

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 850**

51 Int. Cl.:

**A61B 90/30** (2006.01)

**G02B 27/09** (2006.01)

**A61B 18/22** (2006.01)

**G02B 6/14** (2006.01)

**A61B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2018 PCT/IB2018/050529**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2018 WO18142262**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2018 E 18704307 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2024 EP 3554335**

54 Título: **Técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica**

30 Prioridad:

**02.02.2017 US 201762453744 P**

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

**17.06.2024**

73 Titular/es:

**ALCON INC. (100.0%)**

**Rue Louis-d'Affry 6**

**1701 Fribourg, CH**

72 Inventor/es:

**DOS SANTOS, CESARIO;**

**BACHER, GERALD DAVID;**

**SMITH, RONALD;**

**MIRSEPASSI, ALIREZA y**

**PAPAC, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 972 850 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

Técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica

### 5 **ANTECEDENTES**

#### **Campo de la divulgación**

10 La presente descripción se refiere a la iluminación quirúrgica y, más específicamente, a técnicas de mezcla en modo basado en fibra para la iluminación láser quirúrgica.

#### **Descripción de la técnica relacionada**

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

20 Durante la cirugía vitreorretiniana, un oftalmólogo habitualmente usa un microscopio quirúrgico para ver el fondo de ojo a través de la córnea, mientras que se pueden introducir instrumentos quirúrgicos que penetran en la esclerótica para realizar cualquiera de una diversidad de procedimientos diferentes. El paciente habitualmente se tiende en decúbito supino bajo el microscopio quirúrgico durante la cirugía vitreorretiniana y se usa un separador palpebral para mantener el ojo expuesto. Dependiendo del tipo de sistema óptico usado, el oftalmólogo tiene un campo de visión dado del fondo de ojo, que puede variar desde un campo de visión estrecho hasta un campo de visión amplio que se puede ampliar a regiones periféricas del fondo de ojo.

30 Además, normalmente se introduce una fuente de iluminación en el fondo de ojo para iluminar el área donde trabajará el cirujano. La fuente de iluminación se implementa típicamente como una herramienta quirúrgica que tiene un conjunto iluminador que también penetra en la esclerótica y puede combinarse con otras herramientas quirúrgicas. El uso de fibras ópticas que transmiten luz coherente como fuentes de iluminación para cirugía es deseable debido a la alta intensidad de luz proporcionada dentro de dimensiones físicas muy pequeñas disponibles con fibras ópticas.

### 35 **SUMARIO**

Las realizaciones descritas de la presente descripción proporcionan técnicas de mezcla de modo basadas en fibra utilizadas para homogeneizar diferentes modos en una fibra óptica utilizada para iluminación quirúrgica. Un mecanismo de fibra vibratoria puede impartir movimiento mecánico a una parte de la fibra óptica para generar un campo de iluminación homogéneo a partir de una fuente de luz coherente.

40 En un aspecto, un método descrito para la iluminación quirúrgica incluye proyectar la primera luz desde una fuente de luz coherente en una primera fibra óptica, la fuente de luz coherente utilizada para la iluminación de un paciente durante una cirugía. El método también puede incluir transmitir la primera luz desde la primera fibra óptica a un dispositivo mezclador en modo fibra. En el método, el dispositivo mezclador de modo de fibra puede incluir una fibra óptica interna que recibe la primera luz y un mecanismo de fibra vibratoria acoplado a la fibra óptica interna. En el método, la primera luz se puede homogeneizar dentro de la fibra óptica interna mediante el mecanismo de fibra vibratoria para generar una segunda salida de luz mediante el dispositivo mezclador de modo de fibra. El método puede incluir además transmitir la segunda luz desde el dispositivo mezclador de modo de fibra a una segunda fibra óptica. En el método, la segunda fibra óptica puede terminar en una tercera fibra óptica que proyecta la segunda luz sobre el paciente.

50 En cualquiera de las realizaciones descritas del método, la cirugía puede ser una cirugía oftálmica, mientras que la tercera fibra óptica puede proyectar la segunda luz en un ojo del paciente.

55 En cualquiera de las realizaciones descritas del método, la fuente de luz coherente puede ser un láser monocromático.

En cualquiera de las realizaciones descritas del método, la fuente de luz coherente puede ser una pluralidad de láseres monocromáticos combinados para generar la primera luz.

60 En cualquiera de las realizaciones descritas del método, el mecanismo de fibra vibratoria puede incluir un accionador piezoeléctrico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna.

65 En cualquiera de las realizaciones descritas del método, el mecanismo de fibra vibratoria puede incluir un accionador electromagnético acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna.

En cualquiera de las realizaciones descritas del método, el mecanismo de fibra vibratoria puede incluir un accionador mecatrónico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna.

5 En cualquiera de las realizaciones descritas del método, el mecanismo de fibra vibratoria puede impartir al menos uno de un movimiento recíproco y un movimiento circular a al menos una porción de la fibra óptica interna.

En cualquiera de las realizaciones descritas del método, el mecanismo de fibra vibratoria puede impartir un movimiento aleatorio a al menos una porción de la fibra óptica interna.

10 En cualquiera de las realizaciones descritas del método, el dispositivo mezclador de modo de fibra puede incluir además un conector óptico de entrada para la conexión a la primera fibra óptica, un conector óptico de salida para la conexión a la segunda fibra óptica y una fuente de alimentación para alimentar el mecanismo de fibra vibratoria. En el método, el mecanismo de fibra vibratoria puede hacer que la fibra óptica interna se mueva en vaivén a una frecuencia superior a 30 Hz.

15 En otro aspecto, un dispositivo homogeneizador de fibra óptica descrito es para iluminación quirúrgica. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica puede incluir un conector óptico de entrada para la conexión a una primera fibra óptica que transmite la primera luz desde una fuente de luz coherente utilizada para la iluminación de un paciente durante una cirugía, una fibra óptica interna acoplada al conector de entrada para recibir la primera luz. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica también puede incluir un mecanismo de fibra vibratoria acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna. En el dispositivo homogeneizador de fibra óptica, la primera luz se puede homogeneizar dentro de la fibra óptica interna mediante el mecanismo de fibra vibratoria para generar una segunda salida de luz mediante el dispositivo mezclador de modo de fibra. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica puede incluir además un conector óptico de salida para la conexión a una segunda fibra óptica, el conector óptico de salida recibe la segunda luz de la fibra óptica interna. En el dispositivo homogeneizador de fibra óptica, la segunda fibra óptica puede terminar en una tercera fibra óptica que proyecta la segunda luz sobre el paciente.

