

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 932**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/00** (2006.01)

**A61B 90/30** (2006.01)

**G02B 6/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.08.2016 PCT/IB2016/055085**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17103692**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.08.2016 E 16770553 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024 EP 3352643**

54 Título: **Sistema de iluminación oftálmica y método de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

**16.12.2015 US 201562268359 P**

**23.02.2016 US 201615051422**

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

**18.11.2024**

73 Titular/es:

**ALCON INC. (100.0%)**

**Rue Louis-d'Affry 6**

**1701 Fribourg, CH**

72 Inventor/es:

**SMITH, RONALD T. y**

**MIRSEPASSI, ALIREZA**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 987 932 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

Sistema de iluminación oftálmica y método de fabricación del mismo

### 5 CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación está dirigida a sistemas y métodos de iluminación oftálmica. Más particularmente, pero no a modo de limitación, la presente divulgación está dirigida a sistemas y métodos para mantener la misma apertura numérica para un haz de luz transmitido hacia un campo quirúrgico utilizando diferentes combinaciones de fuente de luz/espejo.

### ANTECEDENTES

Los procedimientos microquirúrgicos oftálmicos con frecuencia requieren cortes de precisión y/o extracción de diversos tejidos corporales del ojo. Durante los procedimientos, las sondas de iluminación oftálmica pueden proporcionar iluminación para el campo quirúrgico. Un usuario, como un cirujano u otro profesional médico, puede insertar la sonda en el ojo para iluminar el interior del ojo. La sonda suministra luz utilizando una fibra óptica. Normalmente, la sonda está conectada a un puerto óptico de un sistema de iluminación oftálmica. El sistema de iluminación oftálmica puede ser parte de una consola quirúrgica e incluye una fuente de luz. El sistema de iluminación también puede incluir otros elementos ópticos, tal como un condensador, que facilitan el acoplamiento de la luz a la fibra óptica de la sonda.

Durante el ensamblaje del sistema de iluminación oftálmica, los fabricantes intentan optimizar diversos parámetros del haz de luz. Estos parámetros pueden incluir la eficiencia de acoplamiento, que describe cómo de bien se acopla la luz a la fibra óptica de la sonda. La alta eficiencia de acoplamiento corresponde a la transmisión deseable de una cantidad relativamente mayor de luz no distorsionada desde la fuente de luz hasta el campo quirúrgico a través de la sonda. Una baja eficiencia de acoplamiento corresponde a una menor transmisión de luz al campo quirúrgico, además de que la luz que se transmite tiene un perfil angular no deseado. Otros parámetros que afectan el rendimiento del sistema incluyen cómo de bien se transmite la luz dentro de la fibra y el perfil angular del haz de salida que se transmite al campo quirúrgico.

Uno o más de estos parámetros pueden verse influenciados por la apertura numérica ("NA") del haz de luz. La NA es, generalmente hablando, una descripción del ancho o diámetro de un haz y puede referenciarse como un ángulo cónico. La NA también se puede utilizar para describir el ancho o diámetro de un haz que puede ser aceptado por una fibra óptica. Para algunas fuentes de luz, tal como una fuente láser de supercontinuo, la NA del haz es aproximadamente proporcional a la longitud de onda. Por consiguiente, la luz de mayor longitud de onda tiene una NA mayor y viceversa. Diferentes fuentes de luz también pueden transmitir luz que tiene diferentes NA. Los diferentes diámetros de haz para diferentes fuentes de luz y diferentes longitudes de onda de luz presentan desafíos en la fabricación de un sistema con una NA constante para lograr constantemente altos niveles de eficiencia de acoplamiento, alta eficiencia de transmitancia dentro de la fibra y perfiles angulares deseables para el haz de salida.

Diversos componentes de los sistemas de iluminación, tal como los colimadores, suelen estar diseñados para trabajar mejor con luz que tiene un diámetro de haz dado. Por ejemplo, cuando un haz de luz tiene un diámetro de haz colimado que es mayor que el diámetro del haz previsto, el ángulo cónico de luz enfocado en la fibra también será mayor. En general, el diámetro nominal del haz colimado se puede maximizar para llenar angularmente por completo la NA de aceptación de la fibra. Por lo tanto, un diámetro del haz colimado que es mayor que el nominal provocará una pérdida de eficiencia dentro de la fibra. Incluso si el haz está acoplado eficientemente a la fibra, en su primer encuentro con la interfaz núcleo/revestimiento en la superficie lateral cilíndrica de la fibra, los rayos de alto ángulo del haz de alta NA por encima de la NA de aceptación de la fibra se perderán en el revestimiento. De manera similar, si el diámetro del haz colimado es menor que el valor nominal, el haz se acoplará de manera eficiente y se transmitirá de manera eficiente a través de la fibra. Sin embargo, su NA del haz será menor que el nominal y, por lo tanto, el haz emitido desde el extremo distal de la fibra tendrá una dispersión angular menor que la deseada. En ambas circunstancias, existe una penalización por no tener el diámetro del haz colimado constante con la longitud de onda en el valor nominal deseado. Conseguir un diámetro del haz colimado consistente con diferentes fuentes de luz en distintas longitudes de onda puede ser difícil.

Se hace referencia a los documentos US2014058367, US2012203075, US2007189664 y US2010309549 que se han citado como representativos del estado de la técnica. El documento US2014058367 se refiere a un sistema de iluminación oftálmica que incluye una lente y dos fuentes láser intercambiables y utilizables dispuestas con espejos para acoplar los haces de luz a una trayectoria de luz común. La disposición es diferente de la de las reivindicaciones y no considera la combinación de características ni los parámetros que incluyen la apertura numérica tal como se define en las reivindicaciones.

### BREVE DESCRIPCIÓN

Se apreciará que el alcance de la invención es conforme a las reivindicaciones. Se proporciona un sistema de iluminación oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de fabricación de un sistema de iluminación

oftálmica de acuerdo con la reivindicación 11. Se proporcionan otras características en las reivindicaciones dependientes.

5 De acuerdo con un aspecto, la presente divulgación describe un sistema de iluminación oftálmica que incluye un colimador que incluye una pluralidad de lentes. El sistema puede incluir un primer espejo dispuesto para reflejar la luz hacia el colimador. El primer espejo puede configurarse para su uso con una primera fuente de luz. La primera fuente de luz puede emitir un primer haz de luz que tiene un primer parámetro. El sistema también puede incluir un segundo espejo dispuesto para reflejar la luz hacia el colimador. El segundo espejo puede configurarse para su uso con una segunda fuente de luz. La segunda fuente de luz puede emitir un segundo haz de luz que tiene un segundo parámetro que es diferente del primer parámetro. El segundo espejo puede tener forma y estar dispuesto para hacer que una porción reflejada del segundo haz de luz tenga el primer parámetro. El primer espejo y la primera fuente de luz y el segundo espejo y la segunda fuente de luz pueden utilizarse por separado con el colimador.

15 Otro aspecto de la presente divulgación está dirigido a un sistema de iluminación oftálmica que incluye una fuente láser de supercontinuo que emite un haz de luz. El sistema también puede incluir un espejo que refleja una porción del haz de luz. El espejo puede ser un espejo dicróico hiperbólico o un espejo dicróico elíptico. El sistema también puede incluir un colimador acromático que tenga una pluralidad de lentes. La pluralidad de lentes puede transmitir la porción reflejada del haz de luz hacia el ojo de un paciente.

20 Un tercer aspecto de la divulgación se dirige a un método de fabricación de un sistema de iluminación oftálmica. El método puede incluir la selección de una fuente láser de supercontinuo de entre múltiples fuentes láser de supercontinuo. Cada una de las múltiples fuentes láser de supercontinuo puede estar dispuesta para emitir un haz de luz que tiene una apertura numérica respectiva. El método también puede incluir la selección de un espejo dicróico de entre múltiples espejos dicróicos, basándose en la fuente láser de supercontinuo seleccionada. Al menos un parámetro asociado con una forma de cada uno de los espejos dicróicos puede ser diferente. El método también puede incluir la obtención de un colimador acromático que tiene múltiples lentes. El espejo seleccionado puede configurarse para reflejar una porción del haz de luz hacia el colimador acromático. El método también puede incluir la disposición de la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado de manera que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma apertura numérica para cada combinación de la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado.

Los diversos aspectos de la divulgación pueden incluir una o más de las siguientes características. El colimador puede comprender un colimador acromático. Al menos uno de entre el primer espejo y el segundo espejo puede comprender un espejo dicróico hiperbólico. El colimador y al menos uno de entre el primer espejo y el segundo espejo pueden estar dispuestos dentro de una consola quirúrgica. El primer espejo puede estar dispuesto dentro de una primera carcasa, el segundo espejo puede estar dispuesto dentro de una segunda carcasa y al menos una de entre la pluralidad de lentes del colimador puede estar dispuesta dentro de una tercera carcasa. La primera carcasa y la segunda carcasa pueden tener un tamaño y una forma que permitan acoplarse de forma intercambiable a la tercera carcasa. El primer y segundo parámetros pueden ser una primera y segunda aperturas numéricas, respectivamente. El primer espejo puede estar separado de la primera fuente de luz por una primera distancia, y el segundo espejo puede estar separado de la segunda fuente de luz por una segunda distancia. El sistema puede incluir además la primera y segunda fuentes de luz. La primera y segunda fuentes de luz se pueden utilizar por separado con el colimador. Al menos una de entre la primera y segunda fuentes de luz puede ser una fuente láser de supercontinuo. Al menos uno de entre el primer espejo y el segundo espejo puede comprender un espejo dicróico elíptico. El sistema puede incluir además una consola quirúrgica. La fuente láser de supercontinuo, el espejo y el colimador acromático pueden estar dispuestos dentro de la consola quirúrgica. El sistema puede incluir además un endoiluminador en comunicación con la consola quirúrgica. El endoiluminador puede suministrar la porción reflejada del haz de luz al ojo del paciente.

