla de transmisión, una rejilla de reflexión u otro elemento dispersivo donde la luz se dispersa puesto que una función de longitud de onda puede ser usada.

35 Para conseguir una eficiencia alta, el diseño óptico del espectrómetro 305 debería ser optimizado de modo que la luz de la fibra de entrada se representa en elementos CCD de cámara de escaneo por las líneas 406 en la medida de lo posible.

Debido al pequeño tamaño de píxel de las cámaras de escaneo por líneas típicas (típicamente 10 μm por 10 μm), el espectrómetro 405 puede ser muy sensible a las condiciones medioambientales tales como temperatura, vibraciones mecánicas, y otras condiciones.

40 El mantenimiento del espectrómetro 305 alineado es una tarea grande y debería ser hecha periódicamente durante la operación del generador de imágenes de OCT.

El mantenimiento de tal alineamiento hace la OCT del dominio de Fourier muy difícil de usar en aplicaciones clínicas. Para superar esta limitación, algunas formas de realización de la presente invención incluyen activar el autoalineamiento y así proporcionar un funcionamiento ininterrumpido del generador de imágenes de OCT 300.

45 [0033] La Figura 5 ilustra una forma de realización de la cámara de escaneo por líneas 406.

Como se muestra en la figura 5, la cámara de escaneo por líneas 406 incluye un conjunto de detectores ópticos 501 y 502, que puede ser cualquier detector óptico y en algunas formas de realización son dispositivos de carga acoplada (CCD).

Generalmente, los detectores 501 y 502 están dispuestos a lo largo de una línea única.

50 El número de detectores 501 y 502 determinan la resolución de la cámara.

Una cámara de escaneo por líneas puede incluir cualquier número de detectores, por ejemplo 1024 o 2048 detectores.

55 [0034] El haz de la rejilla 404 se extiende como función de longitud de onda a través de una línea en la dirección horizontal con respecto a la orientación de los detectores 501 y 502 (es decir, los detectores 501 y 502 están dispuestos en la dirección horizontal).

60 Hay tres maneras en las que el haz puede estar desalineado: por desalineamiento vertical (es decir, el haz se desplaza en una dirección perpendicular a la horizontal), por desalineamiento horizontal (es decir, el haz es desplazado horizontalmente), o por desalineamiento rotacional (la línea del haz se rota con respecto a la línea de los detectores 501 y 502).

[0035] Se pueden hacer ajustes del espectrómetro 305 de varias maneras.

Por ejemplo, el alineamiento rotacional puede hacerse rotando la rejilla 404 para girar el haz lateral relativo a la dirección horizontal definida por el conjunto de detectores 501 y 502 de la cámara 305.

65 Además, el alineamiento horizontal puede hacerse ajustando la rejilla 404 para desviar el haz horizontalmente en los detectores 501 y 502.

Un ajuste vertical puede hacerse ajustando la orientación del espejo 403 de modo que el haz de luz para todas las longitudes de onda es desviado para ser óptimamente incidente en los detectores 501 y 502.

En algunas formas de realización del espectrómetro 305, el alineamiento rotacional, alineamiento horizontal, y alineamientos verticales del haz de la rejilla 404 se fijan en un alineamiento de mantenimiento periódico y aquellos ajustes son mantenidos constantes durante la operación del generador de imágenes hasta el periodo de mantenimiento siguiente.

En cada uno de estos alineamientos, el haz se alinea para maximizar la potencia recibida en la cámara 305 con condiciones conocidas.

Las condiciones conocidas pueden ser conseguidas, por ejemplo, directamente por solo la luz reflejada en el brazo de referencia 310 en el espectrómetro 305.

[0036] Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el alineamiento del espectrómetro 305 se desviará con el uso y las condiciones medioambientales.

Por lo tanto, en algunos instrumentos de OCT según la presente invención, uno o varios de los alineamientos vertical, horizontal, o rotacional se realizan en un paso de autoalineamiento durante, o justo antes de, una sesión de formación de imágenes.

Una sesión de formación de imágenes es un período de tiempo durante el cual un generador de imágenes OCT, o parte de una imagen OCT, se adquiere por el generador de imágenes de OCT 300.

[0037] En algunas formas de realización, una etapa de autoalineamiento para alineamiento vertical del haz se inicia al principio de cada sesión de formación de imágenes.

Un autoalineamiento fino del haz en la dirección horizontal puede no ser necesario porque un pequeño desalineamiento en la dirección horizontal solo significa un pequeño desvío de espectro, a nivel de varios píxeles, que se pueden ignorar o compensar por el software que funciona en el ordenador 307.

Dado que normalmente hay más de mil píxeles en la cámara de escaneo por líneas 406, tal pequeño desvío de espectro no debería afectar al rendimiento del generador de imágenes de OCT significativamente.

Adicionalmente, autoalineamientos rotacionales pueden no ser necesarios.

Autoalineamientos son típicamente más robustos (es decir, menos sensibles a las condiciones medioambientales) que los alineamientos traslacionales.

Además, si el alineamiento rotacional está ligeramente ausente, allí debería haber un pequeño efecto en el rendimiento debido a la extensión vertical de los detectores 501 y 502.

Típicamente, los detectores 501 y 502 y el autoalineamiento vertical tienen aproximadamente 10 μm de alto, por lo tanto un desalineamiento rotacional tal que las extremidades del haz se desplazan de menos de 5 micras más o menos debería tener un pequeño efecto en el rendimiento.

[0038] Desvíos verticales en el haz pueden tener consecuencias de rendimiento significativas.

Adicionalmente, el desalineamiento vertical es de forma mucho más común una incidencia y mucho más posible que ocurra ya que el instrumento se ajusta para cambiar las condiciones medioambientales y cuando el instrumento es movido por la clínica.

[0039] Una metodología de autoalineamiento es ajustar la óptica del espectrómetro 305 para maximizar la potencia óptica total recibida por la cámara de escaneo por líneas 402.

La potencia total se puede calcular sumando las señales de todos los detectores 501 y 502.

Sin embargo, este procedimiento no puede ser fiable si la potencia reflejada del brazo de muestreo 404 no es insignificante y varía a lo largo del tiempo y de objeto a objeto.

Un algoritmo de alineamiento basado en la potencia total recibida en la cámara de escaneo por líneas 402 sería extremadamente difícil ya que la potencia de entrada real en el espectrómetro 305 no es fijada.

[0040] La Figura 6 ilustra un procedimiento de autoalineamiento según algunas formas de realización de la presente invención.

La Figura 6 ilustra el campo de formación de imágenes 600 del escaneo XY 300 mostrado en la figura 3.

Durante el funcionamiento, el objeto de interés se coloca dentro del campo de formación de imágenes 600.

Durante la formación de imágenes, el escaneo XY 303 dirige la luz en un modo de escaneo normal 601, retrorreflejando la luz en el brazo de muestreo 309 por el objeto de interés en el campo de formación de imágenes 600.

Sin embargo, durante un proceso de alineamiento, la óptica en el escaneo XY 300 se fija para dirigir el haz en el brazo de muestreo 309 a modo de alineamiento 602, que está dirigiendo el haz luminoso fuera del campo de formación de imágenes 600.

