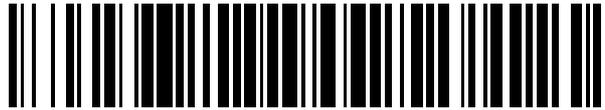


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 814**

51 Int. Cl.:

A61B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2010 E 10700664 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 2389133**

54 Título: **Endo-iluminación oftálmica que utiliza luz generada por fibra**

30 Prioridad:

21.01.2009 US 146173 P

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

03.04.2013

73 Titular/es:

**ALCON RESEARCH, LTD. (100.0%)
6201 South Freeway
Fort Worth, Texas 76134 , US**

72 Inventor/es:

**ARTSYUKHOVICH, ALEXANDER N.;
BUCZEK, MARK;
DACQUAY, BRUNO y
YADLOWSKY, MICHAEL J.**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 399 814 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

Endoiluminación oftálmica que utiliza luz generada por fibra.

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a un iluminador para uso en cirugía oftálmica y, más particularmente, a un endoiluminador oftálmico para producir una luz adecuada para iluminar el interior de un ojo.

10 **Antecedentes de la invención**

Anatómicamente, el ojo está dividido en dos partes distintas, el segmento anterior y el segmento posterior. El segmento anterior incluye el cristalino y se extiende desde la capa más exterior de la córnea (el endotelio corneal) hasta la parte posterior de la cápsula del cristalino. El segmento posterior incluye la porción del ojo detrás de la cápsula del cristalino. El segmento posterior se extiende desde la cara hialoidea anterior hasta la retina, con la que la cara hialoidea posterior del cuerpo vítreo está en contacto directo. El segmento posterior es mucho mayor que el segmento anterior.

El segmento posterior incluye el cuerpo vítreo, una sustancia transparente, incolora, similar a un gel. Constituye aproximadamente dos tercios del volumen del ojo, configurándolo y conformándolo antes del nacimiento. Está compuesto de 1% de colágeno e hialuronato sódico y 99% de agua. El límite anterior del cuerpo vítreo es la cara hialoidea anterior que entra en contacto con la cápsula posterior del cristalino, mientras que la cara hialoidea posterior forma su límite posterior y está en contacto con la retina. El cuerpo vítreo no fluye libremente como el humor acuoso y tiene sitios de sujeción anatómicos normales. Uno de estos sitios es la base vítrea, que es una banda de 3-4 mm de ancho que cubre la ora serrata. La cabeza del nervio óptico, la mácula lútea y la arcada vascular son también sitios de sujeción. Las funciones principales del cuerpo vítreo son mantener la retina en su sitio, mantener la integridad y la forma del globo, absorber choques debidos al movimiento y proporcionar soporte al cristalino en la parte posterior. En contraste con el humor acuoso, el cuerpo vítreo no es sustituido continuamente. El cuerpo vítreo resulta más fluido con la edad en un proceso conocido como sinéresis. La sinéresis da como resultado una contracción del cuerpo vítreo que puede ejercer presión o tracción en sus sitios de sujeción normales. Si se aplica suficiente tracción, el cuerpo vítreo puede desprenderse de su sujeción retinal y crear un desgarro o agujero retinal.

En el segmento posterior del ojo se realizan comúnmente diversas intervenciones quirúrgicas llamadas intervenciones vitreoretiniales. Las intervenciones vitreoretiniales son apropiadas para tratar muchas afecciones graves del segmento posterior. Las intervenciones vitreoretiniales tratan afecciones tales como degeneración macular relacionada con la edad (AMD), retinopatía diabética y hemorragia vítrea diabética, agujero macular, desprendimiento retinal, membrana epirretinal, retinitis CMV y muchas otras afecciones oftálmicas.

Un cirujano realiza intervenciones vitreoretiniales con un microscopio y lentes especiales diseñadas para proporcionar una imagen clara del segmento posterior. Se realizan varias incisiones diminutas de sólo un milímetro o aproximadamente de longitud en la esclerótica junto a la pars plana. El cirujano inserta instrumentos microquirúrgicos a través de las incisiones, tales como una fuente luminosa de fibra óptica para iluminar el interior del ojo, un conducto de infusión para mantener la forma del ojo durante la cirugía e instrumentos para cortar y retirar el cuerpo vítreo.

Durante tales intervenciones quirúrgicas es importante la iluminación apropiada del interior del ojo. Típicamente, se inserta una fibra óptica delgada en el ojo para proporcionar la iluminación. Una fuente de luz, tal como una lámpara de haluro metálico, una lámpara de halógeno, una lámpara de xenón o una lámpara de vapor de mercurio, se utiliza frecuentemente para producir la luz conducida por la fibra óptica al ojo. La luz pasa a través de varios elementos ópticos (típicamente, lentes, espejos y atenuadores) y se emite hacia la fibra óptica que conduce la luz al ojo. La calidad de esta luz depende de varios factores, incluyendo los tipos de elementos ópticos seleccionados.

El estado de la técnica está representado por el documento WO 2008/106590-A2 (Doheny Eye Inst.).

55 **Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un endoiluminador oftalmológico de acuerdo con las reivindicaciones siguientes.