50 Los diversos aspectos de la divulgación también pueden incluir una o más de las siguientes características. La disposición de la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado puede incluir separar la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado a una primera distancia. Otra de las múltiples fuentes láser de supercontinuo y otro de los múltiples espejos pueden estar separados a una segunda distancia para que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma apertura numérica. La disposición de la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado puede incluir el acoplamiento del colimador acromático y una carcasa que comprende la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado. El espejo seleccionado puede estar dispuesto dentro de una primera carcasa, otro de los múltiples espejos puede estar dispuesto dentro de una segunda carcasa y las múltiples lentes del colimador acromático pueden estar dispuestas dentro de una tercera carcasa. La primera y segunda carcasas pueden configurarse para acoplarse por separado a la tercera carcasa. El espejo seleccionado puede comprender un espejo hiperbólico. El espejo seleccionado puede comprender un espejo elíptico.

65 Se debe entender que tanto la descripción general anterior como los siguientes dibujos y descripción detallada son de naturaleza ilustrativa y explicativa y pretenden proporcionar una comprensión de la presente divulgación sin limitar el alcance de la presente divulgación. En ese sentido, los aspectos, características y ventajas adicionales de la presente divulgación serán evidentes para un experto en la materia a partir de lo siguiente.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

5 Los dibujos adjuntos ilustran realizaciones de los sistemas, dispositivos y métodos divulgados en el presente documento y que, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la presente divulgación.

La Figura 1 es una ilustración de un sistema quirúrgico oftálmico de ejemplo.

10 La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema quirúrgico oftálmico de ejemplo.

La Figura 3 es una ilustración de un subsistema de iluminación de ejemplo que incluye un espejo hiperbólico.

La Figura 4 es una ilustración de una porción de un subsistema de iluminación de ejemplo.

15 La Figura 5 es una ilustración de un subsistema de iluminación similar al de la Figura 4 pero anotado para mostrar características de un espejo hiperbólico.

20 La Figura 6 es una ilustración de un subsistema de iluminación similar al de la Figura 3 pero que incluye un espejo elíptico.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo de fabricación de un sistema de iluminación oftálmica.

25 Estas figuras se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción detallada.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

30 Con el fin de promover la comprensión de los principios de la presente divulgación, ahora se hará referencia a las implementaciones ilustradas en los dibujos, y se utilizará un lenguaje específico para describir las mismas. No obstante, se comprenderá que no se pretende limitar el alcance de la divulgación. Se contemplan plenamente todas las alteraciones y modificaciones adicionales a los dispositivos, instrumentos, métodos descritos y cualquier aplicación adicional de los principios de la presente divulgación, tal como se le ocurriría normalmente a un experto en la materia a la que se refiere la divulgación. En particular, se contempla plenamente que las características, componentes y/o etapas descritos con referencia a una o más implementaciones pueden combinarse con las características, componentes y/o etapas descritos con referencia a otras implementaciones de la presente divulgación. En aras de la simplicidad, en algunos casos se utilizan los mismos números de referencia en los dibujos para hacer referencia a partes iguales o similares.

40 La presente divulgación se refiere en general a dispositivos, sistemas y métodos para garantizar que un haz de láser que entra en un colimador en un sistema de iluminación oftálmica tenga la misma o sustancialmente la misma apertura numérica ("NA") independientemente de la fuente de supercontinuo de la que se origina el rayo. Un espejo dicróico con forma hiperbólica o elíptica se coloca en relación con la fuente de luz de manera que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma NA aunque las NA de los haces emitidos por las múltiples fuentes de supercontinuo sean diferentes. La forma del espejo y la distancia entre el espejo y la fuente de luz se pueden seleccionar para lograr la misma NA para todas las combinaciones de espejo/fuente de luz.

50 Los dispositivos, sistemas y métodos de la presente divulgación proporcionan numerosas ventajas. En particular, la fabricación en línea de montaje del sistema de iluminación oftálmica se simplifica porque muchos componentes del sistema, tal como el colimador, pueden permanecer iguales independientemente de las diferentes fuentes de supercontinuo. Dado que se utiliza el mismo colimador, se pueden disfrutar las ventajas del colimador para múltiples fuentes de supercontinuo. Estas ventajas incluyen una buena colimación acromática con un frente de onda colimado limitado por difracción cercana y un diámetro del haz colimado que es virtualmente constante con la longitud de onda. Estas ventajas permiten obtener una alta eficiencia de acoplamiento incluso aunque se utilicen diferentes fuentes de supercontinuo. Además, los sistemas descritos en el presente documento mitigan la pérdida no deseada de transmitancia dentro de la fibra óptica debido a que los rayos de alto ángulo se pierden en el revestimiento y proporcionan además un perfil angular deseado para el haz de salida. Las ventajas también proporcionan a una persona, tal como un fabricante, una mayor flexibilidad a la hora de elegir entre fuentes de supercontinuo, basándose en, por ejemplo, el coste, la disponibilidad y otros factores, sin sacrificar el rendimiento.

60 La Figura 1 ilustra un sistema quirúrgico oftálmico de ejemplo 100. El sistema 100 incluye una consola quirúrgica 102, una sonda 112 y un iluminador 114. La sonda 112 y el iluminador 114 pueden estar colocados al menos parcialmente dentro del campo quirúrgico o sitio quirúrgico mientras un usuario realiza tareas quirúrgicas en el ojo de un paciente. El sistema 100 se puede utilizar para realizar diversos procedimientos quirúrgicos oftálmicos, incluyendo un procedimiento del segmento anterior, un procedimiento del segmento posterior, un procedimiento vitreoretiniano, un procedimiento de vitrectomía, un procedimiento de cataratas y/u otros procedimientos deseados. La consola quirúrgica 102 incluye una carcasa de base móvil 103 y una pantalla de visualización asociada 104 que muestra datos

relacionados con el funcionamiento y el rendimiento del sistema durante un procedimiento. Se puede insertar una porción distal de la sonda 112 en el ojo para tratar una condición óptica. Por ejemplo, la sonda 112 puede ser una sonda de corte, una sonda de vitrectomía, una sonda de facoemulsificación, una sonda láser, una sonda de ablación, una sonda de vacío, una sonda de lavado, tijeras, fórceps, un dispositivo de infusión, un dispositivo de aspiración y/u otro dispositivo quirúrgico adecuado. El iluminador 114 puede tener una porción distal configurada para insertarse en el ojo e iluminar el tejido dentro del ojo durante el procedimiento quirúrgico. Por ejemplo, el iluminador 114 puede ser una lámpara oftálmica, un iluminador puntual, un endo-iluminador, una fuente de luz de fibra óptica y/u otro dispositivo de iluminación quirúrgica adecuado. El iluminador 114 puede proporcionar luz brillante, de fondo, de banda ancha y/o blanca para iluminar el campo quirúrgico. Aunque la sonda 112 y el iluminador 114 se muestran como componentes distintos, se entiende que los dos pueden estar integrados en un solo instrumento quirúrgico en algunas implementaciones.

La consola quirúrgica 102 incluye un sistema de control 110 que está acoplado de forma comunicativa a la sonda 112 y/o al iluminador 114. Por ejemplo, líneas de suministro neumáticas, ópticas y/o eléctricas pueden extenderse entre y acoplar de forma comunicativa el sistema de control 110 y la sonda 112, y/o el iluminador 114. En algunas implementaciones, las líneas de suministro pueden facilitar el control y la monitorización al transmitir también señales de control, señales de estado y/u otros datos entre la consola quirúrgica 102 y la sonda 112 y/o el iluminador 114.

Una implementación a modo de ejemplo del sistema quirúrgico oftálmico 100, que incluye una estructura adicional del sistema de control 110, se ilustra en el diagrama de bloques de la Figura 2. La implementación ilustrada del sistema de control 110 incluye un dispositivo informático 202, un subsistema de sonda 210 y un subsistema de iluminación 220. En algunas implementaciones, incluyendo la implementación mostrada, el dispositivo informático 202 está integrado en la consola quirúrgica 102 mientras que en otras implementaciones el dispositivo informático 202 puede ser distinto y estar separado de la consola 102. El dispositivo informático 202 incluye un circuito de procesamiento que tiene uno o más procesadores 204 y memoria 206. El procesador 204 puede ejecutar instrucciones informáticas, tal como aquellas almacenadas en la memoria 206, para controlar varios subsistemas y sus dispositivos quirúrgicos asociados. La memoria 206, que normalmente es una memoria semiconductora, tal como RAM, FRAM o memoria flash, interactúa con el procesador 204. Como tal, el o los procesadores 204 pueden escribir a y leer desde la memoria 206, y realizar otras funciones comunes asociadas con la gestión de la memoria semiconductora 206. El o los circuitos de procesamiento del dispositivo informático 202 pueden ser circuitos integrados con pines de alimentación, entrada y salida capaces de realizar funciones lógicas. En diversas implementaciones, el procesador 204 es un controlador de dispositivo dirigido, un microprocesador configurado para controlar uno o más componentes del sistema quirúrgico 100 y/o una combinación de los mismos. Por ejemplo, el procesador 204 puede generar y transmitir señales de control para controlar la activación y desactivación del subsistema de iluminación 220 y/o del iluminador 114, así como la intensidad, longitud de onda y/u otras características de la luz emitida por el subsistema de iluminación 220.