Como resultado, ninguna luz es retrorreflejada a través del brazo de muestreo 309 y la luz reflejada del brazo de referencia 310, que no es dependiente del objeto de interés, se puede utilizar para alinear el espectrómetro 305.

[0041] Las Figuras 7A y 7B ilustran una forma de realización de un espejo plegable 403 que se puede utilizar en el espectrómetro 305.

La forma de realización del espejo plegable 403 mostrada en las Figuras 7A y 7B incluye un espejo 701 y una placa de montaje 702.

La placa de montaje 702 y espejo 701 se acoplan a las extremidades opuestas de un piezo accionador 703.

Además, la placa de montaje 702 y el espejo 701 se separan por bolas de soporte 704.

La longitud del piezo accionador 703 varía con un voltaje aplicado a través del accionador 703.

Por lo tanto, el espejo 701 se puede inclinar para dirigir la luz de la lente de colimación 402 (figura 4) con respecto a la cámara de escaneo por líneas 406.

5 El haz en la cámara de escaneo por líneas 406, luego, se puede ajustar variando el voltaje a través del piezo accionador 703.

Como se muestra en las figuras 7A y 7B, un controlador de espejo 705 es electrónicamente acoplado al piezo accionador 703 para controlar el voltaje a través del piezo accionador 703, que controla la orientación del espejo 701 con respecto a la placa de montaje 702.

10 [0042] La potencia óptica total en la cámara de escaneo por líneas 406 se puede calcular sumando la señal de cada uno de los detectores 501 y 502.

Ajustando el voltaje a través del piezo accionador 703, la potencia óptica total puede ser maximizada.

15 Durante la operación de autoajuste, la potencia de entrada en el espectrómetro 406 debería ser mantenida constante.

Para cerciorarse de que la potencia no es afectada por la luz que retorna del brazo de muestreo 309, el dispositivo de escaneo XY 303 debería ser ajustado en un modo de escaneo de alineamiento 602 de modo que el haz de escaneo XY esté fuera del campo de formación de imágenes, como se muestra en la figura 6.

20 Durante el escaneo normal, el haz de escaneo XY está normalmente dentro del campo de formación de imágenes 600.

Durante el tiempo de autoalineamiento, el haz de escaneo XY está fuera del campo de formación de imágenes 600 aplicando una compensación muy grande en el dispositivo de escaneo XY 303.

Ninguna luz será reflejada en el brazo de muestreo 309 debido a que el haz de escaneo se dirige a la apertura del campo, que se puede considerar un material sin reflexión.

25 Como resultado, solo la luz retrorreflejada desde el brazo de referencia 310 alcanzará el espectrómetro 305, dando como resultado un haz de potencia constante en el espectrómetro 305 durante el procedimiento de autoajuste.

[0043] En algunas formas de realización, el control del espejo 705 se puede acoplar directamente a la toma de datos 306 (figura 3).

30 En algunas formas de realización, el control del espejo 705 se puede acoplar al ordenador central 307.

Como se ha mencionado anteriormente, el autoalineamiento del espectrómetro 305 puede lograrse con la óptica del escaneo XY 303 del brazo de muestreo 309 en el modo de alineamiento 602.

En este punto, la luz reflejada en el brazo de referencia 310, sin la luz del brazo de muestreo 309, se dirige al espectrómetro 305.

35 [0044] Como se muestra en la figura 5, algunas formas de realización de la cámara de escaneo por líneas 406 están dispuestas de modo que los detectores 501 de la cámara de escaneo por líneas 406 están ligeramente verticalmente compensadas desde los detectores 502.

40 Habrá una diferencia de potencia óptica notable entre los detectores 501 y los detectores 502 cuando el haz es desalineado.

En algunas formas de realización, el algoritmo de optimización es ajustar el espejo plegable 403 para minimizar la diferencia de la potencia óptica medida por los detectores 501 y 502.

45 [0045] Este algoritmo es generalmente rápido debido a que la dirección en la que se debe ajustar el espejo plegable 403 depende del signo de la diferencia en la potencia óptica total medida por los detectores 501 y la potencia óptica total medida por los detectores 502.

Una indicación de si el haz incidente en la cámara de escaneo por líneas 406 está alineado es la diferencia entre la intensidad total medida por los detectores 501 y la intensidad total medida por los detectores 502.

50 Si el haz es demasiado alto, la intensidad total medida por los detectores 502 será superior a la intensidad total medida por los detectores 501.

El opuesto es real si el haz es demasiado bajo.

[0046] Un bucle de reacción donde el voltaje a través del piezo accionador 703 es cambiado (ajustando la longitud del accionador 703) hasta que la diferencia entre la intensidad total medida por los detectores 502 y la intensidad total medida por los detectores 501 es inferior a un valor umbral pueden ser implementados.

Este bucle de reacción se puede implementar en la toma de datos 306, en el ordenador central 307, o en el control del espejo 705.

Por lo tanto, aplicando voltaje diferente en el piezo accionador 703, la longitud real del piezo accionador 703 puede ser cambiada.

60 Como resultado, el ángulo vertical del espejo plegable 403 se ajusta según el voltaje aplicado al piezo accionador 703, y luego el haz de focalización en la cámara de escaneo por líneas 406 se puede mover arriba y abajo, en una escala de longitud en micrómetros, para coincidir con la ubicación de los detectores 501 y 502.

[0047] La Figura 8 ilustra otra forma de realización del espejo plegable 403.