En un aspecto de la invención, un endoiluminador oftalmológico incluye al menos una fuente de luz de bomba y una fibra escintiladora acoplada ópticamente a la fuente de luz de bomba. La fibra escintiladora recibe una salida de la fuente de luz de bomba y produce luz en un rango de longitud de onda diferente al de la salida de la fuente de luz de bomba. Un elemento de acoplamiento óptica acopla la luz a una fibra óptica que conduce la luz a un ojo.

En otro aspecto de la invención, un endoiluminador oftálmico comprende al menos una fuente de luz de bomba y una pluralidad de fibras escintiladoras ópticamente acopladas a dicha por lo menos una fuente de luz de bomba.

5 Cada una de la pluralidad de fibras escintiladoras puede hacerse funcionar para recibir una salida de dicha por lo menos una fuente de luz de bomba y producir una pluralidad de salidas ópticas. Cada una de las salidas ópticas de las fibras fluorescentes está en un respectivo rango de longitud de onda diferente de un rango de longitud de onda de dicha por lo menos una fuente de bomba. El endoiluminador oftálmico incluye además un elemento de combinación óptica que puede hacerse funcionar para combinar la pluralidad de salidas ópticas a fin de producir una salida óptica combinada, un elemento de acoplamiento óptica que puede hacerse funcionar para recibir la salida óptica combinada y una fibra óptica acoplada ópticamente al elemento de acoplamiento óptico. La fibra óptica puede funcionar para conducir la salida óptica combinada a un ojo.

10 Se describe adicionalmente un método que comprende generar una primera salida de al menos una fuente de luz de bomba y de acoplar ópticamente la primera salida a al menos una fibra óptica para producir al menos una salida óptica que presenta una salida espectral diferente a la de la primera salida. El método comprende además acoplar ópticamente dicha por lo menos una salida óptica a una fibra de endoiluminador oftálmico con un elemento de acoplamiento óptico y conducir la salida óptica con la fibra del endoiluminador oftálmico para iluminar una región interior de un ojo.

15 Todavía en otro aspecto de la invención, un endoiluminador oftálmico comprende al menos una fuente de luz de bomba y al menos una fibra fluorescente acoplada ópticamente a dicha por lo menos una fuente de bomba. Dicha por lo menos una fibra fluorescente recibe una salida de dicha por lo menos una fuente de bomba. Las regiones de dicha por lo menos una fibra fluorescente se dopan con tintes orgánicos rojo, verde o azul (RGB). Dicha por lo menos una fibra fluorescente puede funcionar para producir salidas ópticas RGB en la salida de dicha por lo menos una fuente de bomba. El endoiluminador oftálmico comprende además un elemento de combinación óptica que puede funcionar para combinar la pluralidad de salidas ópticas y producir luz, un elemento de acoplamiento óptico que puede funcionar para recibir la luz y una fibra óptica acoplada ópticamente al elemento de acoplamiento óptico. La fibra óptica puede funcionar para conducir la luz a un ojo.

20 Otro aspecto de la invención proporciona un endoiluminador oftálmico que comprende al menos una fuente de luz de bomba y una fibra escintiladora acoplada ópticamente a al menos una fuente de luz de bomba. La fibra escintiladora comprende un dispositivo escintilador en un extremo distal de la fibra escintiladora adaptado para posicionarse dentro de un ojo. La fibra escintiladora conduce una salida óptica de dicha por lo menos una fuente de luz de bomba al dispositivo escintilador y el dispositivo escintilador puede funcionar para recibir la salida óptica y para producir luz en un rango de longitud de onda diferente de la salida óptica de dicha por lo menos una fuente de luz de bomba.

35 Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención y las ventajas de la misma, se hace a continuación referencia a la siguiente descripción haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que números de referencia iguales indican características iguales y en los que:

40 La figura 1 ilustra la anatomía del ojo en el que puede colocarse un endoiluminador oftálmico de acuerdo con las formas de realización de la presente invención;

45 La figura 2 ilustra un endoiluminador oftálmico que ilumina el interior del ojo de acuerdo con las formas de realización de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama de bloques de un endoiluminador oftálmico bombeado con LED que utiliza fibras escintiladoras de acuerdo con las formas de realización de la presente invención;

50 La figura 4 es un diagrama de bloques de un endoiluminador oftálmico RGB que utiliza fibras fluorescentes dopadas con tintes rojo, verde y azul de acuerdo con las formas de realización de la presente invención;

55 La figura 5 es un diagrama de bloques de un endoiluminador oftálmico RGB que utiliza una fibra fluorescente que tiene diferentes regiones dopadas con tintes rojo, verde y azul de acuerdo con las formas de realización de la presente invención; y

La figura 6 proporciona un diagrama de flujo lógico asociada con un método para iluminar las regiones vítreas interiores de un ojo utilizando un endoiluminador oftálmico de acuerdo con las formas de realización de la presente invención.

60 Descripción de la invención

En las figuras se ilustran formas de realización preferidas de la presente invención, utilizándose números de referencia iguales para referirse a partes iguales y correspondientes de los diversos dibujos.