El subsistema de sonda 210 puede incluir diversos componentes que facilitan el funcionamiento de la sonda 112. En algunas implementaciones, el subsistema de sonda 210 puede estar en comunicación eléctrica con el dispositivo informático 202. En una implementación donde la sonda 112 es una sonda accionada neumáticamente, cuando la sonda 112 se acciona neumáticamente, el subsistema de sonda 210 puede incluir una fuente de presión neumática y/o un controlador de sonda. En otras implementaciones, el subsistema de sonda 210 puede incluir diversos componentes mecánicos, eléctricos, piezoeléctricos, ópticos y/u otros para el funcionamiento de la sonda 112.

El subsistema de iluminación 220 incluye una fuente de luz 222a, un espejo 224a y un colimador 226. La fuente de luz 222a genera y/o proporciona de otro modo luz al iluminador 114 a través de un conducto 113, tal como una fibra óptica. El conducto 113 puede funcionar para transmitir luz, señales ópticas, señales eléctricas y/o datos entre el subsistema de iluminación 220 y el iluminador 114 en diferentes implementaciones. La fuente de luz 222a puede estar en comunicación eléctrica con el dispositivo informático 202 y en comunicación eléctrica y/u óptica con el iluminador 114. La fuente de luz 222a puede estar integrada en la consola quirúrgica 102, como se muestra en la Figura 2, o puede ser distinta y estar separada de la consola quirúrgica 102 en otras implementaciones. En una implementación a modo de ejemplo, la fuente de luz 222a es una fuente láser de supercontinuo capaz de proporcionar luz brillante, de banda ancha y/o blanca al iluminador 114 para iluminar el campo quirúrgico. Aunque la fuente de luz 222a se describe principalmente como una fuente de supercontinuo, la presente divulgación contempla que la fuente de luz 222a puede incluir cualquier fuente de luz adecuada para producir un haz de luz que puede condensarse en una fibra óptica, como se analiza a continuación.

El espejo 224a puede estar configurado para reflejar la luz desde la fuente de luz 222a hacia el colimador 226. En algunas implementaciones, el espejo 224a es un espejo dicróico que interactúa con diferentes frecuencias de luz de forma diferente. Por ejemplo, el espejo 224a puede ser un espejo dicróico que interactúa con la luz en el espectro visible de forma diferente a la luz en el espectro infrarrojo ("IR"). El espejo 224a puede ser un espejo frío que transmite toda o una porción de la luz en el espectro IR y refleja toda o una porción de la luz en el espectro visible. El espejo 224a puede ser un espejo caliente que transmite toda o una porción de la luz en el espectro visible y refleja toda o una porción de la luz en el espectro IR. El espejo 224a puede ser un espejo dicróico plano, un espejo dicróico hiperbólico, un espejo dicróico elíptico y/o un espejo dicróico de otra forma adecuada. Como se describe con mayor detalle a continuación, el espejo 224a puede estar separado de la fuente de luz 222a o de una fibra óptica que transmite luz desde la fuente de luz 222a mediante una distancia seleccionada.

El colimador 226 puede incluir una pluralidad de lentes configuradas para alinear la luz emitida por la fuente de luz 222a. En algunas implementaciones, el colimador 226 es un colimador acromático capaz de colimar haces de luz que tienen componentes de diferentes longitudes de onda.

5 El haz de luz transmitido por la fuente de luz 222a puede caracterizarse por un ángulo medio cónico o apertura

$$NA_a = \sin \left( \frac{1}{2} \cdot \text{ángulo medio cónico} \right)$$

numérica ("NA"). Formalmente, . Diferentes fuentes de luz, tal como las fuentes de luz 222b y 222c, pueden tener diferentes aperturas numéricas  $NA_b$  y  $NA_c$ , respectivamente. En una implementación a modo de ejemplo, una consola quirúrgica dada, tal como la consola quirúrgica 102, incluye una fuente de luz 222a y un espejo 224a. Uno o más componentes del subsistema de iluminación 220, tal como el colimador 226, pueden seleccionarse, dimensionarse, conformarse, colocarse y/o disponerse de otro modo para un funcionamiento eficiente con un haz de luz que tiene una NA particular. Como resultado, el uso de estos componentes del subsistema de iluminación 220, tal como el colimador 226, con diferentes fuentes de luz 222b, 222b no es deseable debido al impacto adverso en la eficiencia de acoplamiento, la pérdida no deseada de transmitancia dentro de la fibra debido a que los rayos de alto ángulo se pierden en el revestimiento y/o un perfil angular no deseado del haz de salida.

Generalmente, las fuentes de luz 222a, 222b y 222c pueden haber emitido NA de haces de  $NA_a$ ,  $NA_b$ , y  $NA_c$ , respectivamente. Los haces de luz reflejados en el espejo (por ejemplo, el espejo 224a, 224b o 224c) pueden tener NA de haces de  $NA'_a$ ,  $NA_b$ ,  $NA'_c$ , respectivamente. En general, las NA cebadas no necesariamente son iguales a las NA no cebadas. Sin embargo, para una fuente de luz dada y un espejo dicróico plano, entonces  $NA'_a = NA_a$ . En algunas implementaciones, el colimador 226 puede configurarse para trabajar de forma eficiente con la  $NA_a$  de la fuente de luz 222a. En dichas implementaciones, el espejo 224a puede ser un espejo dicróico plano de modo que  $NA'_a = NA_a$ . En otras implementaciones, aunque el colimador 226 puede estar diseñado para utilizarse con luz con  $NA_a$ , las fuentes de luz 222b, 222c pueden implementarse en combinación con los espejos 224b, 222c, respectivamente. Las fuentes de luz 222b, 222c y/o los espejos 224b, 224c pueden estar dimensionados, conformados, colocados, dispuestos y/o configurados diferentes de modo que el haz reflejado que ingresa al colimador 226 tenga la misma  $NA_a$  con la que el colimador 226 está diseñado para trabajar. Es decir, cuando se implementan con fuentes de luz 222b, 222c, los espejos 224b, 224c pueden configurarse para proporcionar una transformación limitada por difracción del frente de onda del haz reflejado en la  $NA_a$  asociada con la fuente de luz 222a. De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, los espejos 222b y 222c pueden ser un espejo dicróico hiperbólico o elíptico para garantizar que  $NA_b = NA_a$  y  $NA'_c = NA_a$ . Por consiguiente, independientemente de la combinación particular de fuente de luz/espejo utilizada, la luz reflejada que entra en el colimador 226 tiene la misma NA.

Los espejos 224b, 224c pueden ser un espejo dicróico hiperbólico, un espejo dicróico elíptico, un espejo dicróico plano y/o un espejo dicróico de otra forma adecuada en diversas implementaciones. El tamaño, los parámetros y/o la prescripción que definen la forma de los espejos 224b, 224b pueden ser diferentes para tener en cuenta las diferentes  $NA_b$ ,  $NA_c$  de las fuentes de luz 222b, 222c. La distancia entre el espejo 224b y la fuente de luz 222b, así como la distancia entre el espejo 224c y la fuente de luz 222c, pueden ser diferentes a la distancia entre el espejo 224a y la fuente de luz 222a para tener en cuenta las diferentes  $NA_b$ ,  $NA_c$  de las fuentes de luz 222b, 222c. De este modo, se pueden incorporar diferentes fuentes de luz 222b, 222c a la consola quirúrgica 102 sin necesidad de cambiar el colimador 226 u otros componentes ópticos del subsistema de iluminación 220.

La Figura 3 ilustra un ejemplo de implementación del subsistema de iluminación 220. Uno o más componentes ópticos pueden montarse o fijarse de otro modo a una placa base 302. La luz de la fuente de luz (por ejemplo, la fuente de luz 222a en la Figura 2) puede transmitirse a través de una fibra óptica 223a que está acoplada a una carcasa 334a en el puerto 225. El haz de luz 303 emitido por la fibra óptica 223a puede dirigirse hacia el espejo 224a, que está acoplado a y/o soportado por la carcasa 334a. El haz de luz 303 incluye luz en los espectros visible e IR. En implementaciones en las que el espejo 224a es un espejo frío dicróico, se puede reflejar toda o una porción de la luz en el espectro visible (por ejemplo, el haz filtrado 314). Toda o una porción de la luz del espectro IR (porción IR 316) pasa a través del espejo 224a. El espejo 224a puede estar orientado en un ángulo oblicuo con respecto a la fibra óptica 223a, de manera que la luz visible reflejada (haz filtrado 314) se dirija hacia la óptica posterior en el subsistema de iluminación 220 (por ejemplo, el colimador 226). La porción IR 316 pasa a través del espejo 224a e incide sobre la totalidad o una porción del dissipador de calor/dispersión del haz 304 que tiene aletas 306.

En algunas implementaciones, las restricciones de empaquetado, tal como la necesidad de tener la fibra 223a en una ubicación física diferente a la del colimador 226, pueden requerir que el espejo 224a esté inclinado en un ángulo fuera del eje con respecto al haz 303 emitido desde la fibra 223a. Como se indica en la Figura 5, el ángulo de incidencia  $\alpha$  medido entre la normal de un rayo central axial 331 en el haz 303 y una línea 333 normal al espejo 224a en un punto donde el rayo central axial 331 del haz incidente 330 intercepta el espejo 224a puede ser igual al ángulo de salida  $\alpha$  con respecto a la normal de ese mismo rayo cuando se refleja en el espejo dicróico 224a. Haciendo referencia nuevamente a la Figura 3, el espejo 224a puede estar colocado de diversas maneras con respecto a la fibra 223a en diferentes implementaciones de manera que el espejo 224a refleje la luz emitida por la fibra 223a hacia el colimador 226.