20 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, la cirugía puede ser una cirugía oftálmica, y la tercera fibra óptica puede proyectar la segunda luz en un ojo del paciente.

30 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, la fuente de luz coherente puede ser un láser monocromático.

35 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, la fuente de luz coherente puede ser una pluralidad de láseres monocromáticos combinados para generar la primera luz.

En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, el mecanismo de fibra vibratoria puede incluir un accionador piezoeléctrico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna.

40 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, el mecanismo de fibra vibratoria puede incluir un accionador electromagnético acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna.

45 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, el mecanismo de fibra vibratoria puede incluir un accionador mecatrónico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna.

En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, el mecanismo de fibra vibratoria puede impartir al menos uno de un movimiento recíproco y un movimiento circular a al menos una porción de la fibra óptica interna.

50 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, el mecanismo de fibra vibratoria puede impartir un movimiento aleatorio a al menos una porción de la fibra óptica interna.

55 En cualquiera de las realizaciones descritas del dispositivo homogeneizador de fibra óptica, el mecanismo de fibra de vibración puede hacer que la fibra óptica interna se mueva alternativamente a una frecuencia mayor que 30 Hz.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para una comprensión más completa de la presente descripción y sus características y ventajas, ahora se hace referencia a la siguiente descripción, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

60 La FIGURA 1 es una representación de una realización de una cirugía oftálmica que utiliza un microscopio quirúrgico y una herramienta quirúrgica con un conjunto iluminador;

65 la FIGURA 2 es una imagen de luz no homogénea de modos de fibra;

la FIGURA 3 es una representación de una realización de un sistema de iluminación quirúrgica con mezcla en modo basado en fibra;

la FIGURA 4 es una representación de una realización de un homogeneizador de fibra óptica; y

la FIGURA 5 es un diagrama de flujo de elementos seleccionados de un método para iluminación láser quirúrgica.

## **DESCRIPCIÓN**

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

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

Como se señaló anteriormente, el uso de fibras ópticas y fuentes de luz coherentes es deseable para la iluminación quirúrgica debido a la alta intensidad de luz proporcionada dentro de las dimensiones físicas muy pequeñas de una fibra óptica. Aunque tales fuentes de iluminación quirúrgica pueden usarse en diversas aplicaciones médicas y quirúrgicas, una aplicación ejemplar es en cirugía ocular, tal como para cirugía vitreorretiniana.

Para la cirugía vitreorretiniana, por ejemplo, la fuente de iluminación se implementa típicamente como una herramienta quirúrgica que tiene un conjunto iluminador que penetra en la esclerótica y puede combinarse con otras herramientas quirúrgicas. En un extremo distal del conjunto iluminador, se puede utilizar una fibra óptica de diámetro muy pequeño para proyectar luz en el fondo para iluminar los procedimientos quirúrgicos realizados dentro del ojo. La fibra de diámetro muy pequeño, por ejemplo, que tiene un núcleo de fibra de aproximadamente 25-100  $\mu\text{m}$ , se acopla típicamente a una fibra óptica que se acopla proximalmente a una fuente de luz coherente, tal como una fuente de láser. Aunque se pueden usar varios tipos de fibras ópticas, se pueden usar fibras ópticas multimodo para transmitir luz coherente al ojo para su iluminación.

Sin embargo, como la luz coherente se transmite a través de una fibra óptica multimodo, diferentes grupos de fotones de la luz coherente, denominados "modos", dentro de la fibra pueden atravesar longitudes de trayectoria ligeramente diferentes. Como resultado de las diferentes longitudes de trayectoria experimentadas por diferentes modos dentro de la fibra óptica, los modos pueden interferir constructiva y destructivamente entre sí durante la propagación dentro de la fibra óptica. A medida que los diferentes modos salen de la fibra óptica desde un núcleo de fibra, un campo de iluminación proporcionado por la luz que sale puede parecer no homogéneo debido a la interferencia entre modos. La interferencia intermodo puede ser altamente sensible a la temperatura, la tensión de la fibra, el movimiento de la fibra y, en general, puede ser bastante notable para el ojo humano, ya que el campo de iluminación no homogéneo proyecta un patrón dinámico no deseado, en lugar de un campo de iluminación homogéneo que proyecta luz de fondo uniforme. Debido a que el campo de iluminación no homogéneo aparece como diferentes regiones de luz de diferentes colores que pueden ser dinámicas, el campo de iluminación no homogéneo puede ser poco adecuado para la iluminación quirúrgica.

Por ejemplo, en la cirugía vitreorretiniana, una visión clara e inequívoca de varias bioestructuras finas en el ojo es altamente deseable para permitir que un cirujano opere de manera segura y efectiva, lo que el campo de iluminación no homogéneo no puede proporcionar. En particular, el campo de iluminación no homogéneo se observa con fuentes de láser monocromáticas, o combinaciones de fuentes de láser monocromáticas en algunas implementaciones. Las fuentes de láser monocromáticas pueden exhibir menos modos y, por lo tanto, un menor grado de mezcla de modos dentro de la fibra óptica que permite la homogeneización de la luz coherente en un campo de iluminación homogéneo deseado. Además, a medida que se diseñan e implementan diversas herramientas quirúrgicas, como endoiluminadores o herramientas quirúrgicas con iluminación combinada, el uso de diámetros de fibra más pequeños que transportan una alta intensidad de luz se vuelve cada vez más deseable. Sin embargo, los problemas de interferencia intermodo se agravan cada vez más a medida que disminuye el tamaño (es decir, el diámetro) de una fibra óptica, lo que puede restringir indeseablemente el uso de tales sistemas de iluminación compactos. Además, en aplicaciones de iluminación quirúrgica, se utiliza una longitud relativamente corta de fibra óptica, tal como aproximadamente 2-3 m de longitud. Debido a que la mezcla de modos que conduce a un campo de iluminación más homogéneo aumenta con la longitud de la fibra, las fibras ópticas más cortas utilizadas en aplicaciones de iluminación quirúrgica pueden experimentar una mezcla de modos insuficiente que da como resultado un campo de iluminación no homogéneo. Además, las fibras ópticas compuestas por un núcleo de vidrio pueden exhibir menos modos y menos mezcla de modos, y pueden estar particularmente sujetas al campo de iluminación no homogéneo.