65 Como se muestra en la figura 8, el espejo plegable 403 incluye un espejo 803 montado sobre un refuerzo 802.

- El espejo 803 y refuerzo 802 se montan dentro de un marco 801, que puede ser parte del marco total para el espectrómetro 305.
El marco 801 incluye los labios 810.
- 5 Un separador 806 se proporciona entre el refuerzo 802 y el labio 810 en un lado del refuerzo 802 mientras un piezo accionador 804 separa el refuerzo 802 y el labio 810 en el lado opuesto del refuerzo 802.
En algunas formas de realización, el separador 806 incluye uno o varios cojinetes esféricos, sin embargo, un separador cilíndrico u otro separador puede ser utilizado.
El separador 806 permite que el refuerzo 802 rote alrededor del separador 806.
El refuerzo 806 puede estar en contacto ajustado con el piezo accionador 804.
- 10 Un muelle 807, que en la forma de realización mostrada en la figura 8 está bajo compresión, se proporciona entre el refuerzo 806 opuesto al espejo 803 y marco 801.
El muelle 807 sostiene el refuerzo 802 firmemente contra el separador 810 y el piezo accionador 804.
En algunas formas de realización, un tornillo de ajuste 805 se proporciona entre el refuerzo 802 y el piezo accionador 804.
- 15 En algunas formas de realización, el tornillo de ajuste 805 puede pasar a través del labio 810 en vez del refuerzo 802.
El tornillo de ajuste 805 proporciona un ajuste de alineamiento inicial o en curso que puede ser ajustado cuando el generador de imágenes de OCT 300 es revisado.
- 20 [0048] Como se muestra en la figura 8, el piezo accionador 804, cuya longitud es ajustable mediante un voltaje a través del accionador 804, ajusta la orientación del espejo 803, proporcionando el ajuste al haz luminoso en la cámara de escaneo por líneas 406.
El piezo accionador 804 (o piezo accionador 703 anterior) puede ser un dispositivo piezoeléctrico apilado disponible, por ejemplo, de ThorLabs, Newton, NJ.
- 25 En algunas formas de realización, el piezo accionador 804 se extiende a su longitud total tras la aplicación de aproximadamente 100 V a través del accionador 804.
El accionador 804 puede ser cualquier dispositivo que tiene una longitud que se puede controlar electrónicamente, por ejemplo cualquier tipo de fase de desplazamiento (en la dirección vertical) tal como motor lineal, motor paso a paso, o motor ultrasónico, que puede ajustar la posición vertical de fibra de entrada, o cámara de escaneo por líneas, o lente de colimación, o lente de focalización.
- 30 En sistemas donde se usa una rejilla de reflexión en vez de una rejilla de transmisión, el accionador de autoalineamiento podría también ser colocado con el montaje de rejilla.
- 35 [0049] El accionador 804 es electrónicamente acoplado al control del espejo 808, que recibe señales de la fuente 809.
La fuente 809 puede ser una toma de datos 306 u ordenador central 307.
Como se ha descrito anteriormente, la longitud del accionador 804 se ajusta en respuesta a las señales de los detectores 501 y 502 de la cámara por líneas 406 hasta que el haz se alinea con la cámara 406.
En algunas formas de realización, la longitud de accionador 804 se ajusta en respuesta a la diferencia en la intensidad total incidente en los detectores 501 y la intensidad total incidente en los detectores 502.
- 40 [0050] Aunque el autoalineamiento ha sido descrito usando el espejo plegable 403 como el componente ajustable, cualquier componente que puede afectar a la ubicación donde el haz es incidente en la cámara de escaneo 406 puede ser utilizado.
- 45 Por ejemplo, la ubicación de la cámara 406, la orientación de la lente de focalización 405, o la orientación de la rejilla de transmisión 404 pueden ser utilizadas.
En sistemas que utilizan una rejilla reflectante en vez de una rejilla de transmisión, la orientación de la rejilla reflectante se puede utilizar como el elemento ajustable para autoalineamiento.
- 50 [0051] Por lo tanto, conforme a algunas formas de realización de la presente invención, un paso de autoalineamiento se añade al principio de cada sesión de formación de imágenes de OCT.
Durante esta etapa de autoalineamiento, el escaneo XY 303 se fija a modo de escaneo de alineamiento 602, donde no hay haz reflejado en el brazo de muestreo 309.
El ordenador central 307 luego ejecuta la toma de datos de la cámara de escaneo por líneas 305 y calcula la potencia óptica recibida por los detectores 501 y 502 de la cámara de escaneo por líneas 305.
- 55 El ordenador 307 luego dirige el control del espejo 705 o 808 para ajustar la orientación del espejo plegable 403 para minimizar la diferencia entre la potencia total en los detectores 501 y la potencia total en los detectores 502.
Como se ha mencionado anteriormente, algunas formas de realización de la invención ajustan el espejo 403 para maximizar la potencia total y algunas formas de realización ajustan otros componentes del espectrómetro 305 para alinear el haz óptico con la cámara de escaneo por líneas 406 antes de la sesión.
- 60 Aunque este procedimiento se puede realizar periódicamente durante una sesión de OCT (es decir, una sesión donde una o varias imágenes de OCT de un objeto de interés son tomadas), el proceso de autoalineamiento se puede realizar en cualquier momento durante la sesión de OCT.

[0052] Debe observarse que, una vez alineado verticalmente, una diferencia en la potencia medida de un lado de cámara de escaneo por líneas 406 o el otro lado de la cámara de escaneo por líneas 406 indica desalineamiento rotacional u horizontal.

En algunas formas de realización, un autoalineamiento rotacional, un autoalineamiento horizontal, o ambos pueden ser realizados utilizando la diferencia en la potencia incidente medida por los detectores izquierdos y derechos de la cámara de escaneo por líneas 406.

En algunas formas de realización, una diferencia grande en la potencia medida por los detectores izquierdos de la potencia medida por los detectores derechos se pueden utilizar para indicar a un operador que un alineamiento manual es necesitado.

[0053] Además de los problemas de alineamiento, la formación de imágenes de OCT padece de problemas de ruido y de distorsión.

En particular, puede haber un modelo de fondo de ruido fijo en las imágenes de OCT de dominio de Fourier no compensadas que, si no se tienen en consideración, pueden fácilmente distorsionar la imagen de OCT resultante.

Adicionalmente, los espectros de OCT deberían ser normalizados para el perfil espectral de la fuente luminosa 301 del ancho de banda.

En algunas formas de realización de formación de imágenes de OCT según la presente invención, el modelo de ruido de fondo se puede eliminar eliminando el espectro de fondo.

En algunas formas de realización, el espectro de fondo es la señal del espectro del brazo de referencia 310 mientras el escaneo XY 303 se coloca en una posición para no reflejar la luz en el brazo de muestreo 309.

Como se ha mencionado anteriormente, el espectro de OCT es la señal combinada del brazo de muestreo 309 y brazo de referencia 310, que es una señal de interferencia.

La combinación de las señales reflejadas del brazo de referencia 310 y brazo de muestreo 309 convierte la señal de espectro tipo DC en una señal CA (señal de interferencia), que ayuda a aclarar la imagen de OCT y a hacer la resolución consistente en diferentes ubicaciones de profundidad.

[0054] La Figura 9 ilustra las características de ruido de una imagen OCT estándar.

Como se muestra en la figura 9, el ruido $1/f$ aumenta al decrecer la profundidad del escaneo A.

Adicionalmente, sencillamente la eliminación de un espectro por líneas de base no puede reducir el ruido $1/f$ en el espectro de OCT considerablemente.

[0055] Aunque un espectro de fondo se puede determinar y eliminar del espectro de OCT, el espectro de fondo puede cambiar a lo largo del tiempo debido a cambios medioambientales, especialmente cambios de temperatura, en el instrumento de OCT.

Incluso con alineamiento del espectrómetro automático, el espectro puede todavía ser diferente en momentos diferentes.

Si el espectro eliminado del espectro de OCT no es el espectro de fondo corriente, el fondo de ruido no uniforme y otros efectos perjudiciales reaparecen y pueden distorsionar la imagen de OCT.

[0056] Por lo tanto, conforme a algunas formas de realización de la presente invención, el espectro de fondo es actualizado frecuentemente.

La Figura 10 ilustra un ejemplo de un procedimiento para realizar un escaneo de imagen de OCT según algunas formas de realización de la presente invención.

Como se demuestra en la figura 10, cada secuencia de escaneo XY comienza desde un punto blanco 1001 que está situado fuera del campo de formación de imágenes 600 de la óptica de escaneo XY 303.

Un número determinado de escaneos A se toman en un punto blanco 1001.