65 Las formas de realización de la presente invención proporcionan un endoiluminador oftálmico que incluye una o más fuentes de luz de bomba y una fibra óptica, tal como una fibra escintiladora o una fibra fluorescente. La fibra óptica

se acopla a las fuentes de luz de bomba para recibir una salida de las fuentes de luz de bomba y producir una salida óptica, tal como luz blanca en ciertas formas de realización de la fibra escintiladora con un fósforo blanco el núcleo o el revestimiento, o bien salidas roja-verde-azul (RGB) en el caso de ciertas formas de realización que utilizan fibras fluorescentes teñidas. Un elemento de acoplamiento óptico acoplado a la fibra óptica recibe la salida óptica y proporciona la salida óptica hacia una fibra del endoiluminador que conduce la luz a la región interior del ojo.

La figura 1 ilustra la anatomía del ojo en el que puede colocarse el diseño mejorado para el implante ocular proporcionado por la presente invención. El ojo 100 incluye la córnea 102, el iris 104, la pupila 106, el cristalino 108, la cápsula 110 del cristalino, las zónulas, el cuerpo ciliar 120, la esclerótica 112, el gel vítreo 114, la retina 116, la mácula y el nervio óptico 120. La córnea 102 es una estructura transparente en forma de bóveda sobre la superficie del ojo que actúa como una ventana que permite que entre luz en el ojo. El iris 104 es la parte de color del ojo, denominada iris, que es un músculo que rodea la pupila y que se relaja y se contrae para controlar la cantidad de luz que entra en el ojo. La pupila 106 es la abertura redonda central del iris. El cristalino 108 es la estructura dentro del ojo que ayuda a enfocar la luz sobre la retina. La cápsula 110 del cristalino es una bolsa elástica que envuelve el cristalino, ayudando a controlar la forma del cristalino cuando el ojo enfoca objetos a diferentes distancias. Las zónulas son unos esbeltos ligamentos que sujetan la cápsula del cristalino al interior del ojo, manteniendo el cristalino en su sitio. El cuerpo ciliar es el área muscular sujeta al cristalino, que se contrae y se relaja para controlar el tamaño del cristalino para el enfoque. La esclerótica 112 es la capa tenaz más exterior del ojo que mantiene la forma del ojo. El gel vítreo 114 es la sección grande llena de gel que está localizada hacia la parte trasera del globo ocular y que ayuda a mantener la curvatura del ojo. La retina 116 es una capa de nervios sensibles a la luz en la parte posterior del ojo que recibe luz y la convierte en señales que se envían al cerebro. La mácula es el área en la parte posterior del ojo que contiene receptores para ver el detalle fino. El nervio óptico 118 conecta y transmite señales del ojo al cerebro.

El cuerpo ciliar 122 está justo detrás del iris 104. Sujetos al cuerpo ciliar 122 se encuentra unos diminutos "cables de guiado" de fibra denominados zónulas 124. El cristalino 108 está suspendido dentro del ojo por las fibras zonulares 124. La nutrición del cuerpo ciliar 122 procede de los vasos sanguíneos que suministran también al iris 104. Una función del cuerpo ciliar 122 es controlar la acomodación cambiando la forma del cristalino 108. Cuando el cuerpo ciliar 122 se contrae, las zónulas 124 se relajan. Esto permite que el cristalino 108 engrose, incrementando la capacidad del ojo para el enfoque en proximidad. Cuando se mira a un objeto distante, el cuerpo ciliar 122 se relaja, haciendo que las zónulas 124 se contraigan. El cristalino 108 resulta entonces más delgado, ajustando el enfoque del ojo para la visión a distancia.

La figura 2 es una vista en sección transversal de un endoiluminador oftálmico 160 que puede ser un endoiluminador según diversas formas de realización de la presente invención, localizado en un ojo. La figura 2 muestra una pieza de mano 164 con una sonda 162 en uso. La sonda 162 se inserta en el ojo 100 a través de una incisión en la región de la pars plana. La sonda 162 ilumina el interior o región vítrea 114 del ojo 100. En esta configuración, puede utilizarse la sonda 162 para iluminar el interior o región vítrea 114 durante una cirugía vitreoretinal.

Los endoiluminadores oftálmicos se han basado previamente en lámparas halógenas de tungsteno o lámparas de arco a alta presión (haluros metálicos, Xe). Las ventajas de las lámparas de arco son pequeñas áreas de emisión (< 1 mm), temperatura del color próxima a la luz del día y vida más larga que las lámparas halógenas – 400 horas frente a 50 horas. La desventaja de las lámparas de arco es alto coste, disminución de potencia, complejidad de los sistemas y necesidad de cambiar las lámparas varias veces a lo largo de la vida del sistema.