Como se describirá con más detalle, se describen técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica. Las técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica descritas en la presente pueden proporcionar un campo de iluminación homogéneo para iluminación quirúrgica usando fibras ópticas para transmitir luz coherente. Las técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica descritas en

la presente se pueden utilizar con fibras ópticas relativamente cortas y de diámetro relativamente pequeño. Las técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica descritas en la presente se pueden utilizar con fibras ópticas que tienen un núcleo de vidrio. Las técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica descritas en la presente pueden implementarse en una fuente de luz para iluminación quirúrgica. Las técnicas de mezcla en modo basado en fibra para iluminación láser quirúrgica descritas en la presente pueden implementarse como un dispositivo óptico que puede acoplarse a una fibra óptica que proporciona iluminación quirúrgica desde una fuente de luz coherente. Las técnicas de mezcla en modo basado en fibras para la iluminación láser quirúrgica descritas en la presente se pueden utilizar para la iluminación del ojo de un paciente durante la cirugía oftálmica, tal como la cirugía vitreorretiniana.

Una manera en la que se puede utilizar un conjunto de iluminación 100 se ilustra en la FIGURA 1, en la que un cirujano 120 está realizando una cirugía oftálmica en un ojo 104 de un paciente 130 utilizando una herramienta quirúrgica 122. En la FIGURA 1, el ojo 104 se ha expuesto utilizando un espéculo 140 y una lente de contacto 150 se mantiene en su lugar en el ojo 104 y se alinea visualmente con un microscopio quirúrgico 102 para facilitar la visualización de las estructuras internas del ojo 104. El cirujano 120 está utilizando la herramienta quirúrgica 122 para realizar una cirugía en las estructuras internas del ojo 104.

Por ejemplo, cuando la herramienta quirúrgica 122 es una sonda de vitrectomía, entonces el cirujano 120 puede usar la herramienta quirúrgica 122 para eliminar el vítreo transparente similar a un gel que normalmente llena el interior del ojo 104, teniendo cuidado de eliminar sustancialmente solo el vítreo, mientras evita la interacción con estructuras oculares cercanas, como la retina, que son extremadamente sensibles a cualquier acción mecánica. La capacidad del cirujano para ver claramente el fondo de ojo se ve facilitada por un campo de iluminación homogéneo que proporciona el conjunto de iluminación 100. Cabe señalar que la herramienta quirúrgica 122 puede ser cualquiera de una variedad de herramientas quirúrgicas portátiles. En algunas realizaciones, el conjunto de iluminación 100 puede integrarse dentro de la herramienta quirúrgica 122 para proporcionar iluminación sin tener que usar una herramienta de iluminación secundaria.

En el recuadro de la FIGURA 1, se muestran detalles adicionales del ojo 104 durante la cirugía. Son visibles dos puertos esclerales 108 para proporcionar penetración escleral canulada, uno para la herramienta quirúrgica 122 y otro para el conjunto iluminador 100. Como se muestra, el conjunto iluminador 100 puede incluir un medio para la mezcla en modo basado en fibra para la iluminación láser quirúrgica, como se describe con más detalle a continuación. Por consiguiente, el conjunto iluminador 100 se puede utilizar para proyectar luz coherente en el ojo 104 utilizando una fibra óptica para transmitir la luz para proyectar un campo de iluminación homogéneo (no visible en la FIGURA 1) en el fondo.

Se pueden hacer modificaciones, adiciones u omisiones al conjunto iluminador 100 sin apartarse del alcance de la descripción. Los componentes y elementos del conjunto iluminador quirúrgico 100, como se describe en la presente, pueden integrarse o separarse de acuerdo con aplicaciones particulares. El conjunto iluminador 100 puede implementarse usando más, menos o diferentes componentes en algunas realizaciones.

La FIGURA 2 es una imagen 200 de luz no homogénea de modos de fibra. La imagen 200 representa la luz coherente de una fibra óptica proyectada sobre una pantalla que está orientada oblicuamente a la página. En la imagen 200, la pantalla representada tiene anotaciones extrañas escritas en tinta negra por encima y por debajo de un campo de iluminación no homogéneo. El campo de iluminación no homogéneo en la imagen 200 resulta de una mezcla de modo insuficiente dentro de la fibra óptica. El campo de iluminación no homogéneo en la imagen 200 puede exhibir variaciones de intensidad de hasta aproximadamente 500%, lo que puede ser dinámico en muchas aplicaciones y escenarios de uso, lo que no es deseable para la iluminación quirúrgica, como se explicó anteriormente. El campo de iluminación no homogéneo en la imagen 200 puede convertirse inmediatamente en un campo de iluminación homogéneo, tal como un campo de iluminación de intensidad sustancialmente uniforme (no se muestra) aplicando las técnicas para la mezcla de modos descritas en la presente.

Con referencia ahora a la FIGURA 3, se muestra una representación de una realización de un sistema de iluminación quirúrgica 300. Como se muestra en la FIGURA 3, el sistema de iluminación quirúrgica 300 se puede utilizar en la cirugía oftálmica en el ojo 104 que se muestra en la FIGURA 1. La FIGURA 3 es una ilustración esquemática y no está dibujada a escala ni en perspectiva. En la FIGURA 3, se muestra una vista transversal del ojo 104, que permite una vista de varios elementos descritos anteriormente con respecto a la FIGURA 1. Específicamente, la lente de contacto 120 se muestra proporcionando una vista de ángulo relativamente amplio del fondo del ojo 104, mientras que dos puertos escleróticos 108 penetran en la esclerótica del ojo 104. Se muestra una herramienta quirúrgica 122 que penetra en un puerto escleral 108, mientras que el conjunto de iluminación penetra en otro puerto escleral 108.

Como se muestra en la FIGURA 3, un campo de iluminación homogéneo 310 se proyecta en el ojo 104 mediante el montaje iluminador 100. Específicamente, el conjunto iluminador 100 termina distalmente con una porción de fibra óptica 308, que puede estar expuesta a proyectar luz en el ojo. La porción de fibra óptica 308 está acoplada a una fibra óptica externa 304. En algunas realizaciones, la porción de fibra óptica 308 puede ser una porción distal de la propia fibra óptica externa 304. La fibra óptica 304 se muestra con una primera sección de fibra óptica 304-1 que se extiende desde una consola quirúrgica 312 hasta un homogeneizador de fibra óptica 302, y una segunda sección de fibra óptica 304-2 que se extiende desde el homogeneizador de fibra óptica 302 hasta la fibra óptica 308. Además, la segunda sección de la fibra óptica 304-2 se muestra pasando a través de una pieza de mano 306, que puede incluir una vaina o tubo alrededor de la fibra óptica 304-2 para permitir la canulación en el puerto escleral 108.