Luego, un escaneo XY de OCT normal 601 es realizado.

La Figura 10 ilustra el escaneo XY 601 normal como un modelo de escaneo por líneas, pero un escaneo XY puede ser cualquier otro tipo de modelo de escaneo tal como círculo, trama, rejilla, o cualquier otro modelo.

Después de finalizar el escaneo XY 601 normal, el generador de imágenes de OCT devuelve al escaneo XY 303 al periodo blanco 1001 para iniciar una secuencia de escaneo nueva.

[0057] Durante el periodo blanco, cuando el escaneo XY 303 posiciona el haz en el punto blanco 1001, los datos de la cámara de escaneo por líneas 305 se adquieren y almacenan como espectros de fondo.

Típicamente, un número de espectros de fondo son adquiridos.

Los espectros de fondo contienen datos solo del brazo de referencia 310 porque, mientras el haz está en el punto blanco 1001, nada será retrorreflejado en el brazo de muestreo 309.

Debido a que los espectros de fondo se actualizan para cada secuencia de escaneo (o cada marco de imagen de OCT), los espectros de fondo representan los espectros de fondo reales, con los efectos de cambios medioambientales, que son típicamente más lentos que los índices de marco de imagen de OCT (normalmente > 5 Hz).

Un espectro de fondo se puede calcular haciendo el promedio del número de espectros de fondo, que aumenta la ración de señal a ruido.

Además, el ordenador 307 puede también controlar la potencia recibida por la cámara de escaneo por líneas 406 para determinar si el espectrómetro 305 es alineado o si una etapa de autoalineamiento necesita ser realizada.

[0058] La Figura 11 ilustra una sesión de formación de imágenes OCT 1100 según algunas formas de realización de la presente invención.

La sesión de formación de imágenes 1100 comienza en el bloque de puesta en marcha 1101.

5 En el bloque de puesta en marcha 1101, el generador de imágenes de OCT es encendido, la fuente luminosa 301 es activada, el ordenador 307 es encendido, y el software apropiado cargado.

Una vez que el generador de imágenes de OCT 300 está completamente encendido, la secuencia de autoalineamiento es iniciada.

Como se muestra en la figura 11, en la etapa 1102 el ordenador 307 dirige el escaneo XY 303 para entrar en el modo de escaneo de alineamiento 602.

10 En la etapa 1103, los datos son adquiridos por la cámara de escaneo por líneas 406.

En la etapa 1104, generador de imágenes de OCT 300 determina, como se ha mencionado anteriormente, si el haz del brazo detector 311 se alinea con los detectores 501 y 502 de la cámara de escaneo por líneas 406.

Si el alineamiento no es aún óptimo, un componente óptico tal como el espejo plegable 403 se ajusta en la etapa 1105 y el proceso retorna a la etapa 1103.

15 Si el alineamiento es óptimo (por ejemplo, una intensidad máxima está presente en los detectores 501 y 502), entonces el generador de imágenes de OCT 300 procede a adquirir una imagen de OCT.

[0059] Como se muestra en la figura 11, en la etapa 1106, el escaneo XY 303 mueve el haz hasta el punto blanco 1001.

20 En la etapa 1107 un número de espectros de fondo se toman con el haz en el punto blanco 1001.

En esta posición, ninguna luz se refleja en el brazo de muestreo 309 y solo la luz reflejada en el brazo de referencia 310 se mide en el espectrómetro 305.

Cualquier número de espectros individuales puede ser tomado en la etapa 1107, por ejemplo dieciséis espectros pueden tomarse.

25 [0060] Una vez los espectros de fondo son tomados, un escaneo XY de OCT se realiza en la etapa 1107 para obtener un espectro de OCT.

El escaneo XY 303 es luego ajustado para realizar un escaneo XY normal dentro del campo de formación de imágenes 600.

30 El espectro de OCT, que es una señal de interferencia formada por combinación en el acoplador 302 de las señales reflejadas del brazo de muestreo 309 y el brazo de referencia 310, se procesan para obtener una imagen de OCT.

[0061] La Figura 12 ilustra un proceso de tratamiento digital 1200 de un espectro de OCT para obtener una imagen de OCT, que se puede formar en la etapa de escaneo de OCT 1108 de la figura 11.

35 El bloque 1201 en la figura 12 es los espectros de fondo tomados en la etapa 1107 de la sesión de formación de imágenes 1101.

Como se ha mencionado anteriormente, se puede tomar cualquier número de espectros.

En el bloque 1202, todos los espectros de fondo se calculan según el promedio para formar un promedio de espectros de fondo.

40 [0062] La normalización de los espectros de OCT por la sustracción de un promedio de espectros de fondo, sin embargo, no puede eliminar el ruido 1/f.

El fondo de ruido de un espectro de OCT normalizado puede todavía no ser uniforme debido al ruido 1/f.

Para resolver el problema de ruido 1/f, los espectros de fondo mismos son procesados.

45 Como se muestra además en la figura 12, el promedio de espectros de fondo es sustraído de cada uno de los espectros de fondo en funcionamiento 1203.

Cada uno de los espectros de fondo normalizados es luego procesado en la etapa 1204 por la transformada de Fourier y los espectros procesados resultantes calculados según el promedio para formar un ruido de fondo en la etapa 1205.

50 El promedio de los espectros de fondo procesados, el ruido de fondo de la etapa 1205, representa el ruido de fondo como función de la ubicación de profundidad.

Los espectros de OCT tomados durante el periodo de escaneo normal, normalizados por la sustracción del espectro de fondo medio, procesado por la transformada de Fourier, y normalizados nuevamente por la sustracción del ruido de fondo puede tener ruido de fondo uniforme y resultar en una fuerza de imagen más consistente en 55 ubicaciones de profundidad diferentes.

[0063] Como se ha mencionado anteriormente, un escaneo XY se realiza por la posición del haz en una serie de posiciones que forman un modelo y tomando un espectro de OCT en cada posición.

Esta etapa se realiza en la etapa 1206.

60 Para cada espectro de OCT, cada uno en sí mismo un escaneo A, que forma el escaneo, el promedio del espectro de fondo de bloque 1202 es eliminado en funcionamiento 1207, el espectro de OCT se procesa por la transformada de Fourier en el bloque 1208, y el ruido de fondo es eliminado en funcionamiento 1209 para formar un espectro de imagen de OCT.

65 Todos los espectros OCT que forman el escaneo XY se compilan en la imagen de OCT 1210 para formar una imagen de OCT.

[0064] Una vez el escaneo de OCT se adquiere y procesa en la etapa 1108, el generador de imágenes de OCT determina si la imagen de OCT está completa en la etapa 1109.

Si está completa, la imagen se visualiza en la etapa 1112 y el generador de imágenes de OCT continúa hasta la etapa 1113 donde el sistema bien es apagado en la etapa 1114 o una sesión nueva es iniciada.

5 Si la imagen no está completa, el generador de imágenes de OCT continúa hasta la etapa 1110.

En la etapa 1110, el alineamiento se controla determinando si la potencia total en la cámara de escaneo por líneas 406, como se determina por los espectros de fondo adquiridos en la etapa 1107, se ha deteriorado hasta una extensión que requiere realineamiento.