El haz filtrado 314, reflejado por el espejo 224a, puede dirigirse hacia y/o incidir sobre el colimador 226. El colimador 226 puede incluir ópticas capaces de generar un haz de luz colimado 320, incluyendo una pluralidad de lentes 319. La presente divulgación contempla que el colimador 226 puede comprender lentes, espejos, rejillas, filtros, cualquier óptica adecuada o combinación de ópticas operables para producir el haz de luz colimado 320. En algunas implementaciones, porciones del haz de luz reflejado por el espejo 224a y colimado por el colimador 226 tienen el mismo diámetro del haz colimado independientemente de la fuente de luz utilizada y sin variación basándose en la longitud de onda.

El haz de luz colimado 320 generado por el colimador 226 puede dirigirse a un condensador 322 configurado para enfocar o dirigir el haz de luz colimado 320 hacia una fibra óptica 324. La fibra óptica 324 puede ser un componente del iluminador 114 y/o estar en comunicación óptica con el iluminador 114, de manera que el haz de luz colimado 320 se transmita al campo quirúrgico. El condensador 322 puede incluir una o más lentes ópticas, espejos, rejillas, filtros, otros componentes ópticos y/o combinaciones de los mismos configurados para enfocar el haz de luz colimado 320 en la fibra óptica 324.

En algunas implementaciones, la orientación del colimador 226 con respecto al condensador 322 puede requerir que el haz de luz colimado 320 se redirija después de salir del colimador 226. Por ejemplo, el subsistema de iluminación 220 puede incluir un espejo plegable 326 configurado para reflejar el haz de luz colimado 320 hacia el condensador 322. En algunas implementaciones, se puede proporcionar un espejo 328 en el subsistema de iluminación 220 para filtrado IR adicional. El espejo 328 puede ser un espejo caliente recubierto, de manera que toda o una porción de la luz IR restante del haz de luz colimado 320 (luz IR residual 330) se refleja mientras que la porción visible 332 del haz de luz colimado 320 pasa a través del condensador 322. El espejo 328 puede estar orientado de manera que la luz IR residual reflejada 330 se dirija hacia el disipador de calor/dispersión del haz 304.

El colimador 226 incluye una carcasa distal 350, una carcasa proximal 334a, las lentes colimadoras 319 y el espejo 224a. Aunque la implementación ilustrada muestra una carcasa de dos partes, el colimador 226 puede tener una carcasa unitaria de una parte o una carcasa de varias partes con más de dos partes en diferentes implementaciones. La carcasa distal 350 y la carcasa proximal 334a pueden acoplarse entre sí de forma extraíble/intercambiable para ensamblar el colimador 226. Por ejemplo, cada una de la carcasa distal 350 y la carcasa proximal 352a puede incluir roscas correspondientes para facilitar la unión. En otras implementaciones, se puede utilizar un soporte u otro componente mecánico para acoplar de forma extraíble/intercambiable la carcasa distal 350 y la carcasa proximal 334a.

El espejo 224a puede estar acoplado a y/o soportado por la carcasa proximal 334a. Una o más lentes 319 pueden estar dispuestas dentro, acopladas a y/o soportadas por una, la otra o ambas de la carcasa distal 350 y la carcasa proximal 334a. En algunas implementaciones, todas las lentes del colimador están dispuestas dentro de la carcasa distal 350 y la carcasa proximal 334a no incluye lentes. El colimador 226 también puede incluir el puerto 225 al cual una porción distal de la fibra de fuente de luz 223a está acoplada de forma mecánica y/o óptica.

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se pueden utilizar diferentes fuentes de luz y diferentes espejos con el mismo colimador 226, manteniendo al mismo tiempo una alta eficiencia de acoplamiento, evitando una pérdida no deseada de transmitancia dentro de la fibra debido a que los rayos de alto ángulo se pierden en el revestimiento, y/o logrando un perfil angular deseado del haz de salida. Por ejemplo, durante el ensamblaje del subsistema de iluminación 220, un fabricante puede elegir entre múltiples combinaciones de fuente de luz/espejo para su uso con el colimador 226. Por ejemplo, la Figura 3 ilustra una carcasa proximal alternativa 334b que puede reemplazar la carcasa proximal 334a en el subsistema de iluminación 220. Por ejemplo, la carcasa proximal 334b puede estar acoplada a la carcasa distal 350 en lugar de a la carcasa proximal 334a. Una fibra óptica 223b puede transmitir luz desde una fuente de luz (por ejemplo, la fuente de luz 222b en la Figura 2) que es diferente de la fuente de luz 222a asociada con la fibra óptica 223a. La fibra óptica 223b está acoplada al puerto 225 de la carcasa proximal 334b. La luz emitida por la fibra óptica 223b se dirige hacia el espejo 224b, que está acoplado a y/o soportado por la carcasa proximal 334b. El espejo 224b puede ser un espejo dicróico hiperbólico, elíptico, plano y/o de otra forma adecuada que transmite luz IR y refleja luz visible.

Como se describe de manera similar con respecto a la carcasa proximal 334a, la carcasa proximal 334b puede configurarse para acoplarse de manera extraíble/intercambiable con la carcasa distal 350. Aunque algunos componentes del subsistema de iluminación 220 se describen como que se pueden acoplar de manera extraíble/intercambiable, se entiende que en algunas implementaciones, los componentes no están destinados a separarse después de que se haya fabricado el subsistema de iluminación 220. En ese sentido, la naturaleza extraíble o intercambiable de los componentes puede referirse a la capacidad de un fabricante de seleccionar de entre múltiples componentes para ensamblar el subsistema de iluminación 220. Es decir, un fabricante puede optar por acoplar la carcasa distal 350 a cualquiera de los múltiples componentes diferentes, tal como las carcasas proximales 334a, 334b.

Aunque los haces de luz de las fuentes de luz 222a, 222b tienen diferentes NA, el espejo 224b puede estar colocado, dimensionado, conformado, dispuesto y/o configurado de otra forma, de manera que la luz reflejada desde el espejo 224b tenga la misma o sustancialmente la misma NA con la que el colimador 226 está configurado para trabajar. Por ejemplo, los parámetros específicos o la prescripción que definen las características hiperbólicas o elípticas del espejo 224b pueden tener en cuenta las diferentes NA de las fuentes de luz 222a, 222b. También, la fibra óptica 223a y el

5 espejo 224a pueden estar separados por una primera distancia mientras que la fibra óptica 223b y el espejo 224b pueden estar separados por una segunda distancia, que puede ser diferente de la primera distancia, para tener en cuenta las diferentes NA asociadas con las fuentes de luz 222a, 222b. Las fuentes de luz 222a, 222b, las fibras ópticas 223a, 223b y/o los espejos 224a, 224b pueden estar acoplados y/o soportados de otro modo por las carcasas proximales 334a, 334b, respectivamente, para facilitar la separación apropiada entre los componentes.

10 La Figura 4 ilustra una porción del subsistema de iluminación 220 que incluye el espejo 224a. El espejo 224a incluye dos caras 410a, 410b. En diversas implementaciones, una, la otra o ambas caras 410a, 410b pueden ser planas, hiperbólicas, elípticas y/o tener otra forma adecuada. En la implementación ilustrada, las caras hiperbólicas 410a, 410b pueden tener una inclinación superficial con respecto a una superficie plana de entre aproximadamente 1 μm y aproximadamente 20 μm, aproximadamente 5 μm y aproximadamente 15 μm, y aproximadamente 10 μm y aproximadamente 15 μm, incluyendo valores tales como 12 μm, 13 μm, 13,5 μm, 13,7 μm, 13,9 μm, 14 μm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

15 La ubicación de la fuente 402 puede identificar la ubicación real o efectiva desde la cual se transmite la luz 303 de la fuente de luz 222a hacia el espejo 224a. Por ejemplo, la ubicación de la fuente 402 puede corresponder al extremo distal de la fibra óptica 223a, al puerto 225 o a la ubicación de la propia fuente de luz 222a. El espejo 224a puede estar separado de la ubicación de la fuente 402 por una distancia *d*. La distancia *d* puede variar para los espejos 224a, 224b y 224c. Por ejemplo, la distancia *d* puede estar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 10 mm, aproximadamente 1 mm y aproximadamente 7 mm, y aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm, incluyendo valores tales como 3 mm, 3,2 mm, 3,5 mm, 3,8 mm, 4 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. En algunas implementaciones, la distancia *d* y la NA de la fuente de luz pueden estar inversamente relacionadas. Por consiguiente, el espejo 224a y la ubicación de la fuente 402 pueden estar separados por una distancia *d* relativamente menor cuando se utiliza una fuente de luz que tiene una NA relativamente mayor (y viceversa). Como se describe a continuación, en implementaciones en las que la distancia *d* varía, la distancia *e* puede permanecer igual.

20 La fuente virtual 404 puede indicar la ubicación desde la cual el haz filtrado 314 parece divergir. En ese sentido, aunque el haz filtrado 314 en realidad se refleja en el espejo 224a, el haz 314 parece divergir desde detrás del espejo 224a en la fuente virtual 404. La fuente virtual 404 está separada del espejo 224a por la distancia *e*. La ubicación y posición de la fuente virtual 404 pueden optimizarse para facilitar el acoplamiento eficiente del haz de luz. En algunas implementaciones, la distancia *e* puede ser la misma para los espejos 224a, 224b y 224c. Por ejemplo, la distancia *e* puede estar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 10 mm, aproximadamente 1 mm y aproximadamente 7 mm, y aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm, incluyendo valores tales como 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, 4,5 mm, 5 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. Por ejemplo, el espejo (por ejemplo, los espejos 224a, 224b, 224c) en diferentes implementaciones se pueden colocar en la misma ubicación con respecto al colimador 226 (por ejemplo, medido por la distancia del rayo axial central desde la superficie reflectante del espejo hasta la primera lente del colimador 319). En dichas circunstancias, para que las NA del haz reflejado de diferentes fuentes de luz (por ejemplo, las fuentes de luz 222b, 222c) sean iguales o sustancialmente similares a la NA del haz con la que el colimador 226 está diseñado para trabajar (por ejemplo,  $NA'_b = NA_a$  y  $NA'_c = NA_a$ ), entonces la distancia *e* puede ser la misma para todos los espejos 224a, 224b y 224c. Para las implementaciones en las que las NA del haz emitido de diferentes fuentes de luz son diferentes, entonces cada distancia *d* entre el espejo y la fuente de luz puede ser diferente, como se ha descrito anteriormente.