En la FIGURA 3, el homogeneizador de fibra óptica 302 puede aplicar técnicas de mezcla de modo basadas en fibra para iluminación láser quirúrgica, como se describe en la presente. Específicamente, el homogeneizador de fibra óptica 302 puede aplicar movimiento mecánico o vibración a una fibra óptica (no visible en la FIGURA 3) para realizar la mezcla de modos y homogeneizar la segunda luz transmitida por la fibra óptica 304-2. De esta manera, el homogeneizador de fibra óptica 302 proporciona un campo de iluminación homogéneo 310 en el ojo 104 durante la cirugía. El homogeneizador de fibra óptica 302 puede incluir conectores ópticos para la conexión a las fibras ópticas 304-1 y 304-2, respectivamente. En algunas realizaciones, el homogeneizador de fibra óptica 302 puede implementarse dentro o integrarse con la consola quirúrgica 312, que también puede incluir una fuente de luz coherente (no visible) para generar un campo de iluminación homogéneo 310. La consola quirúrgica 312 puede proporcionar varios otros equipos y funcionalidades, tales como equipos conductores para la herramienta quirúrgica 122, y una interfaz de usuario para operaciones de datos y procesamiento de imágenes. Otros detalles internos del homogeneizador de fibra óptica 302 se describen a continuación con respecto a la FIGURA 4.

Con referencia ahora a la FIGURA 4, se representan detalles adicionales del homogeneizador de fibra óptica 302. La FIGURA 4 es una ilustración esquemática y no está dibujada a escala ni en perspectiva. En la FIGURA 4, se muestran esquemáticamente los elementos incluidos dentro del homogeneizador de fibra óptica 302. Se entenderá que el homogeneizador de fibra óptica 302 puede implementarse como un dispositivo óptico, por ejemplo, que tiene una carcasa (no se muestra) para alojar los componentes ilustrados en la FIGURA 4.

Específicamente, el homogeneizador de fibra óptica 302 se muestra con un conector óptico de entrada 402 para conectarse a la fibra óptica 304-1, así como con un conector óptico de salida 406 para conectarse a la fibra óptica 304-2. En diversas realizaciones, el conector óptico de entrada 402 y el conector óptico de salida 406 pueden ser conectores liberables (no se muestran) que se acoplan con los conectores correspondientes unidos a las fibras ópticas 304-1 y 304-2. En algunas realizaciones, el conector óptico de entrada 402 y el conector óptico de salida 406 pueden ser conectores fijos. Como se muestra, el conector óptico de entrada 402, el conector óptico de salida 406 y un dispositivo mezclador de modo de fibra 404 están situados en una superficie fija 436, que puede representar una base de un alojamiento (no se muestra) que puede encerrar el homogeneizador de fibra óptica 302. El conector óptico de entrada 402 puede recibir la primera luz 400-1, que puede experimentar una mezcla de modo insuficiente en la fibra óptica 304-1 después de transmitirse desde una fuente de luz coherente (no se muestra). La fuente de luz coherente puede ser un láser monocromático o una combinación de láseres monocromáticos que se han combinado para generar la primera luz 400-1. Por consiguiente, la primera luz 400-1 puede incluir luz de diferentes frecuencias (es decir, colores).

También se muestra en la FIGURA 4 con el homogeneizador de fibra óptica 302 la fibra óptica interna 408, que está acoplada al dispositivo mezclador de modo de fibra 404 mediante un accesorio 438. Una longitud de fibra óptica interna 408 puede variar y puede ajustarse de acuerdo con las dimensiones físicas deseadas del homogeneizador de fibra óptica 302. El accesorio 438 puede representar cualquier tipo de accesorio o elemento mecánico para acoplarse a la fibra óptica interna 408. Por ejemplo, el accesorio 438 puede incluir una abrazadera para unirse externamente a una porción de la fibra óptica interna 408. El dispositivo mezclador de modo de fibra 404 incluye un mecanismo de fibra vibratoria compuesto por componentes mecánicos para mover o hacer vibrar el accesorio 438, al que se fija el dispositivo mezclador de modo de fibra 404. El mecanismo de fibra vibratoria puede incluir cualquiera de una variedad de accionadores mecánicos para generar el movimiento del accesorio 438 y, por lo tanto, impartir movimiento a la fibra óptica interna 408, que no está conectada de otro modo a la superficie fija 436. Los ejemplos de componentes mecánicos o accionadores incluidos en el dispositivo mezclador de modo de fibra 404 pueden abarcar motores giratorios, motores lineales, accionadores piezoeléctricos, accionadores neumáticos, accionadores hidráulicos, accionadores electromagnéticos y accionadores mecatrónicos, entre varias combinaciones diferentes. El mecanismo de fibra vibratoria puede permitir la vibración, rotación, traslación o una combinación de estas. Por consiguiente, el mecanismo de fibra vibratoria puede impartir al menos uno de un movimiento recíproco y un movimiento circular a al menos una porción de la fibra óptica interna 408. En algunas realizaciones, el mecanismo de fibra vibratoria puede impartir un movimiento aleatorio a la fibra óptica interna 408. Los actuadores electromagnéticos pueden incluir varios actuadores con imanes o devanados magnéticos (electroimanes) que se controlan electrónicamente. Los actuadores mecatrónicos pueden incluir varias combinaciones de sistemas o componentes electrónicos y mecánicos, como conductores robóticos integrados.

Debido a que el dispositivo mezclador de modo de fibra 404 está acoplado externamente a la fibra óptica interna 408, un alto grado de precisión en el movimiento impartido a la fibra óptica interna 408 puede ser superfluo, y un menor grado de precisión puede ser adecuado para el efecto de mezcla de modo deseado para homogeneizar la segunda luz 400-2 que sale de la fibra óptica interna 408 a la fibra óptica 304-2 a través del conector óptico de salida 406. El dispositivo mezclador de modo de fibra 404 se mueve en vaivén, gira u oscila a una frecuencia para provocar un movimiento que no es visible para el ojo humano, tal como a una frecuencia de aproximadamente 30 Hz o mayor. De esta manera, el dispositivo mezclador de modo de fibra 404 hace que el modo de mezcla dentro de la fibra óptica interna 408 genere un campo de iluminación homogéneo 310 que parece uniforme para el ojo humano.

También se muestra con el homogeneizador de fibra óptica 302 en la FIGURA 4 la fuente de alimentación 410, que puede proporcionar energía a los componentes mecánicos incluidos con el dispositivo mezclador de modo de fibra 404. En algunas realizaciones, la fuente de alimentación 410 puede representar una fuente de alimentación interna para el homogeneizador de fibra óptica 302, tal como una batería para permitir el funcionamiento remoto. En otras realizaciones,

la fuente de alimentación 410 puede representar una fuente de alimentación externa, tal como un conector para alimentación de línea o corriente continua de una fuente de alimentación externa (no se muestra).