10 Si fuera así, el generador de imágenes de OCT continúa hasta la etapa 1111 donde el operador es alertado y luego el autoalineamiento se inicia en la etapa 1102.

Si no, después el generador de imágenes de OCT continúa hasta la etapa 1106 donde un proceso de escaneo XY nuevo es comenzado.

15 [0065] Las formas de realización anteriormente descritas son ilustrativas solo y no pretenden ser limitativas de ninguna manera.

Un experto en la técnica puede reconocer numerosas modificaciones que pueden ser hechas en los sistemas descritos.

Estas modificaciones pretenden estar en el alcance de esta divulgación.

20 Como tal, la invención está limitada solo por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Generador de imágenes de OCT (300), que comprende:
 5 un acoplador (302) acoplado para recibir luz de un brazo de fuente (308) y proporcionar la luz a un brazo de muestreo (309) y un brazo de referencia (310), el acoplador (302) también acoplado para recibir luz reflejada del brazo de muestreo (309) y el brazo de referencia (310) y proporcionar una señal de interferencia combinada a un brazo detector (311);
 una fuente luminosa de ancho de banda (301) acoplada para proporcionar luz al brazo de fuente (308);
 10 una línea de retardo óptico (304) acoplada para recibir luz del brazo de referencia (310) y retroreflejar la luz en el brazo de referencia (310);
 un escaneo XY (303) acoplado para recibir luz del brazo de muestreo (309), dirigir esta luz sobre una muestra, capturar la luz reflejada de la muestra, y acoplar la luz retroreflejada de la muestra en el brazo de muestreo (309), el escaneo XY (303) incluyendo una posición de alineamiento donde ninguna luz es retroreflejada en el brazo de muestreo (309) desde un campo de formación de imágenes de muestra;
 15 un espectrómetro (305) acoplado para recibir la señal de interferencia combinada del brazo detector (311) para proporcionar datos del espectro, el espectrómetro (305) incluyendo al menos un componente óptico controlable; y
 un controlador (705, 808) que se configura para colocar automáticamente el escaneo XY (303) en la posición de alineamiento y para ajustar automáticamente al menos un componente óptico controlable en respuesta a los datos del espectro tomados mientras el escaneo XY (303) está en la posición de alineamiento de modo que el
 20 espectrómetro (305) esté alineado.
2. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 1, donde el espectrómetro (305) incluye
 un espejo plegable (403) acoplado para recibir la señal de interferencia combinada del brazo detector (311);
 25 una rejilla de transmisión (404) acoplada para recibir la señal de interferencia reflejada del espejo plegable (403); y
 una cámara de escaneo por líneas (406) acoplada para recibir luz difractada desde la rejilla de transmisión (404).
3. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 2, donde el espectrómetro (305) además incluye una lente de colimación (402) acoplada para dirigir la señal de interferencia sobre el espejo plegable (403) y una lente de focalización (405) acoplada para dirigir la señal difractada de la rejilla de transmisión (404) sobre la cámara de
 30 escaneo por líneas (406).
4. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 2, donde al menos un componente óptico controlable es el espejo plegable (403), el espejo plegable (403) incluyendo
 un espejo;
 35 un accionador (703) acoplado entre el espejo y un marco, el accionador (703) ajustando su longitud en respuesta a una señal eléctrica; y
 un separador (806) acoplado entre el espejo y el marco, el espejo rotando en el separador (806) cuando el accionador (703) es ajustado.
- 40 5. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 2, donde el espectrómetro (305) incluye una rejilla de difracción reflectante y al menos un componente óptico controlable es la rejilla de difracción reflectante.
6. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 4, donde el accionador (703) es un accionador piezoeléctrico (703).
 45
7. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 4, además incluyendo un muelle (807) acoplado para mantener el espejo ajustado contra el accionador (703) y el separador (806).
8. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 4, donde el controlador (705, 808) proporciona la señal eléctrica en respuesta a una diferencia en la intensidad medida por un primer conjunto de detectores (501) en la
 50 cámara de escaneo por líneas (406) y la intensidad medida por un segundo conjunto de detectores (502) en la cámara de escaneo por líneas (406), el segundo conjunto de detectores (502) siendo dispersado entre el primer conjunto de detectores (501) y lateralmente compensado desde el primer conjunto de detectores (501).
9. Generador de imágenes (300) según la reivindicación 1, además incluyendo un ordenador (307) que incluye el controlador (705,808), el ordenador (307) siendo configurado para ejecutar el software que recibe datos del
 55 espectrómetro (305);
 y compila una imagen de OCT.
10. Método de autoalineamiento de un generador de imágenes de OCT (300), que comprende:
 60 proporcionar luz recibida desde un brazo de fuente (308) a un brazo de muestreo (309) y un brazo de referencia (310) del generador de imágenes de OCT (300);
 combinar la luz reflejada del brazo de muestreo (309) y la luz reflejada del brazo de referencia (310) a un brazo detector (311);
 65 proporcionar un escaneo XY (303) para recibir luz del brazo de muestreo (309), dirigir esta luz sobre una muestra, capturar la luz reflejada de la muestra, y acoplar la luz retroreflejada de la muestra en el brazo de muestreo (309);

- proporcionar un espectrómetro (305) que comprende una cámara de escaneo por líneas (406) para recibir la luz proporcionada al brazo detector (311);
 5 ajustar automáticamente un escaneo XY (303) a una posición de alineamiento donde la luz es dirigida fuera de un campo de formación de imágenes de muestra (600) de modo que ninguna luz del campo de formación de imágenes de muestra (600) es retrorreflejada en un brazo de muestreo (309) del generador de imágenes de OCT (300), y de modo que solo la luz retrorreflejada del brazo de referencia (310) se proporciona al brazo detector (311),
 10 medir la intensidad de la luz reflejada del brazo de referencia (310) y proporcionada al brazo detector (311) en la cámara de escaneo por líneas (406) en el espectrómetro (305); y
 15 ajustar automáticamente un componente óptico del espectrómetro (305) para alinear el espectrómetro (305) basado en la intensidad medida.
11. Método según la reivindicación 10, donde el espectrómetro (305) difracta la luz en una línea dependiente de la longitud de onda; detecta la luz como función de la posición en la línea divisoria; y proporciona señales eléctricas indicativas de la intensidad de luz como función de la longitud de onda.
12. Método según la reivindicación 10, donde el espectrómetro (305) incluye un espejo (403) que dirige la luz sobre una rejilla de transmisión (404) y el ajuste del componente óptico incluye el ajuste del espejo (403).
- 20 13. Método según la reivindicación 12, donde el ajuste del espejo (403) incluye proporcionar un voltaje a un accionador piezoeléctrico (703) acoplado para ajustar la posición del espejo (403) con respecto a la rejilla de transmisión (404).
- 25 14. Método según la reivindicación 13, donde el ajuste del espejo (403) incluye determinar la diferencia entre la intensidad total medida por una primera serie de detectores (501) de la cámara por líneas (406) y la intensidad total medida por un segundo conjunto de detectores (502) de la cámara por líneas (403) y ajustando el voltaje al accionador piezoeléctrico (703) en respuesta a la diferencia.
- 30 15. Método según la reivindicación 14, donde el segundo conjunto de detectores (502) es dispersado entre la primera serie de detectores (501) y lateralmente compensado.
- 35 16. Método según la reivindicación 10, que comprende:
 40 posicionar automáticamente el escaneo X-Y (303) en un punto blanco (1001);
 adquirir un número de espectros de fondo;
 hacer el promedio de los espectros de fondo para calcular un espectro de fondo;
 normalizar cada uno del número de espectros de fondo por el espectro de fondo para formar un número de espectros de fondo normalizados;
 tratar por transformada de Fourier cada uno del número de espectros de fondo normalizados, y hacer el promedio del número procesado de espectros de fondo normalizados para formar un espectro de ruido de fondo;
 adquirir una señal de escaneo A para cada punto en un escaneo XY (303);
 normalizar la señal de escaneo A por el espectro de fondo; procesar por transformada de Fourier la señal del escaneo A normalizada; y
 normalizar la señal del escaneo A procesada por el espectro de ruido de fondo para calcular una imagen de OCT.