Los iluminadores basados en LED pueden proporcionar un coste y complejidad considerablemente menores y una vida útil característica de 50.000 a 100.000 horas, que permitiría hacer funcionar al iluminador de fibra oftálmico durante toda la vida del instrumento con una caída muy pequeña en el rendimiento y sin necesidad de cambiar los LED. Un LED blanco típico puede incluir un LED ultravioleta (UV)/violeta/azul que excite una tapa de fósforo blanco que emite luz blanca. Debido al tamaño de la tapa de fósforo requerido para producir cantidades significativas de luz blanca, los LED blancos convencionales son fuentes de iluminación espacialmente extensas con apertura numérica alta (NA) en comparación con las fibras ópticas utilizadas en cirugía oftálmica. Así, los LED blancos convencionales no son generalmente muy adecuados para acoplarse a tales fibras ópticas. Los iluminadores de fibras trenzadas disponibles basados en LED blancos utilizan fibra aplicada contra fósforo de LED. Sólo una pequeña fracción de luz puede acoplarse a una fibra óptica de apertura numérica baja y pequeño diámetro. Por tanto, las fuentes de LED blancos trenzados disponibles suministran bajos niveles de luz.

A diferencia de iluminadores convencionales, diversas formas de realización de la presente invención generan señales ópticas tales como (aunque no se limitan a ellas) luz blanca, señales ópticas, RGB, señales ópticas amarilla y azul y señales ópticas turquesa y roja, etc., en la salida de una fuente de bomba y directamente dentro de la fibra óptica. Por ejemplo, resulta posible utilizar un láser verde de 532 nm como fuente de bomba y un tinte amarillo para convertir la señal óptica de 532 nm en iluminación amarilla en el extremo del iluminador de fibra. En vez de iluminar un área de fósforo grande con un LED UV/violeta/azul para producir luz, como lo hacen los LED blancos convencionales, y esforzarse luego por recoger la luz de tal fuente de luz extensa de NA alta, en una fibra, diversas formas de realización de la presente invención iluminan una fibra luminiscente (núcleo o revestimiento) con luz UV/violeta/azul. Los LED UV/violeta/azul o los LED monocromáticos similares pueden hacerse típicamente con una

NA mucho menor y una intensidad mayor que las de los LED blancos y pueden formarse en tiras u otras formas convenientes de modo que puedan acoplarse más fácilmente a las fibras ópticas utilizadas en cirugía oftálmica. Aunque se producirá luminiscencia en todas las direcciones, una porción significativa de luz blanca reemitida resultará comprendida en la NA de la fibra y resultará atrapada dentro de la fibra. Esto puede concentrar la luz resultante de modo que el extremo de la fibra del iluminador suministre un nivel mucho más alto de iluminación por área que cuando un LED blanco convencional se acopla a la fibra. Para aumentar la probabilidad de absorción de luz UV/violeta/azul, el sistema podría colocarse dentro de una cavidad reflectante, una esfera integradora o un tubo de luz. Cualquiera de estos enfoques podría aumentar considerablemente el número de pasadas de rayos UV y aumentar la eficiencia de bombeo.

Los términos “fibra escintiladora” y “dispositivo escintilador” se utilizan en la presente memoria para referirse a cualquier estructura realizada a partir de un material capaz de convertir una radiación de bombeo en otro rango del espectro electromagnético, incluyendo, pero no limitándose a, la conversión de rayos de partícula de alta energía, rayos x y UV en fotones de energía más baja. Cualquier tipo adecuado de escintilador para producir iluminación puede emplearse según diversas formas de realización de la presente invención. La eficiencia de la conversión es un beneficio significativo de formas de realización particulares de la presente invención, y el proceso de luminiscencia utilizado para la conversión podría basarse en una emisión lenta (fosforescencia) o una emisión rápida (fluorescencia), dependiendo de qué materiales se utilicen. Cuando la descripción se hace a continuación con respecto a tipos particulares de fibras o dispositivos escintiladores, por ejemplo fibras fluorescentes, deberá apreciarse que puede utilizarse en su lugar cualquier tipo adecuado de fibra o dispositivo escintilador.

Las formas de realización de la presente invención utilizan una fibra escintiladora con un núcleo o revestimiento luminiscente y una fuente de luz de bomba, tal como una fuente de UV o de luz azul, junto con un sistema reflectante opcional para permitir la reflexión múltiple de la radiación de bombeo. Una fibra escintiladora de este tipo puede utilizarse, por ejemplo, para convertir la iluminación de luz UV/violeta/azul de una fuente de luz de bomba en luz de banda ancha o blanca por luminiscencia. Parte de la luz blanca reemitida se propaga a través de la fibra escintiladora y puede acoplarse a la fibra óptica regular o suministrarse directamente a un dispositivo de iluminación. Una fibra escintiladora de este tipo puede colocarse también en una esfera de integración reflectante de UV o tubo de luz para el bombeo. Se pueden utilizar también diversos esquemas de bombeo de láseres para ejemplos de técnicas similares de generación de luz, con la diferencia significativa de que la salida de la fibra escintiladora no necesita ser obligatoriamente coherente.

Las formas de realización de la presente invención pueden utilizar una o más fuentes de luz de bomba, tales como LED. Como ya es conocido por los expertos en la materia, existen muchos tipos de LED con diferentes tasas de potencia y diferente salida de luz que pueden seleccionarse como fuente de bomba 302. Alternativamente, podrían utilizarse otras fuentes de luz de bomba, tales como láseres. Aunque se describen en la presente memoria formas de realización particulares que tienen LED utilizados como fuentes de bomba, será evidente para los expertos en la materia que podrían utilizarse otras fuentes de luz de bomba adecuadas en lugar de LED.