5 Con referencia ahora a la FIGURA 5, un diagrama de flujo de elementos seleccionados de una realización de un método 500 para técnicas de mezcla de modo basadas en fibra para iluminación láser quirúrgica, como se describe en la presente, se representa en forma de diagrama de flujo. Se hace notar que ciertas operaciones descritas en el método 500 pueden ser opcionales o se pueden reorganizar en diferentes realizaciones. El método 500 se puede realizar usando el conjunto de iluminación 100 y el homogeneizador de fibra óptica 302, como se describe en la presente.

10 El método 500 puede comenzar, en la etapa 502, proyectando la primera luz desde una fuente de luz coherente en una primera fibra óptica, la fuente de luz coherente utilizada para la iluminación de un paciente durante una cirugía. En la etapa 504, la primera luz se transmite desde la primera fibra óptica a un dispositivo mezclador de modo de fibra, donde el dispositivo mezclador de modo de fibra incluye una fibra óptica interna que recibe la primera luz y un mecanismo de fibra  
15 vibratoria acoplado a la fibra óptica interna, y donde la primera luz se homogeneiza dentro de la fibra óptica interna por el mecanismo de fibra vibratoria para generar una segunda salida de luz por el dispositivo mezclador de modo de fibra. En la etapa 506, la segunda luz se transmite desde el dispositivo mezclador de modo de fibra a una segunda fibra óptica, donde la segunda fibra óptica termina en una tercera fibra óptica que proyecta la segunda luz sobre el paciente.

20 Como se describe en la presente, las técnicas de mezcla de modos a base de fibra se pueden utilizar para homogeneizar diferentes modos en una fibra óptica utilizada para la iluminación quirúrgica. Un mecanismo de fibra vibratoria puede impartir movimiento mecánico a una porción de la fibra óptica para generar un campo de iluminación homogéneo a partir de una fuente de luz coherente.

25 La materia descrita anteriormente debe considerarse ilustrativa y no restrictiva, y las reivindicaciones adjuntas pretenden cubrir todas estas modificaciones, mejoras y otras realizaciones que se encuentran dentro del verdadero espíritu y alcance de la presente descripción. Por lo tanto, en la medida máxima permitida por la ley, el alcance de la presente divulgación se ha de determinar mediante la interpretación más amplia admisible de las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes y no deberá estar restringida ni limitada por la descripción detallada anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo homogeneizador de fibra óptica (302) configurado para proporcionar mezcla en modo basado en fibra para iluminación quirúrgica, el dispositivo homogeneizador de fibra óptica comprende:  
 5 un conector óptico de entrada (402) para la conexión a una primera fibra óptica (304-1) que transmite la primera luz desde una fuente de luz coherente utilizada para la iluminación de un paciente durante una cirugía;  
 una fibra óptica interna (408) acoplada al conector de entrada para recibir la primera luz (400-1);  
 un dispositivo mezclador de modo de fibra (404) que incluye un mecanismo de fibra vibratoria acoplado mecánicamente  
 10 a la fibra óptica interna (408), en donde la primera luz se homogeneiza dentro de la fibra óptica interna (408) por el mecanismo de fibra vibratoria para generar una segunda salida de luz (400-2) por el dispositivo homogeneizador de fibra óptica; y  
 un conector óptico de salida (405) para la conexión a una segunda fibra óptica (304-2), el conector óptico de salida recibe la segunda luz (400-2) de la fibra óptica interna (408), en donde la segunda fibra óptica (304-2) termina en una tercera  
 15 fibra óptica (308) que proyecta la segunda luz sobre el paciente;  
 en donde el mecanismo de fibra vibratoria hace que la fibra óptica interna se mueva en vaivén a una frecuencia mayor que 30 Hz.
2. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde la cirugía es una cirugía oftálmica, y la  
 20 tercera fibra óptica (308) proyecta la segunda luz en un ojo del paciente.
3. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde la fuente de luz coherente es un láser monocromático.
4. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde la fuente de luz coherente es una  
 25 pluralidad de láseres monocromáticos combinados para generar la primera luz.
5. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde el mecanismo de fibra vibratoria (404) incluye un accionador piezoeléctrico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna (408).
6. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde el mecanismo de fibra vibratoria (404)  
 30 incluye un accionador electromagnético acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna (408).
7. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde el mecanismo de fibra vibratoria (404) incluye un accionador mecatrónico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna (408).  
 35
8. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde el mecanismo de fibra vibratoria (404) imparte al menos uno de un movimiento recíproco y un movimiento circular a al menos una porción de la fibra óptica interna (408).
9. El dispositivo homogeneizador de fibra óptica de la reivindicación 1, en donde el mecanismo de fibra vibratoria (404)  
 40 imparte un movimiento aleatorio a al menos una porción de la fibra óptica interna (408).
10. Un método (500) para la mezcla en modo basado en fibra para una iluminación láser quirúrgica, el método realizado utilizando un dispositivo homogeneizador de fibra óptica (302) comprende:  
 45 un conector óptico de entrada (402) para la conexión a la primera fibra óptica;  
 un dispositivo mezclador en modo fibra (404) que incluye un mecanismo de fibra vibratoria;  
 un conector óptico de salida (405) para la conexión a la segunda fibra óptica; y  
 una fuente de alimentación (410) para alimentar el mecanismo de fibra vibratoria,  
 el método comprende:  
 50 proyectar la primera luz desde una fuente de luz coherente en una primera fibra óptica (304-1), la fuente de luz coherente (100) utilizada para la iluminación de un paciente durante una cirugía;  
 transmitir la primera luz desde la primera fibra óptica (304-2) al dispositivo mezclador de modo de fibra (404), en donde el dispositivo mezclador de modo de fibra (404) incluye una fibra óptica interna (408) que recibe la primera luz y un  
 mecanismo de fibra vibratoria acoplado a la fibra óptica interna (408), en donde la primera luz (400-1) se homogeneiza  
 55 dentro de la fibra óptica interna (408) por el mecanismo de fibra vibratoria para generar una segunda salida de luz (400-2) por el dispositivo mezclador de modo de fibra (404); y  
 transmitir la segunda luz (400-2) desde el dispositivo mezclador de modo de fibra (404) a una segunda fibra óptica (304-2), en donde la segunda fibra óptica termina en una tercera fibra óptica (308) que proyecta la segunda luz sobre el  
 paciente; y  
 60 además, en donde el mecanismo de fibra vibratoria hace que la fibra óptica interna se mueva en vaivén a una frecuencia mayor que 30 Hz.
11. El método de la reivindicación 10, en donde la cirugía es una cirugía oftálmica, y la tercera fibra óptica (308) proyecta  
 65 la segunda luz en un ojo del paciente.

