

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 260**

51 Int. Cl.:
G02B 21/00 (2006.01)
G01B 9/02 (2006.01)
A61B 19/00 (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07019792 .6**
96 Fecha de presentación: **10.10.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1918753**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **MICROSCOPIO DE OPERACIÓN CON SISTEMA OCT.**

30 Prioridad:
06.11.2006 DE 102006052513
24.04.2007 DE 102007019678

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.11.2011

73 Titular/es:
CARL ZEISS SURGICAL GMBH
CARL-ZEISS-STRASSE 22
73447 OBERKOCHEN, DE

72 Inventor/es:
Reimer, Peter;
Abele, Alfons;
Hauger, Christoph y
Seesselberg, Markus

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 368 260 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

Microscopio de operación con sistema OCT

La invención se refiere a un microscopio de operación con un conjunto de trayectorias de rayos de observación y con un objetivo principal de microscopio, que es atravesado por el conjunto de trayectorias de rayos de observación.

5 Un microscopio de operación del tipo citado al principio es conocido a partir del documento DE 10 2004 049 368 A1. Ahí se describe un microscopio de operación con un tubo de binocular para observación principal y con un tubo de binocular para observación simultánea. El tubo de binocular para observación principal y el tubo de binocular para observación simultánea están dispuestos en un cuerpo de base común del microscopio de operación. El tubo de binocular para observación principal y el tubo de binocular para observación simultánea tienen conjuntos de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación. Éstos atraviesan un objetivo principal común de microscopio.

En el documento EP 0 815 801 B1 se describe un microscopio de operación según el preámbulo de la reivindicación 1, que contiene un sistema OCT (del inglés "Optical Coherence Tomography", tomografía de coherencia óptica).

15 Un sistema OCT permite mediante tomografía de coherencia óptica la representación y medición no invasivas de estructuras dentro de un tejido. Como procedimiento óptico de generación de imágenes, la tomografía de coherencia óptica hace posible en particular generar imágenes de corte o de volumen de tejido biológico con resolución de micrómetros. Un sistema OCT correspondiente comprende una fuente para luz temporalmente incoherente y espacialmente coherente con una longitud de coherencia l_c , que es conducida a un conjunto de trayectorias de rayos de muestra y a un conjunto de trayectorias de rayos de referencia. El conjunto de trayectorias de rayos de muestra está orientado hacia el tejido a examinar. La radiación láser, que es reflejada de vuelta hacia el conjunto de trayectorias de rayos de muestra debido a centros de dispersión en el tejido, se superpone al sistema OCT con radiación láser del conjunto de trayectorias de rayos de referencia. Mediante la superposición se produce una señal de interferencia. A partir de esta señal de interferencia puede determinarse la posición de centros de dispersión para la radiación láser en el tejido examinado.

20 Para sistemas OCT es conocido el principio de construcción de "OCT en dominio de tiempo" y de "OCT en dominio de Fourier".

La estructura de una tomografía "OCT en dominio de tiempo" se describe por ejemplo en el documento US 5.321.501 con ayuda de la figura 1a en página 5, línea 40 – página 11, línea 10. En un sistema así, la longitud de camino óptico del conjunto de trayectorias de rayos de referencia es variada continuamente a través de un espejo de referencia rápidamente movable. La luz del conjunto de trayectorias de rayos de muestra y del conjunto de trayectorias de rayos de referencia es superpuesta sobre un fotodetector. Cuando las longitudes de camino óptico del conjunto de trayectorias de rayos de muestra y del conjunto de trayectorias de rayos de referencia coinciden, se produce sobre el fotodetector una señal de interferencia.

35 Una tomografía "OCT en dominio de Fourier" se explica por ejemplo en el documento WO 2006/10544 A1. Para medir la longitud de camino óptico de un conjunto de trayectorias de rayos de muestra, es superpuesta nuevamente luz del conjunto de trayectorias de rayos de muestra a luz de un conjunto de trayectorias de rayos de referencia. A diferencia de una tomografía "OCT en dominio de tiempo", para una medición de la longitud de camino óptico del conjunto de trayectorias de rayos de muestra sin embargo la luz del conjunto de trayectorias de rayos de muestra y del conjunto de trayectorias de rayos de referencia no es conducida directamente a un detector, sino que primeramente es descompuesta espectralmente mediante un espectrómetro. La intensidad espectral así generada de la señal superpuesta a partir del conjunto de trayectorias de rayos de muestra y el conjunto de trayectorias de rayos de referencia es captada entonces con un detector. Mediante valoración de la señal del detector puede determinarse nuevamente la longitud de camino óptico del conjunto de trayectorias de rayos de muestra.

45 El sistema OCT del microscopio de operación según el documento EP 0 815 801 B1 contiene un módulo para generar un conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT a partir de radiación láser de coherencia corta con una unidad de análisis para la valoración de señales de interferencia. Este módulo está asociado a una disposición para el escaneo del conjunto de trayectorias de rayos de exploración. Para explorar una zona de operación mediante el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT, la disposición para el escaneo contiene dos espejos de escaneo, que pueden ser desplazados en torno a dos ejes de movimiento. En el microscopio de operación según el documento EP 0 815 801 B1, el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT es acoplado mediante un espejo divisor al conjunto de trayectorias de rayos de iluminación del microscopio de operación y es guiado con éste a través del objetivo principal del microscopio hacia la zona del objeto.

Constituye la tarea de la invención hacer posible con un microscopio de operación la captación de imágenes en profundidad de una zona de objeto.

Esta tarea es resuelta con un microscopio de operación según la reivindicación 1.

De este modo es posible integrar un sistema OCT en un microscopio de operación, sin que en el microscopio de operación sean viñeteados conjuntos de trayectorias ópticas de rayos y se produzcan con ello cortes de la imagen.

Como perfeccionamiento de la invención, el elemento de acoplamiento está conformado como espejo plano o cubo divisor. De este modo se hace posible siempre a un observador simultáneo una vista libre hacia la zona del objeto.