En un ejemplo, como se expone haciendo referencia a la figura 3, la salida de un único LED de bomba se dirige sobre una fibra escintiladora que tiene un revestimiento o núcleo dopado (por ejemplo con fósforo blanco). Debido a que la luz de una longitud de onda particular generada por el dopante luminiscente se producirá en ambas direcciones a lo largo de la fibra, el extremo próximo/de bomba de la fibra puede cubrirse con un espejo para reflejar toda la luz en la misma dirección de salida, pero para dejar pasar la longitud de onda de bomba. Tanto el LED de bomba como la fibra escintiladora se colocan en este ejemplo dentro de tubos de luz que permiten múltiples pasadas de la luz de bomba para que sea absorbida por la fibra escintiladora. El extremo distal del tubo de luz está cubierto con un espejo para impedir pérdidas de UV por bombeo. La salida de la fibra escintiladora puede acoplarse entonces fácilmente a un endoiluminador oftálmico estándar a través de una lente esférica u otra óptica.

La figura 3 es un diagrama de la sección transversal de un endoiluminador oftálmico 300 de LED de bomba único de acuerdo con las formas de realización de la presente invención. El endoiluminador oftálmico 300 incluye un LED de fuente de bomba 302, unos espejos 308 y 316, un tubo de luz 306, una fibra óptica 204, un acoplador óptico 310 y una fibra 312 de endoiluminador oftálmico. Como se muestra en la figura 3, la salida 318 del LED de bomba único 302 se dirige a la fibra escintiladora 304.

La fibra escintiladora 304 puede doparse en el revestimiento o el núcleo con, por ejemplo, un revestimiento 314 de material de fósforo blanco. Cuando se utiliza un revestimiento de material de fósforo blanco, se generará luz blanca en todas las direcciones a lo largo de la fibra 304. Por tanto, el extremo próximo o de bomba de la fibra escintiladora 304 puede cubrirse como una superficie especular o reflectiva 316 maniobrable para reflejar toda la luz en una dirección de salida común, al tiempo que deja pasar todavía la salida del LED de bomba 318 emitida desde la fuente de bomba 302.

El LED de bomba 302 y la fibra escintiladora 304 pueden colocarse dentro de un tubo de luz 306 que permite múltiples pasos de luz de bomba 318 que es absorbida por la fibra escintiladora 304. La fibra escintiladora 304 se acopla ópticamente a una fibra 312 del endoiluminador oftálmico a través de una lente esférica 310 u otro sistema óptico adecuado. El diámetro de núcleo y la apertura numérica de la fibra escintiladora 304 pueden elegirse de tal

modo que sean iguales o menores que los de la fibra óptica 312, lo que facilita el acoplamiento óptico de la fibra escintiladora 304 a la fibra óptica 312 y mejora la eficiencia del acoplamiento óptico entre las dos fibras 304 y 312. La señal óptica resultante 322 se dirige a través del conector 310 y la fibra óptica 312 a la sonda 162, en donde ilumina el interior del ojo 100.

5 Ordinariamente, la retina se protege de la luz ultravioleta por el cristalino natural del ojo, que filtra la luz que entra en el ojo. Pero la luz procedente de un endoiluminador óptico entra en el ojo sin esta filtración del cristalino (es decir, afáquicamente), siendo así deseable que el endoiluminador 300 incluya filtros a fin de reducir la cantidad de luz emitida en longitudes de onda que pueden ser dañinas para el tejido óptico. El suministro de luz del rango apropiado de longitudes de onda de luz visible mientras se filtran longitudes de onda cortas y largas puede reducir ampliamente el riesgo de daños a la retina por imprevistos afáquicos, incluyendo daño retinal fotoquímico por luz azul y daño de calentamiento por infrarrojos, e imprevistos de toxicidad de luz similares. Típicamente, es preferible una luz en el rango de aproximadamente 430 a 700 nanómetros para reducir los riesgos de estos imprevistos. A este fin, pueden incluirse espejos 308 y 316 para permitir que se emita luz de una longitud de onda adecuada hacia un ojo. El espejo 316 puede ser, por ejemplo, un reflector dicroico que refleja la luz de longitud de onda visible y sólo transmite luz infrarroja y ultravioleta para preservar la intensidad de luz en el espectro de longitud de onda visible mientras reduce la intensidad relativa en el espectro infrarrojo y ultravioleta. El espejo 308 puede reflejar análogamente luz infrarroja de longitud de onda larga y luz ultravioleta de longitud de onda corta mientras transmite luz visible, de modo que la luz emitida por el endoiluminador 300 hacia el ojo está casi completamente dentro del rango de longitud de onda visible. Otros filtros y/o divisores de haz dicroicos pueden emplearse también para producir una luz en este rango de longitud de onda adecuado.