12. El método de la reivindicación 10, en donde la fuente de luz coherente está dispuesta de acuerdo con uno de los siguientes:

(i) en donde la fuente de luz coherente es un láser monocromático;

5 (ii) en donde la fuente de luz coherente es una pluralidad de láseres monocromáticos combinados para generar la primera luz.

13. El método de la reivindicación 10, en donde el mecanismo de fibra vibratoria está dispuesto de acuerdo con uno o más de los siguientes:

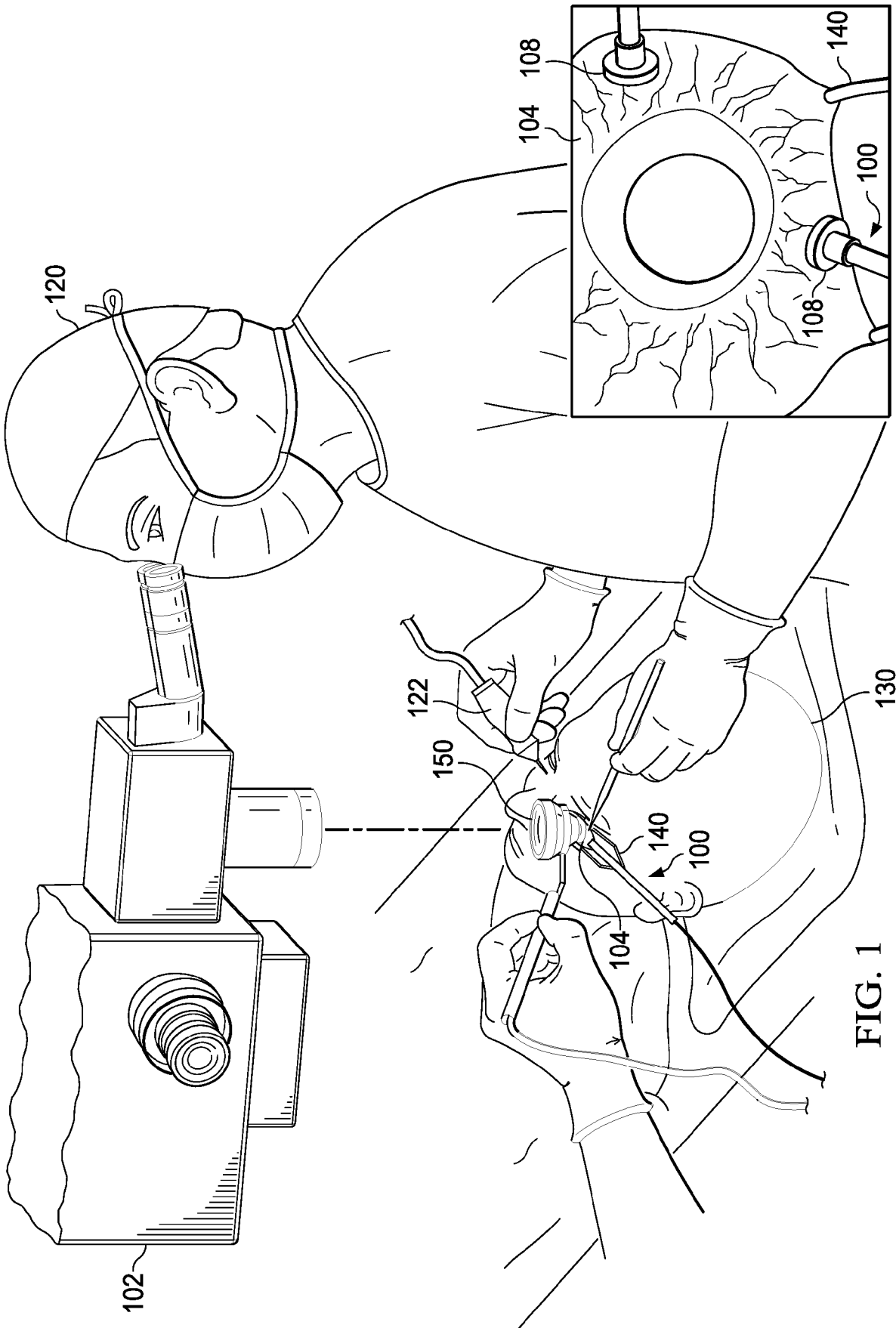
10 (i) en donde el mecanismo de fibra vibratoria incluye un accionador piezoeléctrico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna;

(ii) en donde el mecanismo de fibra vibratoria incluye un accionador electromagnético acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna;

(iii) en donde el mecanismo de fibra vibratoria incluye un accionador mecatrónico acoplado mecánicamente a la fibra óptica interna;

15 (iv) en donde el mecanismo de fibra vibratoria imparte al menos uno de un movimiento recíproco y un movimiento circular a al menos una porción de la fibra óptica interna;

(v) en donde el mecanismo de fibra vibratoria imparte un movimiento aleatorio a al menos una porción de la fibra óptica interna.