25 La Figura 5 ilustra una porción del subsistema de iluminación 220 como en la Figura 4. La Figura 5 incluye adicionalmente varias anotaciones que indican valores utilizados para calcular los parámetros específicos de las superficies hiperbólicas 410a, 410b del espejo 224a. Los parámetros del espejo 224a pueden seleccionarse para facilitar la transformación del haz reflejado en una NA común para múltiples fuentes de supercontinuo. Formalmente,

30 la forma de una o ambas caras 410a, 410b puede definirse por  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ . El parámetro *a* puede definirse por  $\frac{f_2 - f_1}{2}$

35 , donde *f*<sub>1</sub> es la distancia entre la ubicación de la fuente 402 y el espejo 224a a lo largo del eje *z* y *f*<sub>2</sub> es la distancia entre el espejo 224a y la fuente virtual 404 a lo largo del eje *z*. En algunas implementaciones, el parámetro *a* puede estar entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 1 mm, o entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 0,5 mm, incluyendo valores tales como 0,200 mm, 0,300 mm, 0,400 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. En algunas implementaciones, el parámetro *f*<sub>1</sub> puede estar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm, o entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 3 mm, incluyendo valores tales como 2,500 mm, 2,700 mm, 2,710 mm, 2,720 mm, 2,722 mm, 2,724 mm, 2,726 mm, 2,730 mm, y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. En algunas implementaciones, el parámetro *f*<sub>2</sub> puede estar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm, o entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 5 mm, incluyendo valores tales como 3,500 mm, 3,510 mm, 3,520 mm, 3,522 mm, 3,524 mm, 3,526 mm, 3,530 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

40 El parámetro *b* puede definirse por  $\sqrt{c^2 - a^2}$ , donde  $c = \frac{f_1 + f_2}{2}$ , que es la mitad de la distancia entre el punto de fuente 402 y el punto de fuente virtual 404. En algunas implementaciones, el parámetro *b* puede estar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm, o entre aproximadamente 2,5 mm y aproximadamente 3,5 mm,

incluyendo valores tales como 2,900 mm, 3,000 mm, 3,095 mm, 3,098 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. En algunas implementaciones, el parámetro  $c$  puede estar entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm, o entre aproximadamente 2,5 mm y aproximadamente 3,5 mm, incluyendo valores tales como 3,000 mm, 3,100 mm, 3,120 mm, 3,122 mm, 3,124 mm, 3,126 mm, 3,130 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

Un parámetro  $R$  puede definirse por:  $\frac{b^2}{a}$ , que representa el radio de curvatura base asociado con las superficies hiperbólicas 410a, 410b. En algunas implementaciones, el parámetro  $R$  puede estar entre aproximadamente -10 mm y aproximadamente -30 mm, o entre aproximadamente -20 mm y aproximadamente -25 mm, incluyendo valores tales como -23,00 mm, -24,00 mm, -25,00 mm y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

Un parámetro  $k$  puede definirse por  $-1 - \frac{b^2}{a^2}$ , que representa la constante cónica asociada con las superficies hiperbólicas 410a, 410b. El parámetro  $k$  puede referenciarse como el grado de desviación de una superficie puramente esférica. En algunas implementaciones, el parámetro  $k$  puede estar entre aproximadamente -40 y aproximadamente -70, o entre aproximadamente -55 y aproximadamente -65, incluyendo valores tales como -60,00, -61,00, -62,00 y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

El ángulo  $\alpha$  puede describir el ángulo de incidencia de la luz sobre el espejo 224a medido entre el rayo axial central 331 del haz 303 de la fuente de luz y/o la fibra óptica asociada y una línea 33 normal al espejo 224 en un punto donde el rayo axial central 331 del haz incidente 330 intercepta el espejo 224a. El ángulo de incidencia  $\alpha$  puede ser igual al ángulo de salida  $\alpha$  con respecto a la normal de ese mismo rayo cuando se refleja en el espejo 224a. En algunas implementaciones, el ángulo  $\alpha$  puede estar entre aproximadamente 10° y aproximadamente 40°, o entre aproximadamente 25° y aproximadamente 35°, incluyendo valores tales como 29°, 30°, 31° y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. El ángulo  $\beta$  puede describir el ángulo entre la porción virtual del haz filtrado 314 y el eje  $z$ . En algunas implementaciones, el ángulo  $\beta$  puede estar entre aproximadamente 10° y aproximadamente 40°, o entre aproximadamente 20° y aproximadamente 30°, incluyendo valores tales como 26,20°, 26,30°, 26,33°, 26,35° y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores. El ángulo  $\gamma$  puede describir el ángulo entre la luz emitida desde la ubicación de la fuente 402 y el eje  $z$ . En algunas implementaciones, el ángulo  $\gamma$  puede estar entre aproximadamente 20° y aproximadamente 50°, o entre aproximadamente 30° y aproximadamente 40°, incluyendo valores tales como 33,50°, 33,65°, 33,67°, 33,69° y/u otros valores adecuados tanto mayores como menores.

La Figura 6 ilustra el subsistema de iluminación 220 similar al de la Figura 3. En este sentido, la Figura 6 incluye muchos componentes similares a los de la Figura 3, cuyas descripciones se omiten. El subsistema de iluminación de la Figura 3 incluye un espejo dicroico elíptico 602a. El espejo dicroico elíptico 602a está configurado para transmitir luz IR y reflejar luz visible en el haz 332. El espejo dicroico elíptico 602a también está configurado para proporcionar una transformación limitada por difracción del frente de onda del haz reflejado 314 en el mismo  $NA_a$  para múltiples fuentes de luz 222a, 222b y 222c. Una o más caras del espejo dicroico elíptico 602a pueden definirse por

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$$

. De manera similar a los espejos dicroicos hiperbólicos descritos en el presente documento, otros espejos elípticos, tal como, por ejemplo, espejos dicroicos elípticos, se pueden utilizar por separado con el colimador y diferentes fuentes de luz 222b, 222c. La distancia entre las fuentes de luz 222a, 222b, 222c (o las fibras ópticas 223a, 223b, etc.) y diversos espejos dicroicos elípticos puede variar para cada combinación para permitir que el haz reflejado tenga la misma  $NA_a$ . Los parámetros específicos (por ejemplo, el parámetro  $a$ , el parámetro  $b$ , etc.) de los diversos espejos dicroicos elípticos también pueden seleccionarse para diferentes fuentes de luz 222a, 222b y 222c. Con un espejo dicroico elíptico 602a, el haz filtrado 314 tiene un punto de convergencia 604 entre el espejo 602a y el colimador 226.

La Figura 7 ilustra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 700 de fabricación de un sistema de iluminación oftálmica. Como se ilustra, el método 700 incluye un número de etapas enumeradas, pero las implementaciones del método 700 pueden incluir etapas adicionales antes, después y entre las etapas enumeradas. En algunas implementaciones, una o más de las etapas enumeradas pueden omitirse o realizarse en un orden diferente.

En la etapa 710, el método 700 incluye seleccionar una fuente láser de supercontinuo de entre múltiples fuentes láser de supercontinuo. Cada una de las fuentes láser de supercontinuo emite un haz de luz que tiene una apertura numérica respectiva. En este sentido, las aperturas numéricas pueden ser mayores o menores entre sí. Por ejemplo, una primera fuente láser puede tener una NA a 650 nm en el  $1,3 \times 1/e^2$  puntos que son aproximadamente 0,1503. Una segunda fuente láser puede tener una NA aproximadamente un 25 % más grande que la primera fuente láser. Aunque se enumeran valores de NA particulares como ejemplos, se entiende que la presente divulgación contempla cualquier valor de NA adecuado.

En la etapa 720, el método 700 incluye seleccionar un espejo dicroico de entre múltiples espejos dicroicos. En algunas implementaciones, los espejos dicroicos tienen forma hiperbólica, elíptica y/o de otro modo adecuado. Al menos un

parámetro que define la forma puede ser diferente entre los múltiples espejos dicróicos. El espejo dicróico puede seleccionarse basándose en la fuente láser de supercontinuo seleccionada (etapa 710).

5 En la etapa 730, el método 700 incluye la obtención de un colimador acromático que tiene múltiples lentes. El espejo seleccionado (etapa 720) puede configurarse para reflejar una porción del haz de luz de la fuente láser de supercontinuo seleccionada (etapa 710) hacia el colimador acromático.

10 En la etapa 740, el método 700 incluye disponer la fuente láser de supercontinuo seleccionada (etapa 710) y el espejo seleccionado (etapa 720) de manera que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma apertura numérica para cada combinación de fuente láser de supercontinuo seleccionada y espejo seleccionado. Con referencia a las fuentes de luz de ejemplo descritas anteriormente, la fuente láser de supercontinuo y el espejo dicróico pueden disponerse de manera que la porción reflejada del haz de luz de la segunda fuente láser tenga la misma NA que la primera fuente láser. Esto es cierto incluso a pesar de que el haz emitido por la segunda fuente láser tiene una apertura numérica un 25 % mayor que la de la primera fuente láser. Para transformar el haz reflejado en una NA común, la etapa 740 puede incluir separar la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado una primera distancia. Otra de las múltiples fuentes láser de supercontinuo y otro de los múltiples espejos pueden estar separados una segunda distancia para que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma NA. La etapa 740 puede incluir el acoplamiento del colimador acromático y una carcasa que comprende la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado. La carcasa puede incluir o estar acoplada a al menos una porción de una fibra óptica asociada. En algunas implementaciones, el espejo seleccionado puede estar dispuesto dentro de una primera carcasa y las múltiples lentes del colimador acromático están dispuestas dentro de una tercera carcasa. Otro de los múltiples espejos puede estar dispuesto dentro de una segunda carcasa. La tercera carcasa con el colimador se puede acoplar por separado a la primera y segunda carcasa, basándose en el espejo seleccionado.