La pieza de mano 324 del endoiluminador que es manipulada por el cirujano oftálmico incluye un acoplamiento óptico 310, una fibra óptica 312, un alojamiento 326 y una sonda 328. El acoplamiento óptico 310 está diseñado para conectar la fibra óptica 312 a una consola principal (no representada) que contiene la fibra escintiladora 304. El acoplamiento óptico 310 alinea apropiadamente la fibra óptica 312 con la salida de la fibra escintiladora 304 que debe transmitirse al ojo. La fibra óptica 312 es típicamente una fibra de diámetro pequeño que puede estrecharse o no. El alojamiento 326 se sujeta por el cirujano y permite la manipulación de la sonda 328 en el ojo. La sonda 328 se inserta en el ojo y lleva la fibra óptica 312 que termina en el extremo de la sonda 328. La sonda 328 proporciona así iluminación de la fibra óptica 312 en el ojo.

Las formas de realización de la presente invención pueden emplear también una o más fibras escintiladoras que se han dopado con tintes orgánicos rojo, verde y azul (RGB). Es típicamente más fácil dopar una fibra con estos tintes que con una pluralidad de materiales con espectros de emisión más anchos, tal como fósforo blanco. Así, las fibras escintiladoras que utilizan tales tintes RGB pueden ser más fáciles de producir. Por ejemplo, tres bobinas de tales fibras RGB colocadas en una esfera de integración e iluminadas con LED de UV crearán una salida RGB fuerte, un fenómeno utilizado en LED orgánicos (OLED) para producir iluminación de diversos colores eficientemente. A continuación, las salidas RGB individuales pueden combinarse sobre una única fibra. Esto puede hacerse de varias maneras tales como, pero sin limitarse a ellas, un prisma en X RGB, un prisma de dispersión o una rejilla de difracción.

La figura 4 representa una fuente de luz RGB 400 para uso con un endoiluminador oftálmico que utiliza fibras fluorescentes dopadas con tintes rojo, verde y azul de acuerdo con las formas de realización de la presente invención. La fuente de luz 400 del endoiluminador oftálmico incluye una fuente de bombeo 402, fibras fluorescentes RGB 404, 406 y 408, espejos 410 y 412, un núcleo o revestimiento de fósforo 414 en las fibras fluorescentes, un tubo de luz 416, un elemento de acoplamiento óptico 418 y un conjunto oftálmico 420 que tiene una fibra óptica 422. La fuente de bomba 402 genera luz UV o azul 430 que se pasa a las fibras fluorescentes 404, 406 y 408. Las fibras individuales 404, 406 y 408 crean una salida óptica R, G y B, respectivamente. En un combinador 424 se combinan las salidas ópticas de RGB de las fibras ópticas 404, 406 y 408 de tal forma que las salidas ópticas se proporcionan a una fibra óptica combinada 426.

La colocación de las bobinas de tales fibras RGB en una esfera de integración y la iluminación de las fibras con LED de UV creará una salida RGB fuerte. A continuación, la salida RGB se combina en una sola fibra. Esto puede hacerse de diversas maneras – tal como una lente esférica, un prisma en X RGB, un prisma de dispersión o una rejilla de difracción. Alternativamente, como se expone haciendo referencia a la figura 5, puede haber tres (o más) regiones consecutivas a lo largo de una fibra única dopada con 3 (o más) tintes. La autoabsorción de la emisión RGB por tinte de otro color puede limitarse si los dopantes se ordenan en rojo, verde y luego azul moviéndose hacia la salida de iluminación. La fibra óptica combinada 426 pasa la salida de luz RGB o blanca a la fibra 312 del endoiluminador oftálmico acoplando ópticamente la salida 428 de la fibra óptica combinada 426 a la fibra 422 del endoiluminador oftálmico mediante el uso de un acoplamiento óptico tal como la lente 418 de globo.

Aunque se describe el uso de fibras dopadas con tinte para producir colores, las fibras dopadas con tinte pueden sustituirse también por fibras capilares llenas de soluciones de tinte. Más generalmente, pueden producirse colores de cualquier manera adecuada, tal como por producción de centros F u otros defectos cristalinos, puntos o nanoporos cuánticos de tamaño variable, utilizando cualquier técnica adecuada para producir tales características, incluyendo, pero no limitándose a, irradiación gamma, grabado químico selectivo o nanodeposición. Un experto en la

materia apreciará que estos métodos alternativos pueden resultar sustituidos en las diversas formas de realización de la invención aquí descritas.

La figura 5 representa otra fuente de luz RGB 500 para uso con un endoiluminador oftálmico que utiliza una única fibra fluorescente dopada con tintes rojo, verde y azul en diferentes regiones 532, 534 y 536 de acuerdo con las formas de realización de la presente invención. La fuente de luz 500 del endoiluminador oftálmico incluye una fuente de luz de bomba 502, fibras fluorescentes RGB 504, espejos 510 y 512, un núcleo o revestimiento de fósforo 514 en las fibras fluorescentes, un tubo de luz 516 y un elemento de acoplamiento óptico 518. La fuente de luz de bomba 502 genera luz UV o azul 530 que se hace pasar a las fibras fluorescentes 504. La fibra 504 crea una salida óptica RGB que se hace pasar a la fibra 312 del endoiluminador oftálmico acoplando ópticamente la salida 528 de la fibra óptica a la fibra 312 del endoiluminador oftálmico mediante el uso de un acoplamiento óptico, tal como una lente 518 esférica.