200 ↗

IMAGEN DE LUZ NO HOMOGENEA DE MODOS DE FIBRA

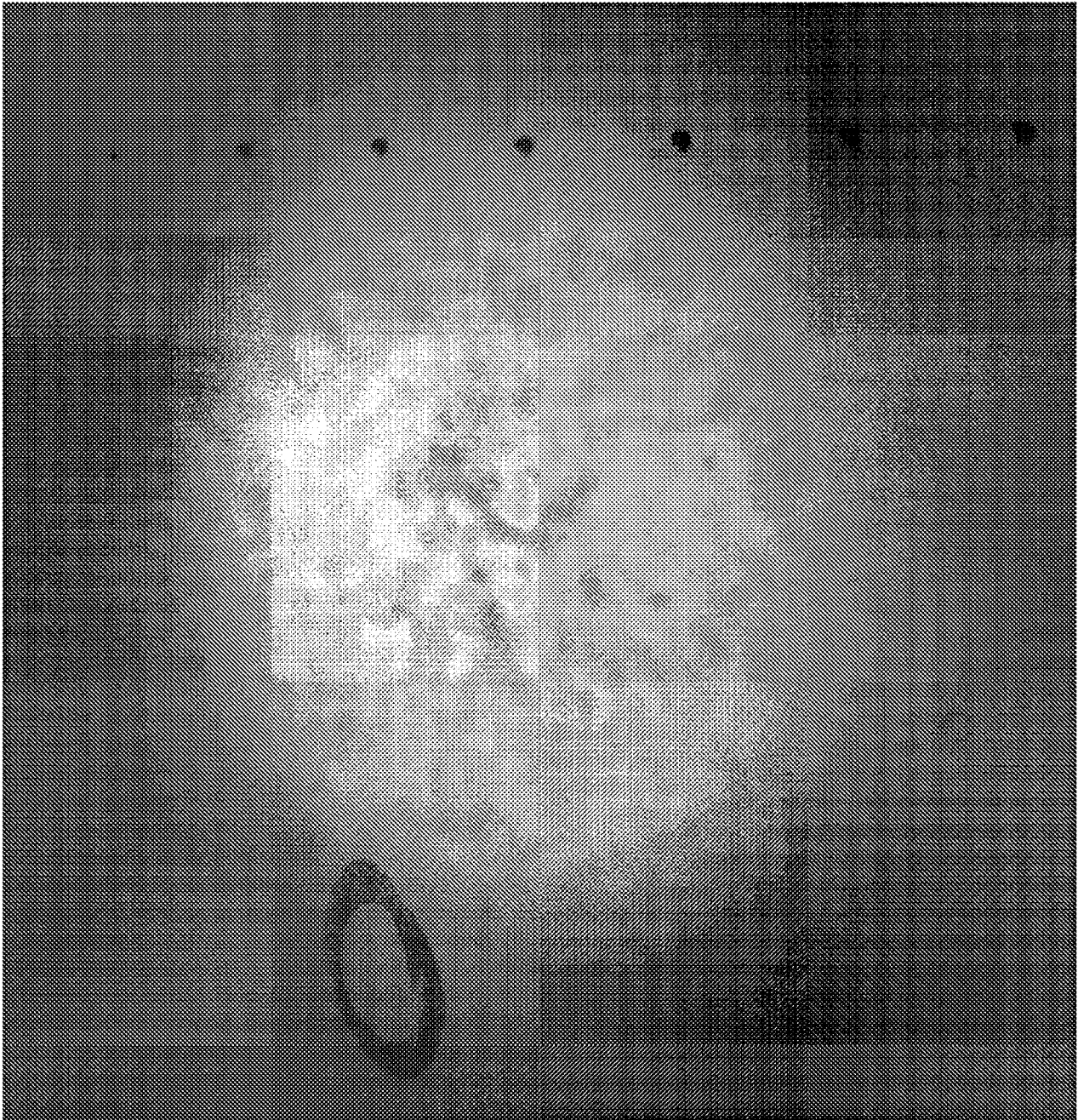
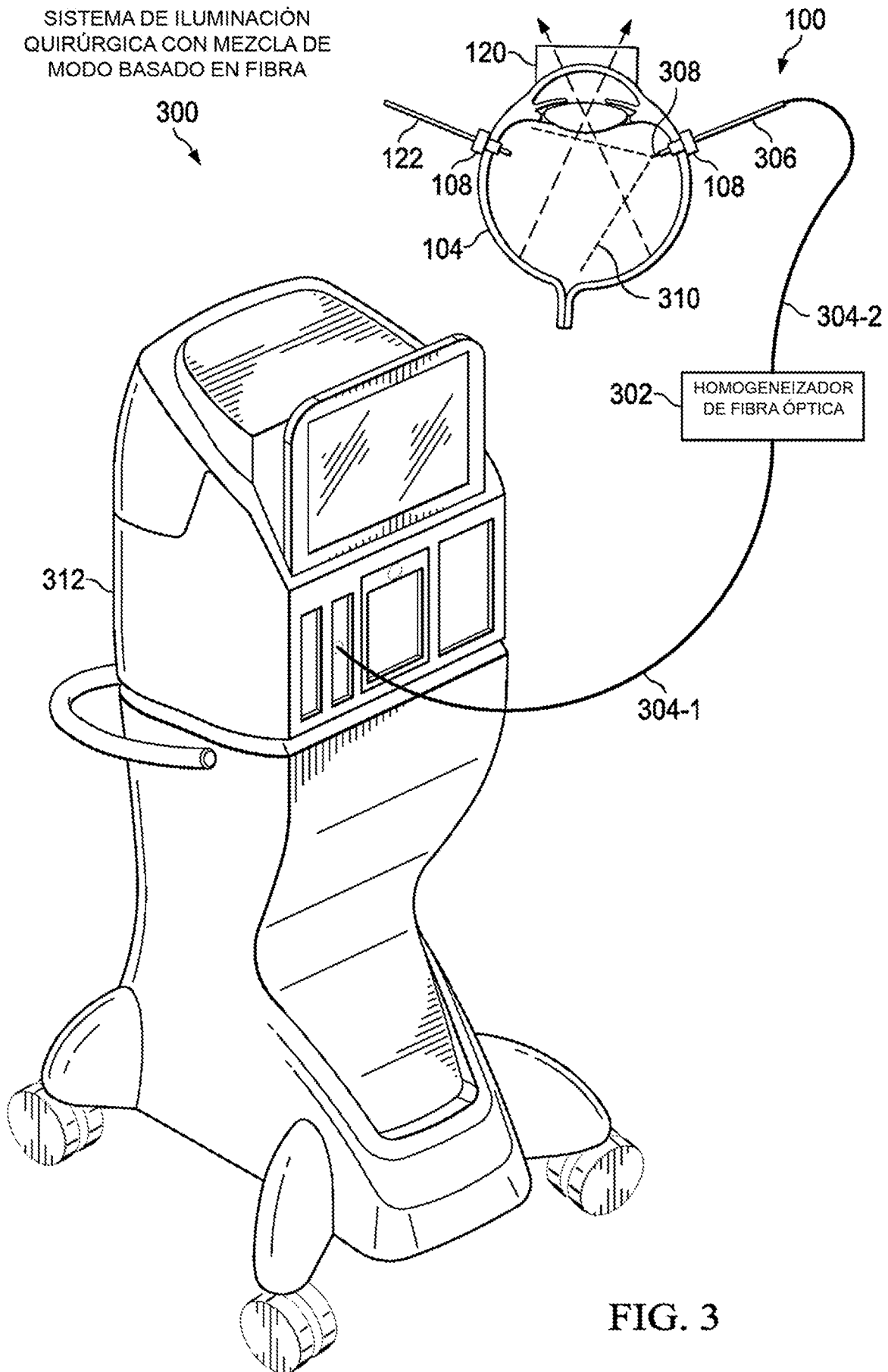