25 El método 700 puede incluir etapas adicionales en otras implementaciones, tal como la obtención de un condensador. La luz colimada puede dirigirse al condensador y hacia una fibra óptica asociada a un iluminador portátil. En algunas implementaciones, el método 700 incluye obtener un espejo de filtrado IR y colocar el espejo dentro del subsistema de iluminación para eliminar la luz IR mientras permite que pase la luz visible. El método 700 también puede incluir la instalación del subsistema de iluminación dentro de una consola quirúrgica y la realización de un procedimiento quirúrgico utilizando la consola quirúrgica.

35 Los expertos en la materia apreciarán que las implementaciones abarcadas por la presente divulgación no se limitan a las implementaciones de ejemplo particulares descritas anteriormente. En ese sentido, aunque se han mostrado y descrito implementaciones ilustrativas, en la divulgación anterior se contempla una amplia gama de modificaciones, cambios, combinaciones y sustituciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de iluminación oftálmica (220), que comprende:

5 un colimador (226) que comprende una lente;  
 una primera fuente de luz (222a) y una segunda fuente de luz (222b);  
 un primer espejo (224a) dispuesto para reflejar luz hacia el colimador, en donde el primer espejo está configurado para  
 su uso con la primera fuente de luz (222a), emitiendo la primera fuente de luz un primer haz de luz que tiene un primer  
 parámetro; y  
 10 un segundo espejo (224b) dispuesto para reflejar luz hacia el colimador, en donde el segundo espejo (224b) está  
 configurado para su uso con la segunda fuente de luz (222b), emitiendo la segunda fuente de luz un segundo haz de  
 luz que tiene un segundo parámetro que es diferente del primer parámetro, en donde el segundo espejo está  
 conformado y dispuesto para hacer que una porción reflejada del segundo haz de luz tenga el primer parámetro;  
 15 en donde el primer espejo (224a) y la primera fuente de luz (222a), y el segundo espejo (224b) y la segunda fuente de  
 luz (222b), se pueden utilizar por separado con el colimador;  
 en donde el primer y segundo parámetros son la primera y segunda aperturas numéricas, respectivamente.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el colimador (226) comprende un colimador acromático.

20 3. El sistema de la reivindicación 1, en donde al menos uno del primer espejo (224a) y del segundo espejo (224b)  
 comprende un espejo dicróico hiperbólico.

4. El sistema de la reivindicación 1, en donde el colimador y al menos uno del primer espejo y del segundo espejo  
 están dispuestos dentro de una consola quirúrgica (102).

25 5. El sistema de la reivindicación 1, en donde el colimador (226) comprende una pluralidad de lentes (319), en donde  
 el primer espejo (224a) está dispuesto dentro de una primera carcasa (334a), el segundo espejo está dispuesto dentro  
 de una segunda carcasa, y al menos una de la pluralidad de lentes del colimador está dispuesta dentro de una tercera  
 carcasa (350).

30 6. El sistema de la reivindicación 5, en donde la primera carcasa y la segunda carcasa tienen un tamaño y una forma  
 que permiten acoplarse de forma intercambiable a la tercera carcasa.

35 7. El sistema de la reivindicación 1, en donde el primer espejo (224a) está separado de la primera fuente de luz (222a)  
 por una primera distancia, y en donde el segundo espejo (224b) está separado de la segunda fuente de luz (222b) por  
 una segunda distancia.

8. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además la primera y segunda fuentes de luz (222a, 222b), en  
 donde la primera y segunda fuentes de luz se pueden utilizar por separado con el colimador.

40 9. El sistema de la reivindicación 9, en donde al menos una de la primera y segunda fuentes de luz (222a, 222b) es  
 una fuente láser de supercontinuo.

45 10. El sistema de la reivindicación 1, en donde al menos uno del primer espejo (224a) y el segundo espejo (224b)  
 comprende un espejo dicróico elíptico.

50 11. Un método (700) para fabricar un sistema de iluminación oftálmica (220) según cualquiera de las reivindicaciones  
 anteriores que comprende un colimador, un primer espejo para su uso con una primera fuente de luz, un segundo  
 espejo para su uso con una segunda fuente de luz, comprendiendo el método:

seleccionar (710) primera y segunda fuentes láser de supercontinuo de entre múltiples fuentes láser de supercontinuo,  
 estando cada una de las múltiples fuentes láser de supercontinuo dispuesta para emitir un haz de luz que tiene una  
 apertura numérica respectiva;

55 seleccionar (720) un primer y segundo espejos dicróicos de entre múltiples espejos dicróicos, en donde el primer  
 espejo dicróico se selecciona basándose en la primera fuente láser de supercontinuo seleccionada, en donde el  
 segundo espejo dicróico se selecciona basándose en la segunda fuente láser de supercontinuo seleccionada, al  
 menos un parámetro asociado con una forma de cada uno de los múltiples espejos dicróicos que es diferente de modo  
 que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma apertura numérica para la combinación de la primera fuente  
 láser de supercontinuo seleccionada y el primer espejo seleccionado que para otra combinación de la segunda fuente  
 60 láser de supercontinuo seleccionada de las múltiples fuentes láser de supercontinuo y el segundo espejo seleccionado  
 de los múltiples espejos dicróicos;

obtener (730) el colimador, en donde el colimador comprende un colimador acromático que comprende una lente, el  
 primer o segundo espejo seleccionado está configurado para reflejar una porción del haz de luz hacia el colimador  
 acromático; y

disponer (740) la combinación seleccionada de la primera o segunda fuente láser de supercontinuo y el primer o segundo espejo dicroico, de manera que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma apertura numérica para cada combinación de fuente láser de supercontinuo seleccionada y espejo seleccionado.

- 5 12. El método de la reivindicación 11, en donde la disposición (740) de la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado incluye separar la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado una primera distancia, en donde otra de las múltiples fuentes láser de supercontinuo y otro de los múltiples espejos está separado una segunda distancia para que la porción reflejada del haz de luz tenga la misma apertura numérica.
- 10 13. El método de la reivindicación 11, en donde la disposición (740) de la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado incluye acoplar el colimador acromático y una carcasa que comprende la fuente láser de supercontinuo seleccionada y el espejo seleccionado.
- 15 14. El método de la reivindicación 13, en donde el colimador acromático comprende múltiples lentes, y en donde el espejo seleccionado está dispuesto dentro de una primera carcasa, otro de los múltiples espejos está dispuesto dentro de una segunda carcasa, y las múltiples lentes del colimador acromático están dispuestas dentro de una tercera carcasa, estando configuradas la primera y segunda carcasas para acoplarse por separado a la tercera carcasa.
- 20 15. El método de la reivindicación 11, en donde el espejo seleccionado comprende (i) un espejo hiperbólico; o (ii) un espejo elíptico.