5 Como perfeccionamiento de la invención, el microscopio de operación comprende un conjunto de trayectorias de rayos de observación para observación principal y un conjunto de trayectorias de rayos de observación para observación simultánea, que atraviesan el objetivo principal del microscopio, en que el elemento de acoplamiento está dispuesto en el conjunto de trayectorias de rayos de observación para observación simultánea.

10 Como perfeccionamiento de la invención, en el conjunto de trayectorias de rayos de observación para observación simultánea está dispuesto un módulo óptico, para transferir un conjunto de trayectorias paralelas de rayos de observación a una imagen intermedia. El elemento de acoplamiento en el conjunto de trayectorias de rayos de observación para observación simultánea está dispuesto aquí entre el módulo óptico y el objetivo principal del microscopio. Puede estar previsto sin embargo también entre el módulo óptico y la imagen intermedia.

15 Como perfeccionamiento de la invención, el sistema OCT para el escaneo del conjunto de trayectorias de rayos de exploración comprende un primer espejo de escaneo. Preferentemente está previsto adicionalmente un segundo espejo de escaneo, en que el primer espejo de escaneo puede ser movido en torno a un primer eje de giro y el segundo espejo de escaneo puede ser movido en torno a un segundo eje de giro. Aquí, el primer y el segundo eje de giro están situados con desplazamiento lateral entre sí formando un ángulo recto. De este modo es posible un escaneo de una zona de objeto correspondientemente a un patrón de trama que discurre perpendicularmente.

20 Como perfeccionamiento de la invención, el sistema OCT comprende una guía de luz, que tiene una parte de salida de luz para el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT, estando previstos medios para el movimiento de la parte de salida de luz de la guía de luz. De este modo puede ser variado un plano de exploración OCT en la zona de objeto y es posible ajustar el sistema para longitudes de onda OCT diferentes considerando los componentes ópticos, diseñados para luz visible, en el conjunto de trayectorias de rayos de observación para observación simultánea.

25 Como perfeccionamiento de la invención, en el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT está previsto un elemento óptico desplazable para el ajuste de una representación geométrica de un extremo de salida de una guía de luz en un plano de exploración OCT. De este modo, el plano de exploración OCT del microscopio de operación puede ser trasladado con relación al plano de observación de los conjuntos de trayectorias ópticas de rayos de observación del sistema.

30 Como perfeccionamiento de la invención, el elemento óptico desplazable lleva asociada una unidad de accionamiento. De este modo, por ejemplo el plano de exploración OCT puede ser variado en una magnitud prefijable con relación al plano de observación del microscopio de operación.

35 Como perfeccionamiento de la invención, el sistema OCT está diseñado para la puesta a disposición de un primer rayo de luz de exploración OCT con una primera longitud de onda y para la puesta a disposición de un segundo rayo de luz de exploración OCT con una segunda longitud de onda diferente de la primera longitud de onda. De este modo, el microscopio de operación puede ser optimizado para examinar estructuras de tejido y órganos corporales diferentes de un paciente.

40 Como perfeccionamiento de la invención están previstos un primer y un segundo sistema OCT, que ponen a disposición rayos de luz de exploración OCT de diferente longitud de onda. De este modo es posible examinar una zona de objeto sobre la base de longitudes de onda OCT diferentes con resolución máxima.

45 Como perfeccionamiento de la invención, el rayo de luz de exploración OCT del primer sistema OCT está superpuesto al menos parcialmente a un conjunto derecho de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación y el rayo de luz de exploración OCT del segundo sistema OCT está superpuesto al menos parcialmente a un conjunto izquierdo de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación, siendo atravesado el objetivo principal del microscopio por los conjuntos de trayectorias de rayos en zonas diferentes. Preferentemente, el primer sistema OCT pone entonces a disposición un rayo de luz de exploración OCT de longitud de onda $\lambda_1 = 1300$ nm y el segundo sistema OCT un rayo de luz de exploración OCT de longitud de onda $\lambda_2 = 800$ nm. De este modo, con el microscopio de operación pueden ser examinadas simultáneamente la estructura de capas de la córnea y la estructura de la retina en un ojo de paciente.

50 Formas de realización ventajosas de la invención se representan en las figuras y se describen a continuación.

Muestran:

la figura 1 un primer microscopio de operación con sistema OCT integrado;

- la figura 2 un corte del objetivo principal del microscopio a lo largo de la línea II-II de la figura 1;
- la figura 3 una parte del sistema OCT en el microscopio de operación;
- la figura 4 una distribución de intensidad del rayo de luz de exploración OCT que sale de la guía de luz del sistema OCT en el microscopio de operación;
- 5 la figura 5 una distribución de intensidad del rayo de luz de exploración OCT en el plano de exploración OCT en la zona del objeto del microscopio de operación;
- la figura 6 un segundo microscopio de operación con sistema OCT integrado; y
- la figura 7 una parte del tercer microscopio de operación con dos sistemas OCT integrados.

10 El microscopio de operación 100 de la figura 1 tiene un objetivo principal de microscopio 101 con un eje óptico 102. El objetivo principal de microscopio 101 tiene un plano focal 170 y es atravesado por conjuntos de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación de un tubo de binocular 103 para observación principal y de un tubo de binocular 104 para observación simultánea. El tubo de binocular 103 para observación principal lleva asociado un sistema de aumento con zoom 105. La figura 1 muestra el conjunto derecho de trayectorias de rayos de observación 106 del conjunto de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación del tubo de binocular para observación simultánea. Este conjunto de trayectorias de rayos de observación es guiado hacia la zona de objeto 108 mediante un espejo de desviación 107 dispuesto por el lado, apartado de la zona de objeto 108, del objetivo principal de microscopio 101. En el conjunto de trayectorias de rayos de observación 106 se encuentra un sistema de lentes 109. El sistema de lentes 109 agrupa el conjunto de trayectorias de rayos de observación 106 que sale de la zona de objeto 108 a través del objetivo principal del microscopio, cuyo conjunto de trayectorias es paralelo tras atravesar el objetivo principal de microscopio 101, formando una imagen intermedia 110 en el tubo de binocular 104 para observación simultánea.