FIG. 2



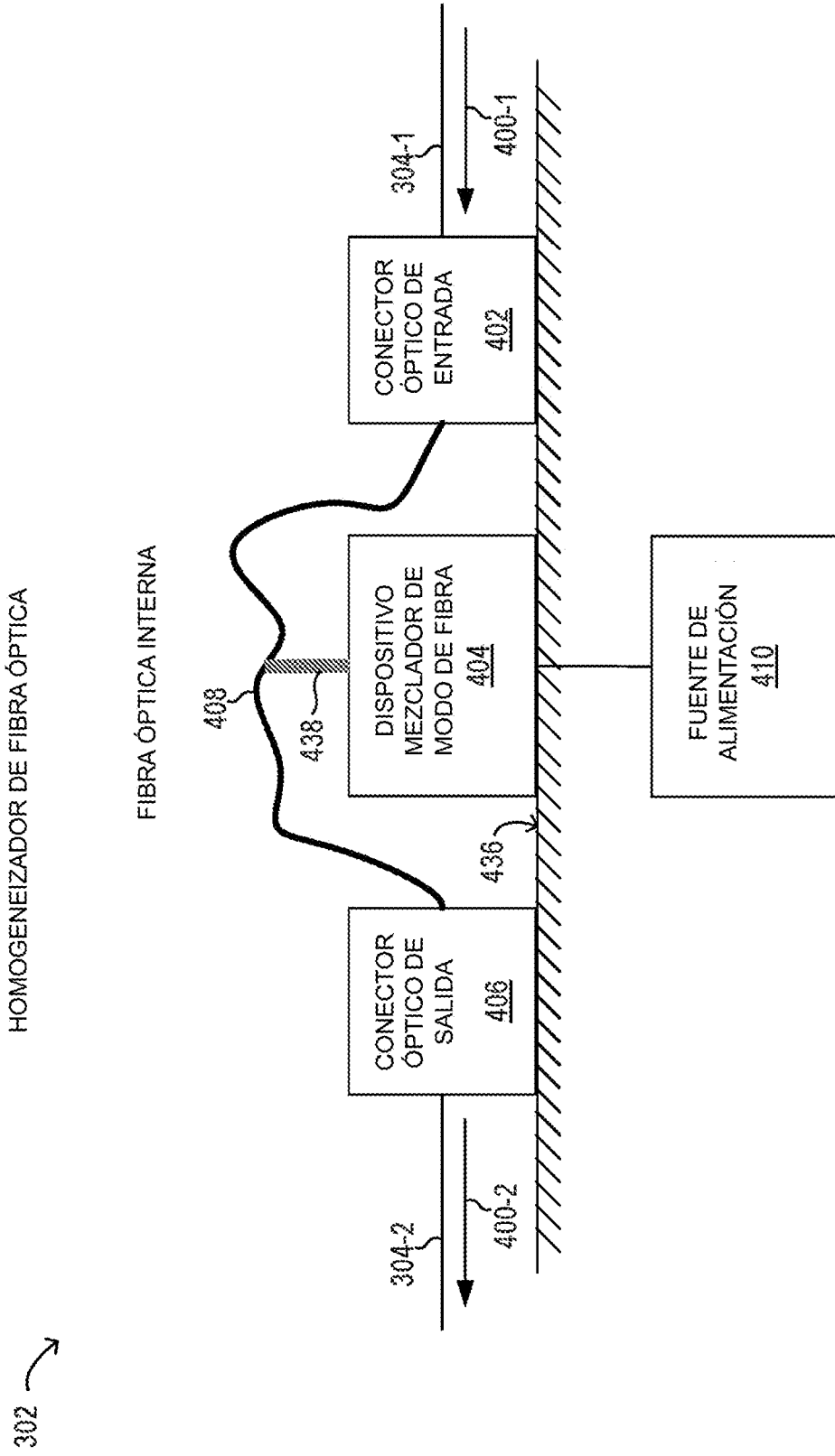


FIG. 4

500 ↘

MÉTODO PARA ILUMINACIÓN LÁSER QUIRÚRGICA

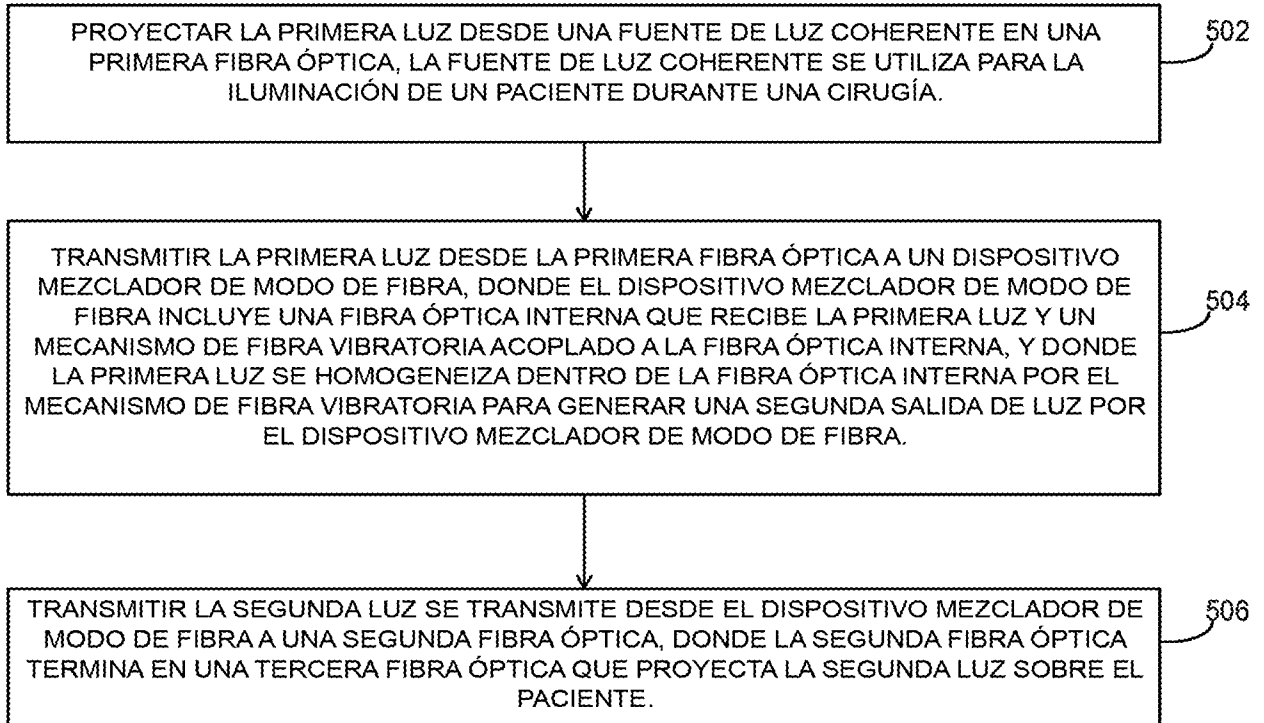


FIG. 5