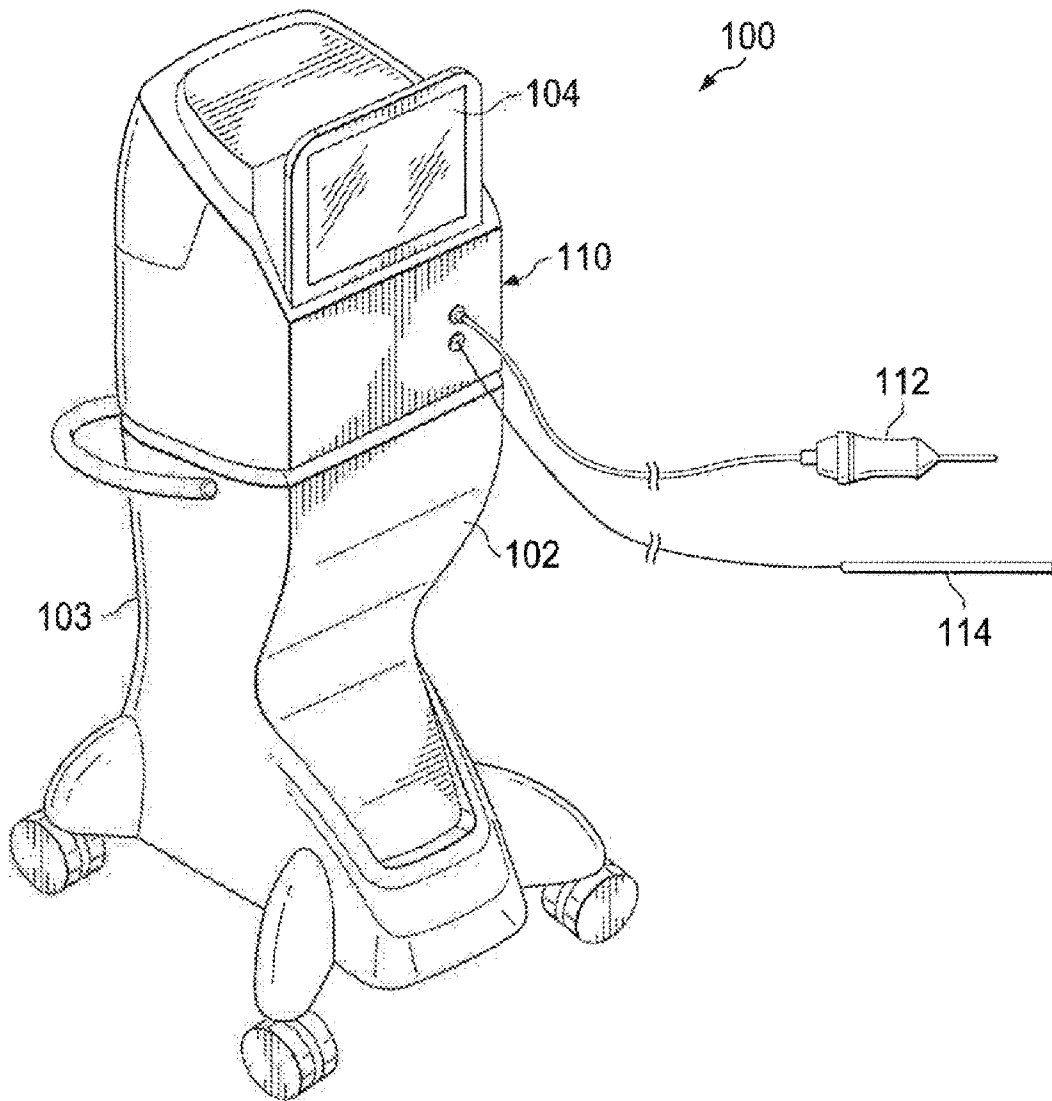


Fig. 1

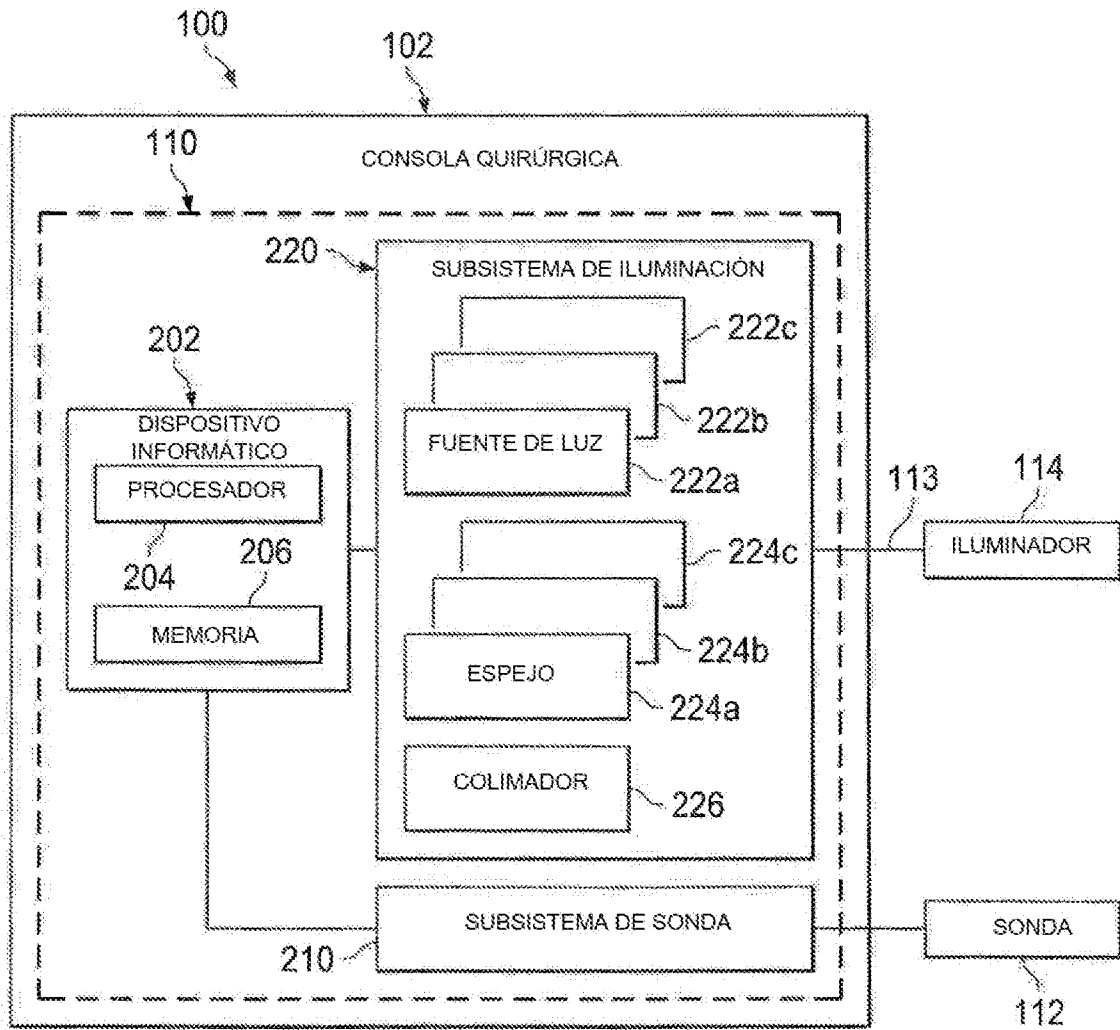


Fig. 2



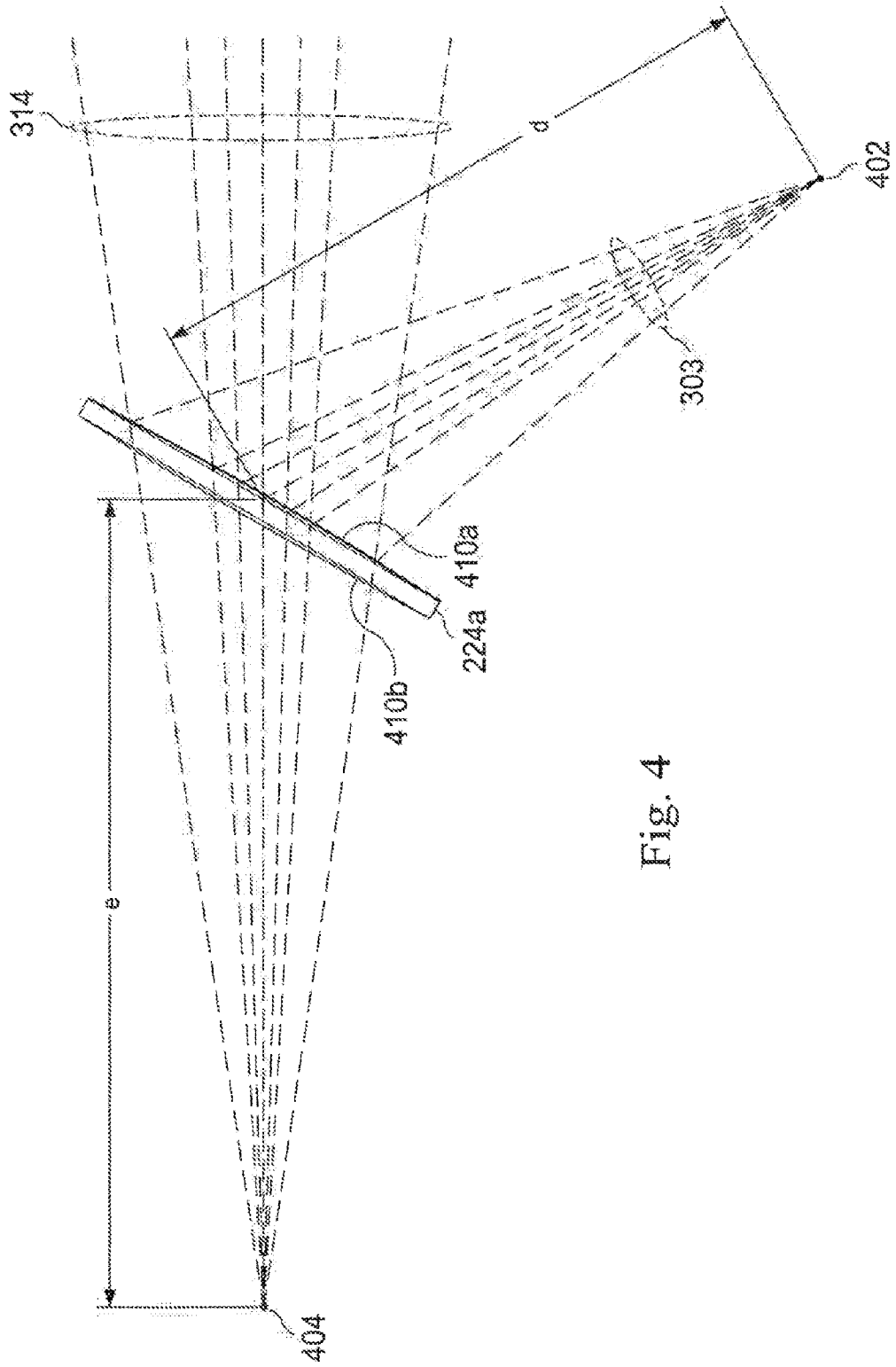