25 El microscopio de operación 100 contiene un sistema OCT 120 para la toma de imágenes OCT. Este sistema OCT comprende una unidad 121 para la generación y análisis de un conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT. La unidad 121 está integrada en el microscopio de operación 100. Puede ser sin embargo dispuesta también fuera del microscopio de operación, por ejemplo en una consola de soporte correspondiente. La unidad 121 está unida a una guía de luz 122. A través de esta guía de luz 122, la unidad 121 pone a disposición un conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT. El conjunto de trayectorias de rayos de exploración 123 que sale de la guía de luz 122 es conducido a un primer espejo de escaneo 124 y a un segundo espejo de escaneo 125 de una unidad de escaneo OCT 126. Este conjunto atraviesa tras la unidad de escaneo OCT 126 una lente convergente 130. La lente convergente 130 agrupa el conjunto de trayectorias de rayos de exploración 123 formando un haz de rayos paralelos 140.

35 Es posible por supuesto también desviar un conjunto de trayectorias paralelas de rayos de exploración OCT con el primer espejo de escaneo 124 y con el segundo espejo de escaneo 125 de la unidad de escaneo OCT 126. Para ello es necesaria una lente convergente adecuada, que se dispone entre la guía de luz 122 y la unidad de escaneo OCT 126. No es necesaria entonces una lente convergente 130 que se encuentre por el lado, apartado de la guía de luz, de la unidad de escaneo 126. El haz de rayos 140 procedente de la unidad de escaneo 126 es guiado a un espejo divisor 150. El espejo divisor 150 está dispuesto en el conjunto de trayectorias de rayos de observación 106. El espejo divisor 150 es esencialmente transparente para el intervalo espectral, visible para las personas, de luz de observación en este conjunto de trayectorias de rayos de observación. Este espejo refleja sin embargo el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT y lo superpone al conjunto de trayectorias de rayos de observación 106. El espejo divisor 150 puede estar realizado como elemento de espejo con placas planas pero también como cubo divisor.

45 La luz del conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT 123 es agrupada a través del objetivo principal de microscopio 101 en un plano de exploración OCT 160. El plano de exploración OCT 160 es el plano de la representación geométrica, fijada por los elementos ópticos en el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT con unidad de escaneo OCT 126, lente convergente 130, espejo divisor 150, espejo de desvío 107 y objetivo principal de microscopio 101, del extremo de salida de la guía de luz 123 en la zona de objeto. Es decir, la imagen geométrica correspondiente del extremo de salida de la guía de luz está situada en el plano de exploración OCT 160.

50 La luz retrodispersada hacia el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT llega mediante el espejo de desvío 107 y el espejo divisor 150 de vuelta a la unidad 121. Ahí, la luz de exploración OCT retrodispersada desde la zona de objeto es hecha interferir con radiación OCT procedente de un conjunto de trayectorias de rayos de referencia. La señal de interferencia es captada mediante un detector y valorada a través de una unidad de computación, que determina a partir de esta señal una diferencia de longitud de camino óptico entre centros de dispersión para luz OCT en la zona del objeto y la longitud de camino de luz en la rama de referencia.

La figura 2 es un corte a lo largo de la línea II - II de la figura 1. Esta figura ilustra la evolución de los conjuntos de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación del tubo de binocular 103 y del tubo de binocular 104 del microscopio de operación 100 de la figura 1. El eje óptico 102 del objetivo principal de microscopio 101 está situado en su centro. El conjunto de trayectorias estereoscópicas de rayos para observación principal 201, 202 y el conjunto de trayectorias estereoscópicas de rayos para observación simultánea 203, 106 atraviesan el objetivo principal de microscopio 101 en zonas de corte separadas entre sí.

La figura 3 muestra la unidad de espejo de escaneo 126 del microscopio de operación 100 de la figura 1. El primer espejo de escaneo 124 y el segundo espejo de escaneo 125 están dispuestos de forma giratoria mediante servomotores 301, 302 en torno a dos ejes 303, 304 que discurren perpendicularmente entre sí. Esto hace posible escanear el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT 305 sobre un plano 306.

La figura 4 muestra la parte frontal 402 de la guía de luz 122 de la figura 1. La guía de luz 122 actúa para luz de longitud de onda $\lambda = 1310$ nm como fibra monomodo. El diámetro d del núcleo de fibra de la guía de luz 122 satisface la relación

$$\frac{d}{2} < 2.4 \frac{\lambda}{2\pi NA},$$

en que NA es la apertura numérica de la superficie frontal de la guía de luz. Preferentemente, el diámetro d del núcleo de fibra de la guía de luz 122 está en el intervalo $5 \mu\text{m} < d < 10 \mu\text{m}$. En este intervalo de parámetro la guía de luz 122 conduce la luz con modos de onda gaussianos. El rayo de luz de exploración OCT 401 sale de la guía de luz 122 con un perfil de radiación aproximadamente gaussiano, que está caracterizado por un parámetro de cintura (anchura mínima) W_0 y un parámetro de apertura θ_0 , cumpliéndose que

$$\theta_0 = \frac{2\lambda}{\pi W_0}$$

Para un diámetro de núcleo de fibra de $d_0 = 10 \mu\text{m}$ y una longitud de onda $\lambda_0 = 1310$ nm, resulta con ello como medida para la divergencia de rayos un ángulo de apertura de $\theta_0 \approx 0,0827$ rad.

La superficie frontal 402 de la guía de luz 122 es representada sobre la zona de objeto 108 hacia el plano de exploración OCT 160 a través de los espejos de escaneo 124 y 125 en el microscopio de operación 100 de la figura 1, la lente convergente 130, el espejo divisor 150, el espejo de desvío 107 y el sistema de objetivo principal de microscopio 101.