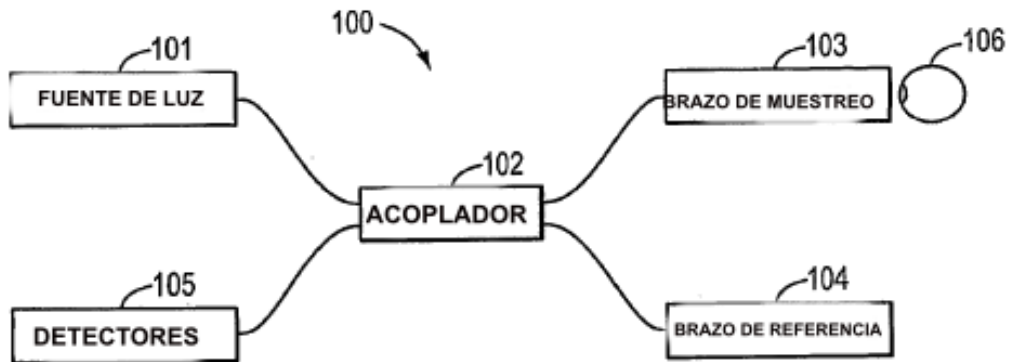


FIG. 1

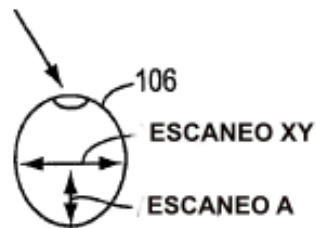


FIG. 2

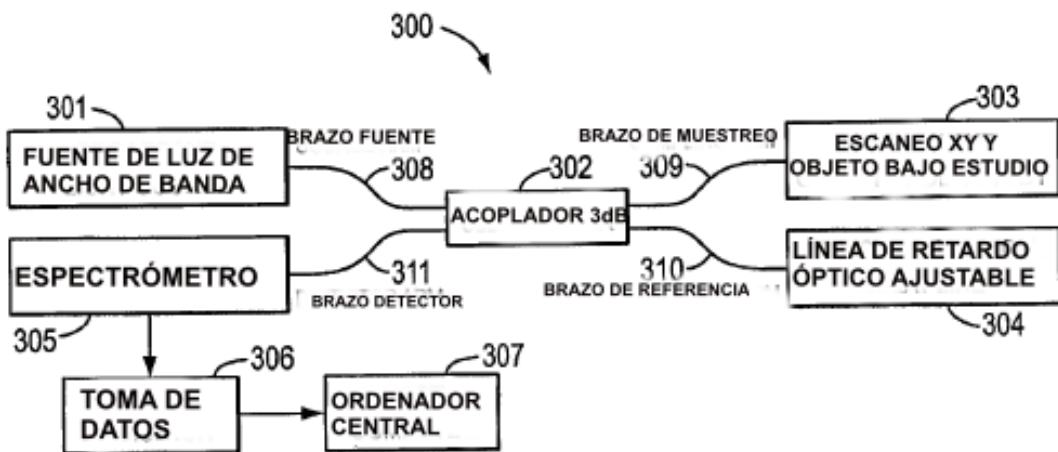
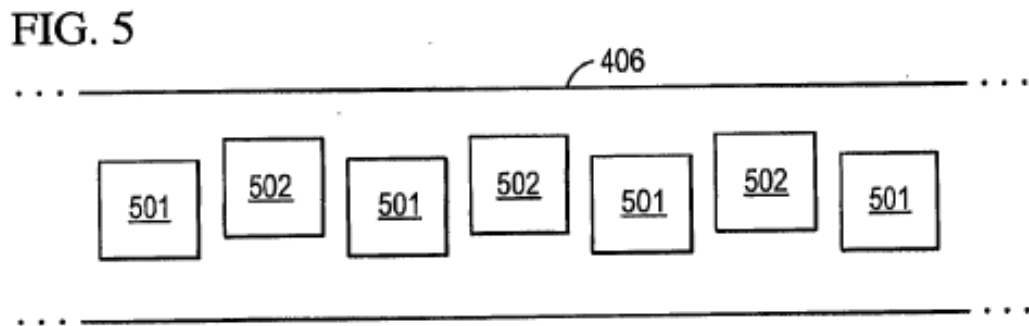
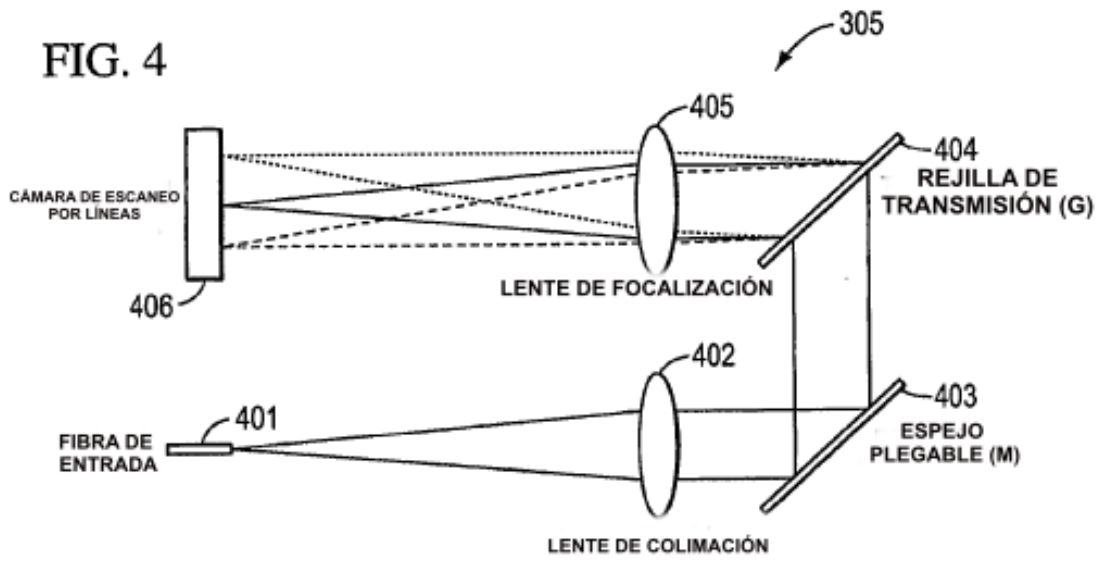
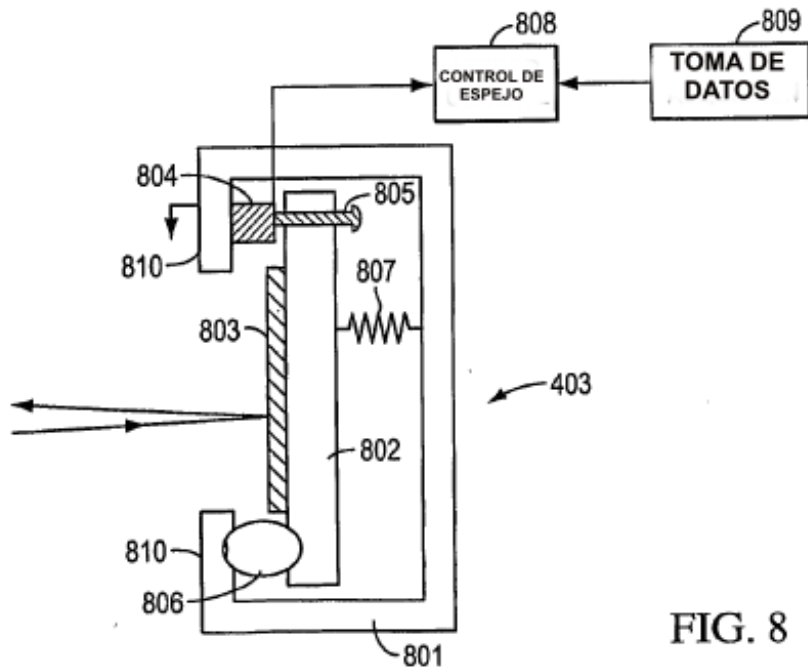
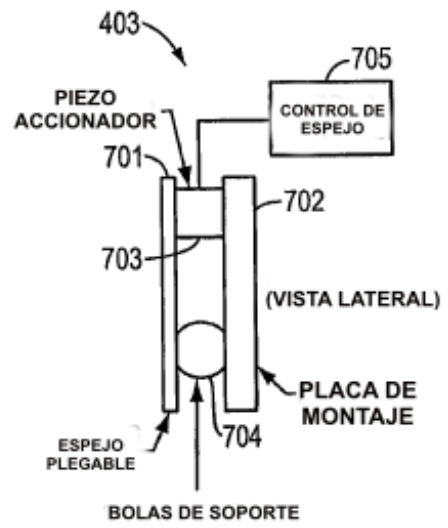
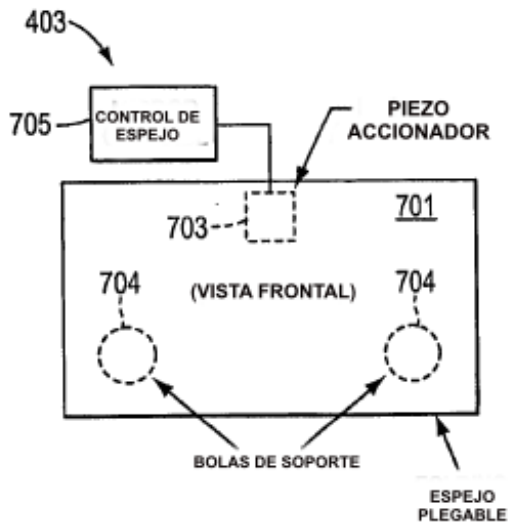