En la figura 5 se utiliza una fibra óptica 504 que tiene tres o más regiones consecutivas 532, 534 y 536 que están dopadas con tres o más tintes, respectivamente. La autoabsorción de emisión RGB por otro tinte de color puede limitarse si los dopantes se ordenan en rojo, verde y luego azul moviéndose hacia la salida de iluminación 506. Las fibras dopadas con tinte pueden sustituirse también por fibras capilares llenas de soluciones de tinte.

Otra realización que puede utilizarse en la configuración representada en la figura 2 puede transportar toda la UV al extremo distal de la fibra sin convertirla en luz visible. El extremo distal de la fibra se terminará entonces con un dispositivo escintilador – una sección de fibra dopada con fósforo, una tapa de fluorescente o una tapa de fósforo. Así, sólo la radiación UV/Violeta/Azul se acoplará a la fibra, mientras que la conversión real de fotones de alta energía en fotones de luz visible tendrá lugar en la punta misma del iluminador de fibra. El acoplamiento de luz UV a la fibra puede ser más fácil debido a que el tamaño de la fuente – una franja de LED – es mucho más pequeño (típicamente cientos de micrones) que una copa de fósforo de un LED blanco (típicamente 1-3 mm). Debido a que puede transmitirse luz UV al ojo en tal realización, puede ser deseable también incluir un filtro óptico, tal como alrededor del cuerpo de la fibra escintiladora, a fin de impedir que la luz UV alcance el tejido óptico.

La figura 6 proporciona un diagrama de flujo lógico 600 asociado con un método para iluminar las regiones vítreas interiores de un ojo utilizando un endoiluminador oftálmico de acuerdo con las formas de realización de la presente invención. La operación 600 comienza con el bloque 602, en donde se genera una primera salida de una o más fuentes de bomba. En ciertas formas de realización la fuente de bombeo puede ser una fuente de luz ultravioleta (UV) o azul. Pueden utilizarse diversos esquemas de bombeo para generar luz. Estos esquemas de bombeo pueden similares a los utilizados para cavidades de láser de bombeo, estando la diferencia en que la salida no necesitará obligatoriamente ser coherente.

La salida es recibida por una fibra escintiladora en el bloque 604. La fibra escintiladora producirá una o más salidas ópticas en el bloque 606. Un núcleo o revestimiento luminiscente de la fibra escintiladora permitirá que la fuente de bombeo haga que la fibra óptica dopada, que está revestida o dopada en el núcleo con un material tal como fósforo blanco, genere una luz blanca en todas las direcciones a lo largo de la fibra. La salida óptica de la fibra escintiladora se acopla ópticamente a una fibra del endoiluminador oftálmico utilizando un elemento de acoplamiento en el bloque 608. Esto permite que la fibra óptica del endoiluminador oftálmico conduzca la luz blanca u otras longitudes de onda generadas dentro de la fibra escintiladora para iluminar las regiones interiores de un ojo en el bloque 610.

Como se ha indicado previamente, la fuente de bomba puede proporcionar una salida a una o más fibras escintiladoras. Estas fibras pueden doparse con tintes orgánicos rojo, verde o azul. Esto permite que la fibra produzca una salida óptica RGB. La fuente de bomba y las fibras escintiladoras pueden colocarse dentro de un tubo de luz que tiene espejos en ambos extremos que actúan como reflectores para permitir múltiples reflexiones y bombeos de la radiación producida por la fuente de bombeo. En otras formas de realización la fibra escintiladora puede colocarse en una esfera de integración reflectiva de UV o puede ser de un tipo de luz apto para bombeo adicional. Los espejos de las superficies reflectivas en el extremo distal de las fibras escintiladoras reflejan luz dentro de las fibras escintiladoras para producir luz en una dirección de salida común, al tiempo que dejan pasar la salida de la fuente de bomba a la fibra revestida o dopada en el núcleo. En el bloque 606 la salida de la fibra escintiladora se dirige a una fibra del endoiluminador oftálmico y puede implicar la combinación de la salida óptica de múltiples fibras fluorescentes. En tal caso, puede utilizarse un elemento de combinación óptico tal como una lente esférica, un prisma en X, un prisma de dispersión o una rejilla de difracción para combinar estas señales ópticas en una única señal óptica acoplada ópticamente a la fibra óptica del endoiluminador oftálmico. El diámetro del núcleo y la apertura numérica de la fibra en la que se proporcionan las salidas combinadas de las una o más fibras escintiladoras son iguales o más pequeños que los de la fibra del endoiluminador oftálmico.