La figura 5 muestra la evolución de la distribución de intensidad del rayo de luz de exploración OCT 401 perpendicularmente al plano de exploración OCT 501. En el plano de exploración OCT 501, la distribución de intensidad de la radiación de exploración OCT tiene la menor anchura. Fuera del plano de exploración OCT aumenta el diámetro del conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT. Como el rayo de luz de exploración OCT 401 sale de la guía de luz 122 de la figura 4 con un perfil de radiación aproximadamente gaussiano, la lente convergente 130 y el objetivo principal de microscopio 101 producen para el rayo de luz de exploración OCT en la zona del plano de exploración OCT 160 un denominado haz gaussiano 500 del rayo de luz de exploración OCT 401. Este haz gaussiano 500 está caracterizado por el parámetro confocal z como medida para la extensión longitudinal de la cintura del haz gaussiano, así como por el parámetro de cintura W como medida para el diámetro de la menor anchura 502 del rayo de luz de exploración OCT 401, es decir para el diámetro de su cintura, cumpliéndose que:

$$z = 2 \frac{W^2 \pi}{\lambda},$$

en que λ es la longitud de onda del rayo de luz de exploración OCT. Entre el parámetro de cintura W del haz gaussiano 500 y el parámetro de cintura W_0 del rayo de luz de exploración 401, mostrado en la figura 4, que sale de la guía de luz 122 se cumple la siguiente relación:

$$W = \beta W_0,$$

en que β es el parámetro de aumento o

respectivamente reducción de la representación geométrica anteriormente citada del extremo de salida de la guía de luz 122 de la figura 1 en el plano de exploración OCT. β está ligado a la distancia focal f_1 de la lente convergente 130 de la figura 1 y a la distancia focal f_2 del objetivo principal de microscopio a través de la siguiente relación:

$$\frac{f_2}{f_1} = \beta$$

10 El tamaño de estructuras que pueden ser resueltas con el rayo de luz de exploración OCT 401, está determinado por su diámetro en el plano de exploración OCT 160, es decir por el parámetro de cintura W . Si una aplicación requiere por ejemplo una resolución lateral del sistema OCT en el microscopio de operación de aproximadamente $40 \mu\text{m}$, según el teorema de Nyquist la sección transversal del rayo de luz de exploración OCT 401 sobre la superficie debe tener un valor de aproximadamente $20 \mu\text{m}$. Para una longitud de onda λ dada para el rayo de luz de exploración OCT 123 de la figura 1, deben escogerse por ello apropiadamente para una resolución deseada del sistema OCT 120 el aumento de la representación óptica de imágenes en el conjunto de trayectorias de rayos OCT y el diámetro del núcleo de fibra en la guía de luz 122.

15 El parámetro confocal z como medida para la extensión longitudinal de la cintura del haz gaussiano determina el intervalo de profundidad axial, en el que puede detectarse luz retrodispersada en el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT 123 de la figura 1: cuanto menor sea el parámetro confocal z , tanto mayor es la pérdida del sistema OCT en resolución lateral en caso de alejamiento respecto al plano de exploración OCT 160 de un objeto explorado con radiación de exploración OCT, ya que el lugar de los puntos de dispersión sólo puede localizarse dentro del “embudo” definido por el parámetro de cintura W y el parámetro confocal z .

Después de que la resolución axial de un sistema OCT por un lado está limitada por la longitud de coherencia l_c de la luz de la fuente de luz empleada en el sistema OCT, y por otro lado la resolución lateral del sistema OCT disminuye cuando su recorrido en profundidad supera la extensión dada con el parámetro confocal z , es ventajoso el ajuste del parámetro confocal z al recorrido en profundidad del sistema OCT.

25 Para una determinada longitud de onda λ del rayo de luz de exploración OCT 401, resulta entonces la resolución lateral posible del sistema OCT de la figura 1, ya que la longitud de onda λ y el parámetro confocal z fijan el parámetro de cintura W . Las unidades ópticas en el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT 123 de la figura 1 y las dimensiones del núcleo de fibra de la guía de luz 122 deben ser escogidas entonces de tal modo que resulte el parámetro de cintura W en cuestión.

30 El microscopio de operación 100 está diseñado de tal modo que el plano focal 170 del objetivo principal de microscopio 101 para el intervalo espectral visible coincide con el plano de exploración OCT 160. Entonces, la cintura 502 mostrada en la figura 5 del rayo de luz de exploración OCT está situada en el plano focal del microscopio de operación.

35 Alternativamente a este diseño del microscopio de operación puede estar previsto también un desplazamiento entre el plano de exploración OCT y el plano focal del microscopio de operación. Preferentemente, este desplazamiento no es mayor que el parámetro confocal z del rayo de luz de exploración OCT en la zona del plano de exploración OCT. Esto hace posible visualizar mediante tomografía OCT por ejemplo una zona del objeto situada inmediatamente debajo del plano focal del microscopio de operación. Puede ser sin embargo también razonable prever para determinadas aplicaciones un desplazamiento definido, que supere al parámetro confocal, por ejemplo para poder examinar con el microscopio de operación el lado delantero de la córnea de un ojo del paciente y simultáneamente mediante el sistema OCT el lado trasero de la córnea del paciente o su cristalino.

La figura 6 muestra otro microscopio de operación 600 con sistema OCT 620 integrado. En la medida en que módulos del microscopio de operación 600 coinciden con módulos en el microscopio de operación 100 de la figura 1, los módulos están dotados ahora de números de referencia aumentados en 500 en comparación con la figura 1.

45 A diferencia del microscopio de operación 100 de la figura 1, en el microscopio de operación 600 está previsto un espejo divisor 650, que se encuentra en el conjunto de trayectorias convergentes de rayos de observación entre un sistema de lentes de tubo 609 y la imagen intermedia 610, generada por éste, de la zona del objeto. El sistema OCT 620 comprende una unidad 621 para la generación de un conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT 623 en dos intervalos diferentes de longitud de onda: la unidad es capaz de generar un rayo de luz de exploración OCT con longitud de onda $\lambda = 800 \text{ nm}$ y un rayo de luz de exploración OCT con longitud de onda $\lambda = 1310 \text{ nm}$.

El conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT 623 que sale de la guía de luz 622 es guiado mediante un primer sistema de lentes OCT 630 a la unidad de espejos de escaneo 626 con espejos de escaneo 624, 625. Desde la unidad de espejos de escaneo 626 llega a un segundo sistema de lentes OCT 631. Los sistemas de lentes OCT

630, 631 provocan una representación intermedia 632 del extremo de salida de la guía de luz en un plano 633, que está conjugado respecto al plano de exploración OCT 660 en la zona de objeto 608.

5 Para hacer posible a un operador el ajuste del plano de exploración OCT 660 con relación al plano de objeto 608 de los conjuntos de trayectorias ópticas de rayos de observación en el microscopio de operación 600, está prevista una capacidad de desplazamiento de los sistemas de lentes 630, 631 y del extremo de salida de la guía de luz 622. Para
 10 ello, el microscopio de operación 600 comprende unidades de accionamiento 671, 672, 673 que están asociadas a los sistemas de lentes 630, 631 y a la guía de luz 622. Mediante estas unidades de accionamiento 671, 672, 673 los sistemas de lentes 630, 631 y la guía de luz 622 pueden ser trasladados correspondientemente a las flechas dobles 674, 675, 676. En particular, a través de ello puede ser variada no sólo la posición del plano de exploración OCT 660, sino que también se puede ajustar a un valor deseado un aumento o respectivamente una reducción del extremo de salida de la guía de luz 622.

15 Una forma de realización modificada del microscopio de operación 600 explicado con ayuda de la figura 6 contiene un objetivo principal de microscopio focalizable con distancia focal ajustable. También esta medida hace posible el traslado de un plano de exploración OCT y la modificación de la representación geométrica del extremo de salida de la guía de luz en el plano de exploración OCT.

En caso de traslado del plano de exploración OCT del sistema OCT 620 en el microscopio de operación 600 se ajusta a continuación el conjunto de trayectorias de rayos de referencia, no mostrado aquí, del sistema, para que este conjunto esté siempre adaptado al plano de exploración OCT ajustado.

20 La figura 7 muestra una parte 700 de un tercer microscopio de operación, en el que están previstos dos sistemas OCT 720, 780. El microscopio de operación tiene nuevamente un objetivo principal de microscopio 701 con un eje óptico 702. El objetivo 701 es atravesado por un conjunto izquierdo y derecho de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación para observación principal 703, 704 y por un conjunto izquierdo y derecho de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación para observación simultánea 705, 706. El conjunto de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación para observación simultánea 705, 706 es guiado hacia la zona de objeto
 25 708 mediante un espejo de desviación 707 dispuesto por el lado, apartado de la zona de objeto 708, del objetivo principal de microscopio 701.

30 Los sistemas OCT 720, 780 comprenden respectivamente una unidad 721, 781 para la generación y análisis de un conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT. Estas unidades 721, 781 ponen a disposición a través de guías de ondas 722, 782 un primer rayo de exploración OCT 723 y un segundo rayo de exploración OCT 783 con longitudes de onda λ_1 , λ_2 diferentes. Los rayos de exploración OCT 723, 783 son guiados mediante lentes convergentes 730, 731 y unidad de escaneo OCT 726, 776 con espejos de escaneo hacia un espejo divisor 750.

35 El espejo divisor 750 está dispuesto en el conjunto de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación para observación simultánea 705, 706. Es esencialmente transparente para el intervalo espectral, visible para las personas, de luz de observación, pero refleja los rayos de exploración OCT 723, 783 de tal modo que éstos son superpuestos a los conjuntos de trayectorias de rayos de observación 705, 706 y atraviesan con éstos el objetivo principal de microscopio 701.

La luz reflejada de vuelta desde la zona de objeto 708 hacia los conjuntos de trayectorias de rayos de exploración OCT 723, 783 es valorada en las unidades 721, 781 para la generación y análisis del conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT en cuestión.

40 La aplicación de dos sistemas OCT hace posible explorar una zona de objeto con luz OCT de longitud de onda diferente, en que para cada uno de los conjuntos de trayectorias de rayos de exploración OCT puede conseguirse una selección, óptima para una resolución máxima, de longitud de onda de luz λ_1 , λ_2 y de los parámetros confocales z_1 , z_2 y de los parámetros de cintura W_1 , W_2 .