FIG. 3





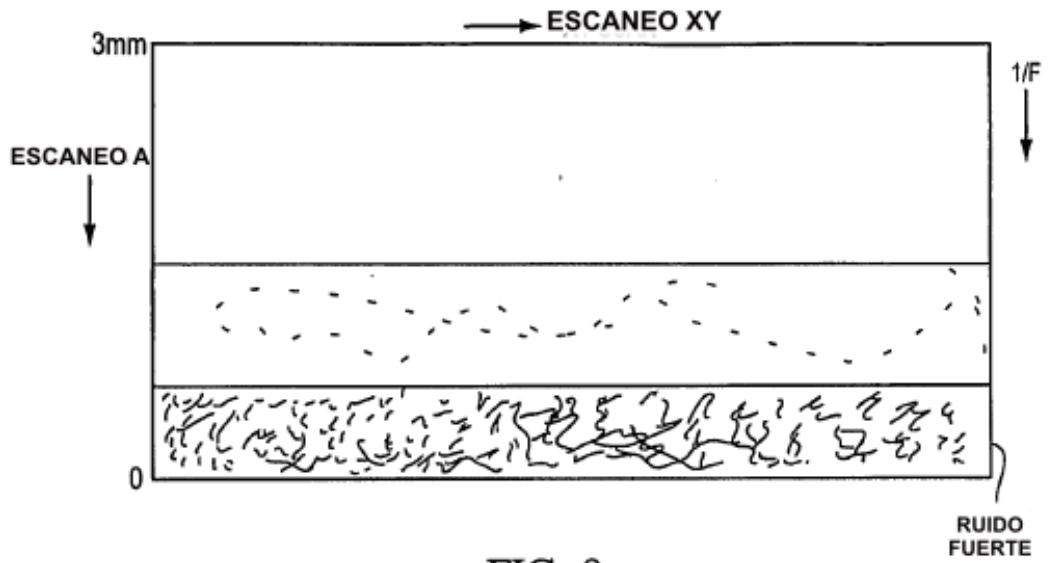


FIG. 9

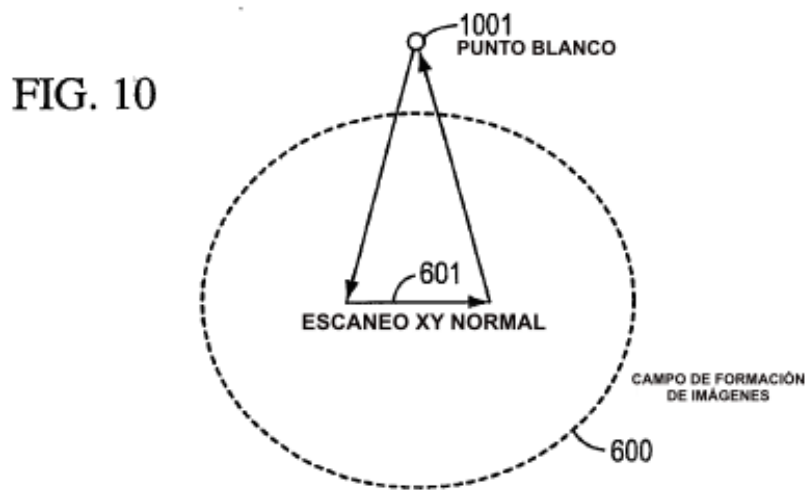


FIG. 10