Fig. 4

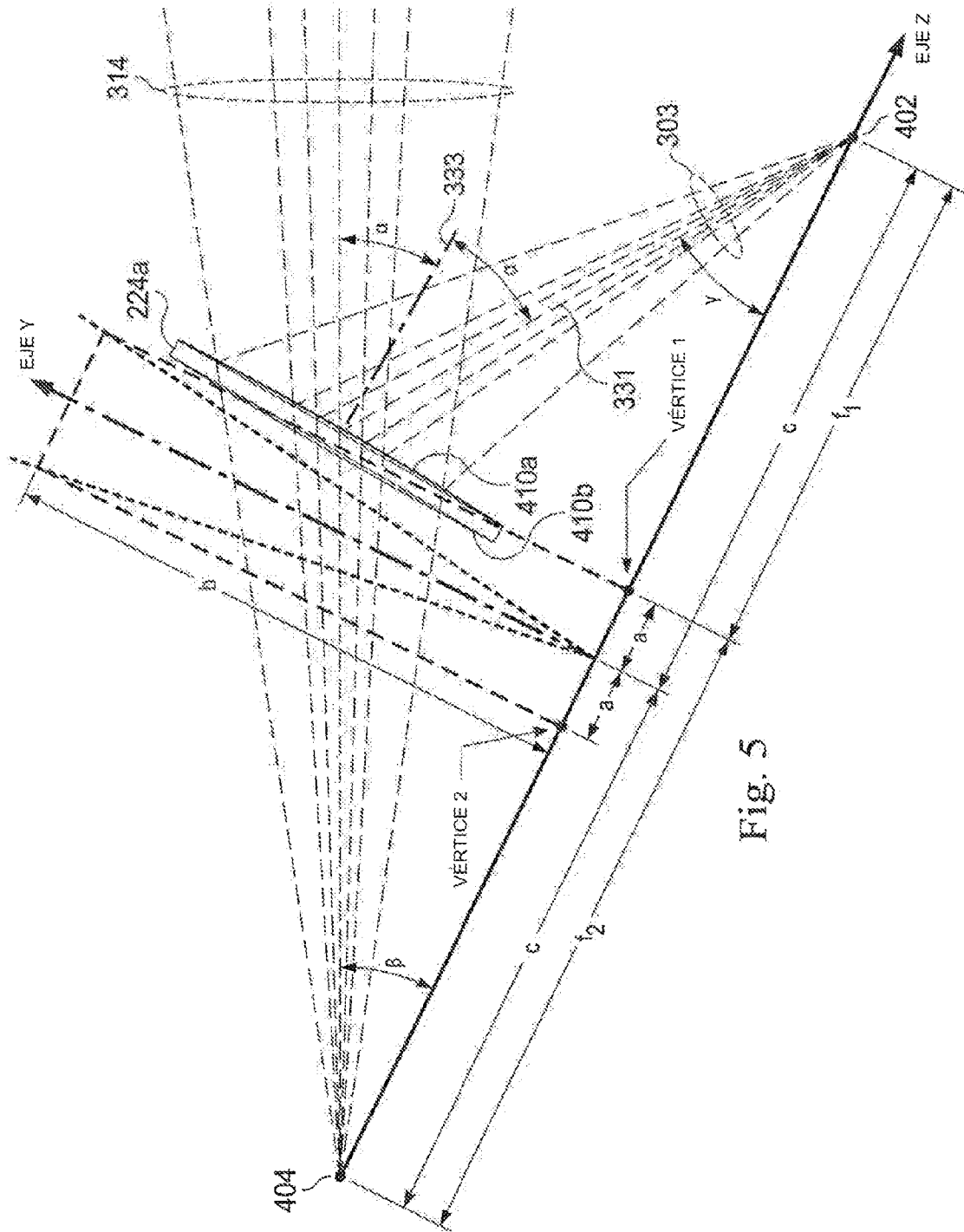
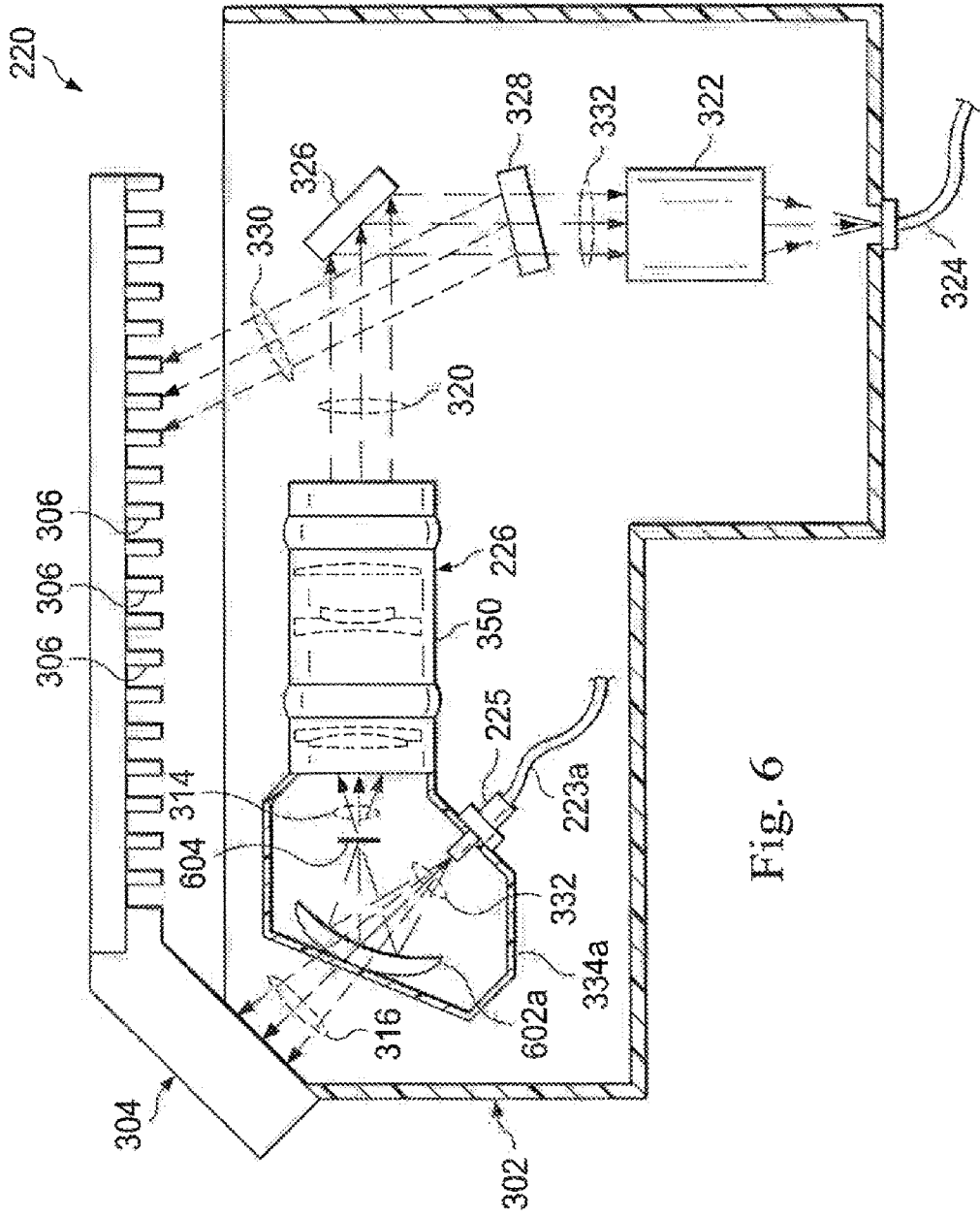


Fig. 5



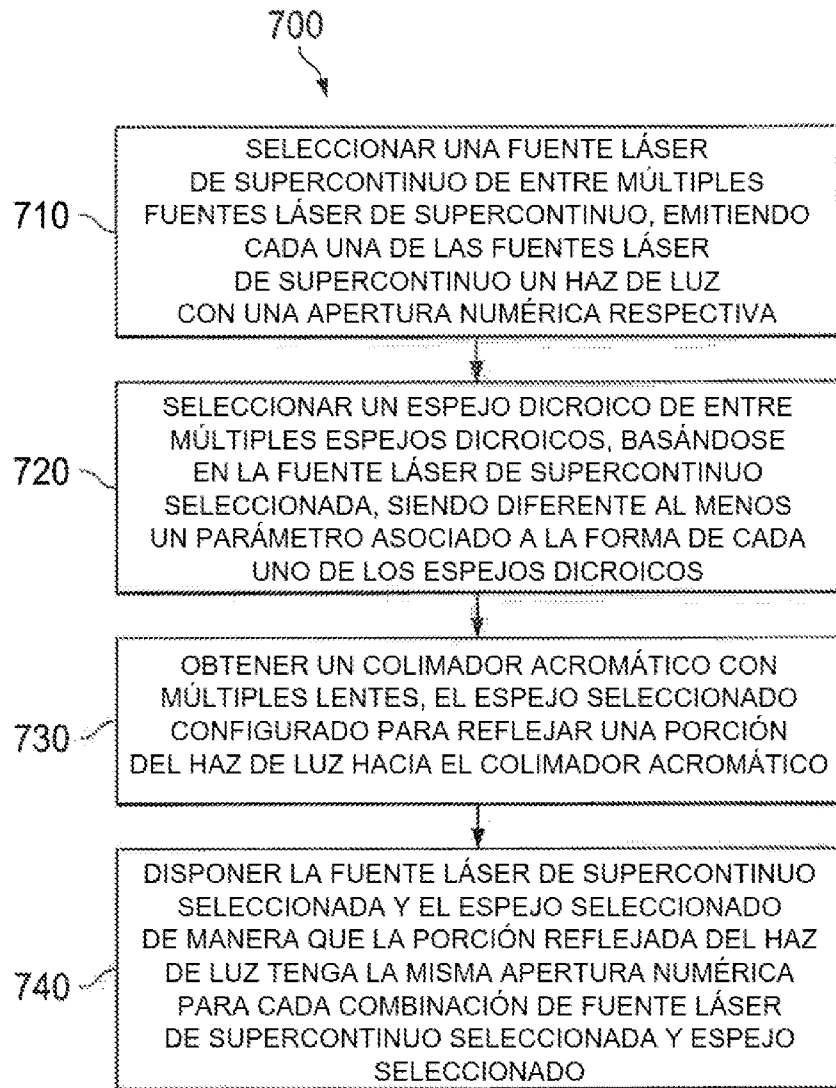


Fig. 7