REIVINDICACIONES

1. Microscopio de operación (100, 600, 700) con
 - un conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 203, 606, 705, 706); y
- 5 – un objetivo principal de microscopio (101, 601, 701), que es atravesado por el conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 203, 606, 705, 706); y
 - un sistema OCT (120, 620, 720, 780) para examinar una zona de objeto (108, 608, 708), en que el sistema OCT (120, 620, 720, 780) tiene un conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT (123, 623, 723, 783) que está guiado a través del objetivo principal de microscopio (101, 601),
- 10 caracterizado porque
 - en el conjunto de trayectorias de rayos de observación (106) está previsto un elemento de acoplamiento (150, 650, 750), para acoplar el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT (123, 623, 723, 783) al conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 606, 705, 706) y conducirlo a través del objetivo principal de microscopio (101, 601, 701) a la zona de objeto (108, 608, 708),
- 15 – el elemento de acoplamiento está conformado como espejo divisor, que está dispuesto en el conjunto de trayectorias de rayos de observación (106) y que es esencialmente transparente para el intervalo espectral, visible para las personas, de luz de observación,
 - el espejo divisor refleja el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT y lo superpone al conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 606, 705, 706).
- 20 2. Microscopio de operación según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de acoplamiento está conformado como espejo plano o cubo divisor.
- 25 3. Microscopio de operación según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque un conjunto de trayectorias de rayos de observación (201, 202, 703, 704) está previsto para observación principal y un conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 203, 606, 705, 706) está previsto para observación simultánea, atravesando ambos el objetivo principal de microscopio (101, 601, 701), en que el elemento de acoplamiento (150, 650, 750) está dispuesto en el conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 203, 606, 705, 706) para observación simultánea.
- 30 4. Microscopio de operación según la reivindicación 3, caracterizado porque en el conjunto de trayectorias de rayos de observación (106, 606) para observación simultánea está dispuesto un módulo óptico (109, 609), para transferir un conjunto de trayectorias paralelas de rayos de observación a una imagen intermedia (110, 610).
- 35 5. Microscopio de operación según la reivindicación 4, caracterizado porque el elemento de acoplamiento (150) está dispuesto en el conjunto de trayectorias de rayos de observación (106) para observación simultánea entre el módulo óptico (109) y el objetivo principal de microscopio (101).
- 35 6. Microscopio de operación según la reivindicación 4, caracterizado porque el elemento de acoplamiento (650) está dispuesto en el conjunto de trayectorias de rayos de observación (606) para observación simultánea entre el módulo óptico (609) y la imagen intermedia (610).
- 40 7. Microscopio de operación según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el sistema OCT (120, 620) comprende para el escaneo del conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT un primer espejo de escaneo (124, 624), que puede ser movido en torno a por lo menos un primer eje de giro (303).
- 40 8. Microscopio de operación según la reivindicación 7, caracterizado porque está previsto un segundo espejo de escaneo (124, 125, 624, 625), que puede ser movido en torno a un segundo eje de giro (304), en que el primer eje de giro (303) y el segundo eje de giro (304) están dispuestos con desplazamiento lateral formando un ángulo recto entre sí.
- 45 9. Microscopio de operación según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el sistema OCT (120, 620) comprende una guía de luz (122, 622), que tiene una parte de salida de luz para el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT, en que están previstos medios para el movimiento de la parte de salida de luz de la guía de luz.
- 45 10. Microscopio de operación según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque en el conjunto de trayectorias de rayos de exploración OCT (623) está previsto un elemento óptico desplazable (630, 631) para el

ajuste de una representación geométrica de un extremo de salida de una guía de luz (622) en un plano de exploración OCT (660).

11. Microscopio de operación según la reivindicación 10, caracterizado porque el elemento óptico desplazable (630, 631) lleva asociada una unidad de accionamiento (672, 673).

5 12. Microscopio de operación según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el sistema OCT (120, 620) está diseñado para la puesta a disposición de un primer rayo de luz de exploración OCT (623) con una primera longitud de onda y para la puesta a disposición de un segundo rayo de luz de exploración OCT (623) con una segunda longitud de onda diferente de la primera longitud de onda.

10 13. Microscopio de operación según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque están previstos un primer sistema OCT (720) y un segundo sistema OCT (780), que ponen a disposición rayos de luz de exploración OCT (723, 783) de longitud de onda diferente.

15 14. Microscopio de operación según la reivindicación 13, caracterizado porque el rayo de luz de exploración OCT (723) del primer sistema OCT (720) está superpuesto al menos parcialmente a un conjunto derecho de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación (705) y atraviesa con éste el objetivo principal de microscopio (701) del microscopio de operación (700) y el rayo de luz de exploración OCT (783) del segundo sistema OCT (780) está superpuesto al menos parcialmente a un conjunto izquierdo de trayectorias estereoscópicas de rayos de observación (706) y atraviesa con éste el objetivo principal de microscopio (701) del microscopio de operación (700).

20 15. Microscopio de operación según la reivindicación 14, caracterizado porque el primer sistema OCT (720) pone a disposición un rayo de luz de exploración OCT (723) de longitud de onda $\lambda_1 = 1300$ nm y el segundo sistema OCT (780) pone a disposición un rayo de luz de exploración OCT (783) de longitud de onda $\lambda_2 = 800$ nm.