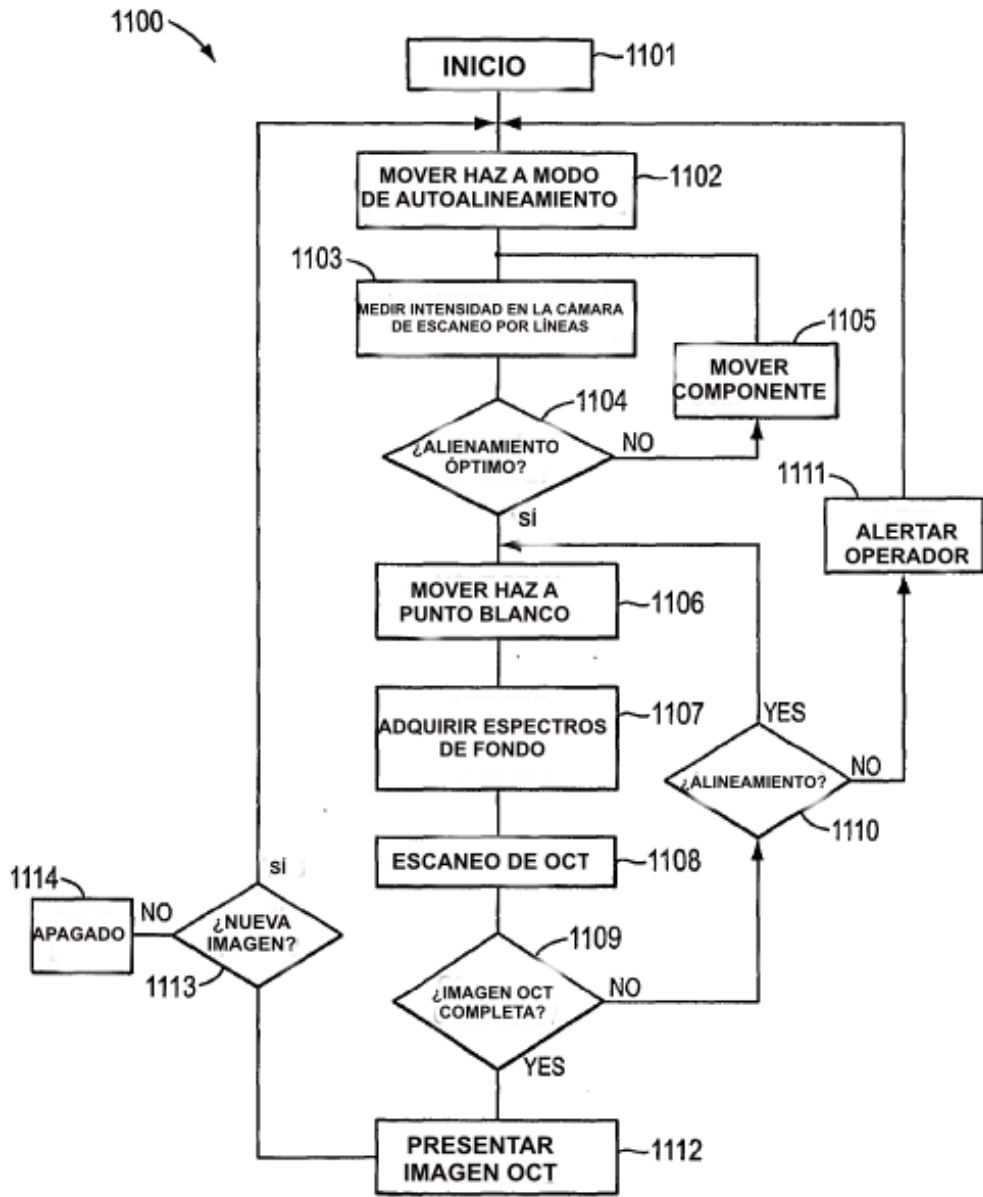


FIG. 11

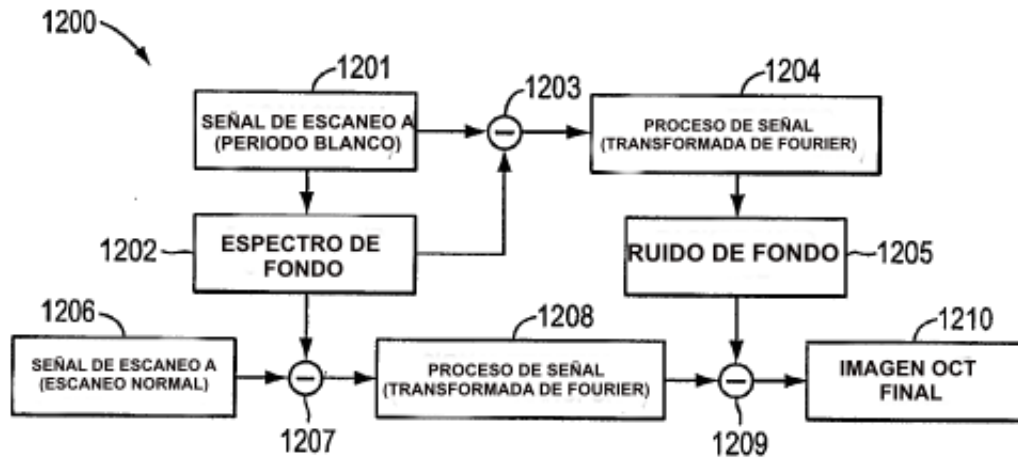


FIG. 12

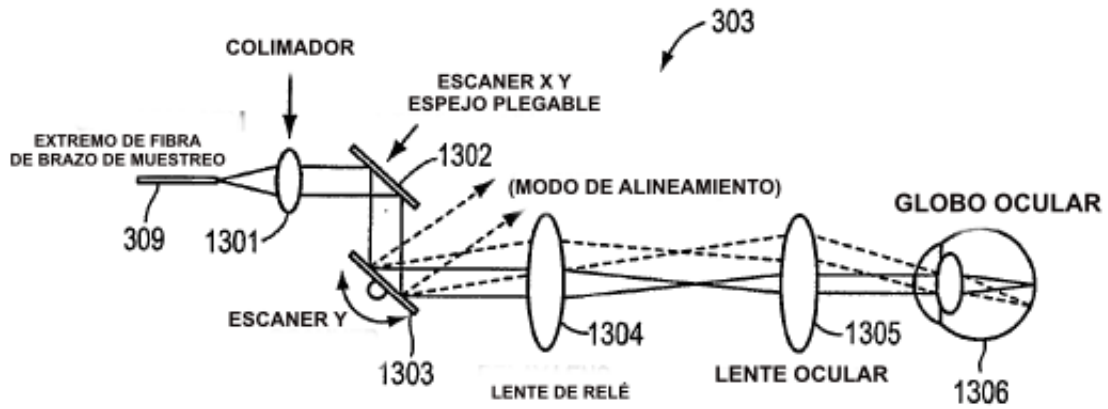


FIG. 13