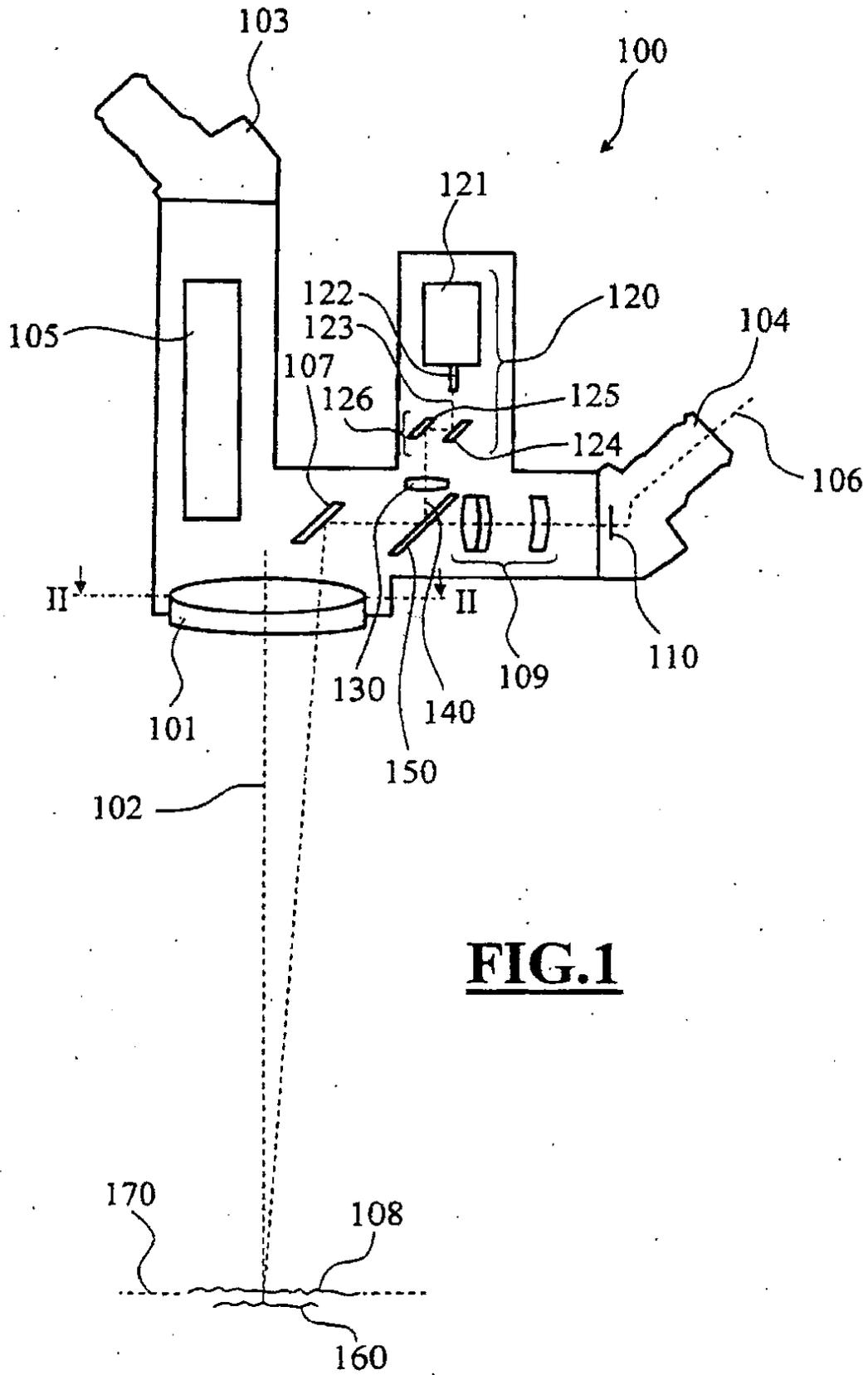


FIG.1

FIG.2

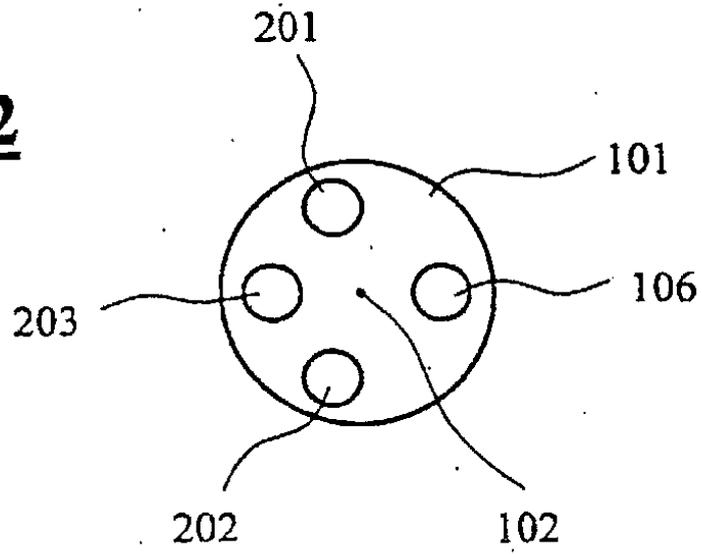


FIG.3

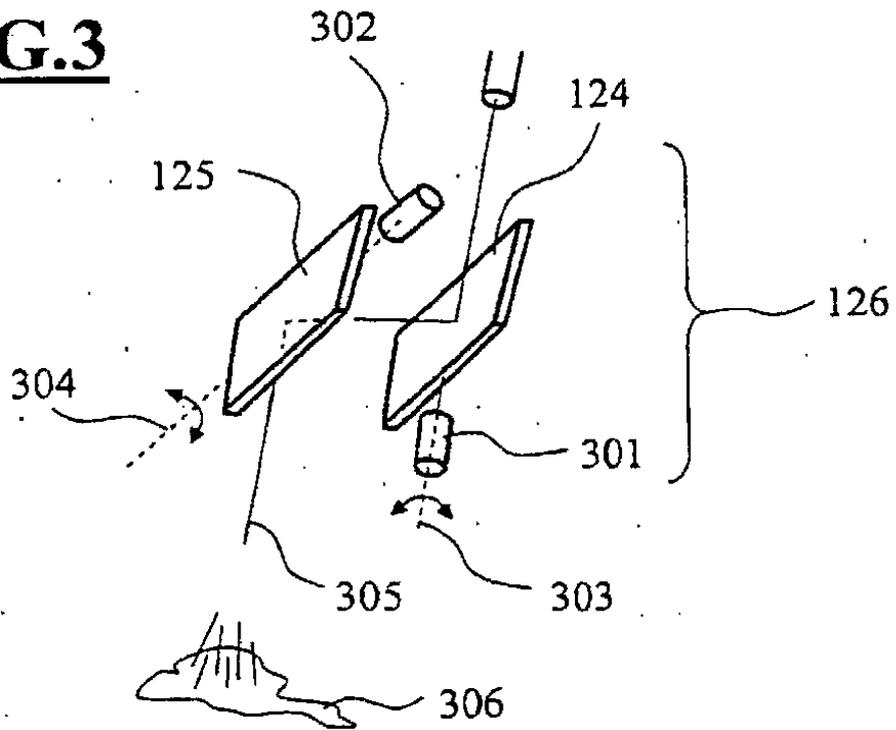


FIG.4

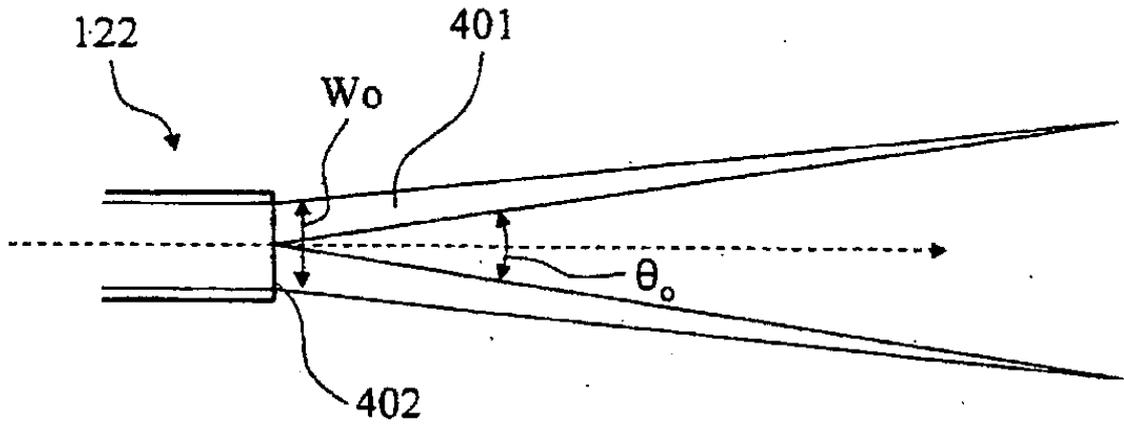
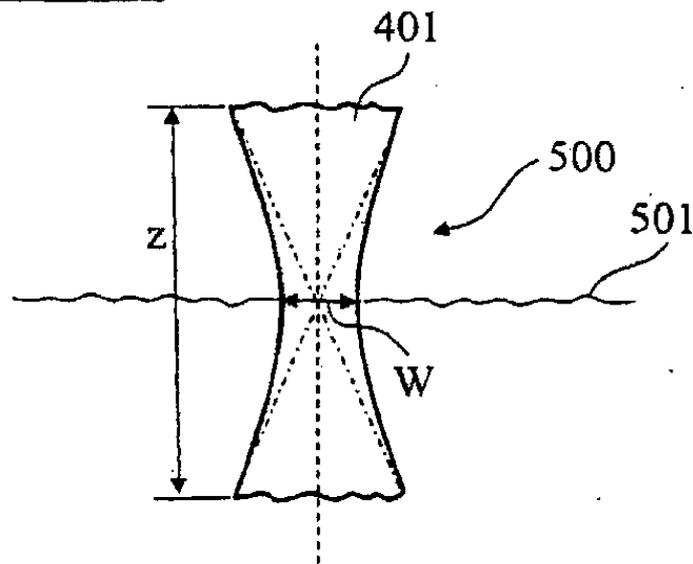


FIG.5



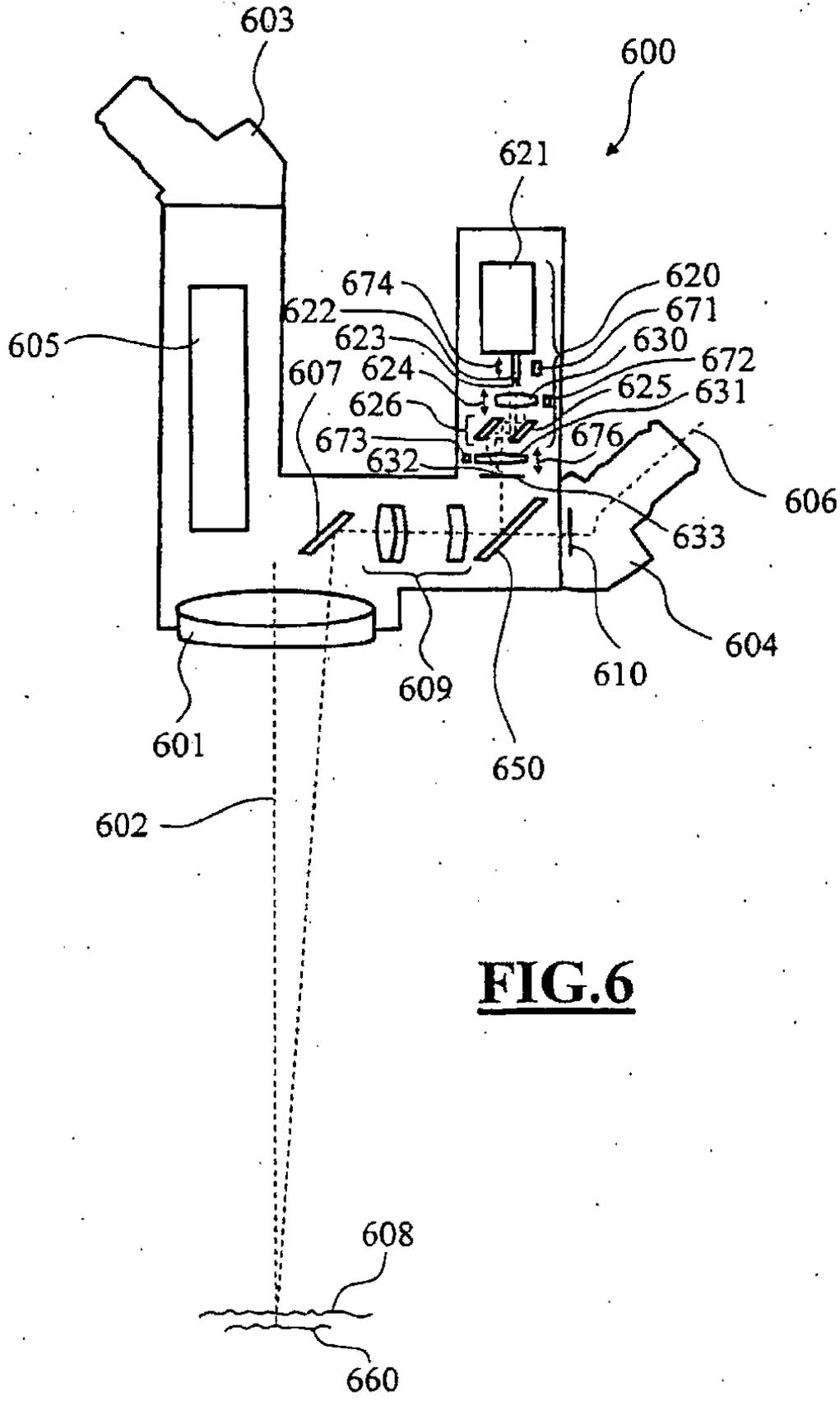


FIG. 6