En resumen, las formas de realización proporcionan un endoiluminador oftálmico. Puede apreciarse a partir de lo expuesto anteriormente que la presente invención proporciona un sistema mejorado para iluminar el interior del ojo. El endoiluminador oftálmico incluye uno o más diodos de emisión de luz (LED) de bomba y una fibra óptica, tal como la fibra escintiladora o la fibra fluorescente. La fibra óptica se acopla a los LED de bomba para recibir una salida de las LED y producir una salida óptica tal como luz blanca en el caso de la fibra escintiladora con un núcleo o revestimiento de fósforo o bien salidas RGB en el caso de las fibras fluorescentes. Un elemento de acoplamiento

óptico acoplado a la fibra óptica recibe la salida óptica y proporciona la salida óptica a una fibra del endoiluminador que conduce la luz a una región interior del ojo.

5 Pueden generarse niveles muy altos de potencia de luz blanca, automáticamente acoplada a una fibra, utilizando la técnica de la fibra escintiladora proporcionada por las formas de realización de la presente invención. Por ejemplo, 1 m de fibra escintiladora iluminada con 10 LED de UV podría producir 10 lúmenes de luz blanca. Debido a que el material de la fibra sólo absorbe UV y transmite luz blanca con pérdida sustancial, nada impide el uso de segmentos de fibra más largos (por ejemplo, fibra de 1 km de largo), obteniendo así potencialmente una cantidad sustancialmente mayor (por ejemplo, 1000x) de luz blanca ya acoplada a la fibra. Para reducir el número de LED de 10 bomba necesarios y la longitud de la fibra escintiladora requerida, la fibra puede enrollarse, insertarse en una 10 cavidad reflectiva, una esfera de integración o un tubo de luz. Los LED de bomba pueden posicionarse entonces a fin de acoplar eficientemente su salida a la fibra escintiladora. Asimismo, de manera similar al caso del bombeo de láser, la cantidad de dopante utilizada en formas de realización particulares de la presente invención puede ajustarse también de manera apropiada para generar más luz. Para un bombeo longitudinal de la fibra escintiladora con un 15 láser UV, por ejemplo, podría usarse una concentración de dopaje más baja, acoplándose el láser UV a la fibra escintiladora.

20 La presente invención se ha ilustrado en la presente memoria a título de ejemplo y pueden introducirse diversas modificaciones por un experto ordinario en la materia. Aunque la presente invención se ha descrito en detalle, deberá apreciarse que pueden introducirse diversos cambios, sustituciones y alteraciones en la misma sin apartarse del alcance de la invención tal como está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Endoiluminador oftálmico (160, 300) que comprende:

5 por lo menos una fuente de luz de bomba (302);

10 por lo menos una fibra escintiladora (304, 312) acoplada ópticamente a dicha por lo menos una fuente de luz de bomba, pudiendo la fibra o cada fibra escintiladora funcionar para recibir una salida (318) de dicha por lo menos una fuente de luz de bomba y producir una salida de luz respectiva en un rango de longitud de onda diferente de la salida de dicha por lo menos una fuente de luz de bomba;

si existe más de una fibra escintiladora, un elemento de combinación óptica (424) que puede funcionar para combinar la pluralidad de salidas ópticas (404-408) a fin de producir una salida óptica combinada (426);

15 un elemento de acoplamiento óptico (310) acoplado ópticamente a la fibra o cada fibra escintiladora, pudiendo funcionar el elemento de acoplamiento óptico para recibir la salida de luz de la fibra escintiladora o dicha salida óptica combinada de dichas fibras ópticas; y

20 una fibra óptica (204) acoplada ópticamente al elemento de acoplamiento óptico, pudiendo funcionar la fibra óptica para conducir la salida de luz (318) o la salida óptica combinada (426) a un ojo (100).

2. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, en el que un tubo de luz (306) aloja tanto dicha por lo menos una fuente de luz de bomba como la o cada fibra escintiladora (304, 312).

25 3. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, que comprende además un espejo (308, 316) en un extremo distal de la o cada fibra escintiladora (304, 312), pudiendo funcionar el espejo para reflejar la luz en por lo menos parte del rango de longitud de onda diferente y para dejar el paso de la salida de dicha por lo menos una fuente de luz de bomba (302).

30 4. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, en el que la o cada fibra escintiladora (304, 312) comprende un núcleo o revestimiento luminiscente (314), pudiendo funcionar el núcleo o revestimiento luminiscente para producir la luz en el rango de longitud de onda diferente.

35 5. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 4, en el que el núcleo o revestimiento luminiscente (314) comprende fósforo blanco.

6. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, en el que el elemento de acoplamiento óptico comprende una lente esférica (310, 418).

40 7. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, en el que el elemento de combinación óptica (424) comprende por lo menos un elemento de combinación óptica seleccionado de entre el grupo que consiste en:

un prisma en X;

45 un prisma de dispersión; y

una rejilla de difracción.

50 8. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 4, en el que una pluralidad de fibras luminiscentes (304, 312) comprende unas fibras fluorescentes dopadas con tintes orgánicos rojo, verde y azul (RGB), pudiendo funcionar la pluralidad de fibras fluorescentes para producir salidas ópticas RGB (400, 500).

55 9. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, en el que el diámetro del núcleo y la apertura numérica de la fibra escintiladora (304) son ambos iguales o menores que los de la fibra óptica (204).

10. Endoiluminador oftálmico según la reivindicación 1, en el que la fuente de luz de bomba comprende una fuente de luz UV (402) o una fuente de bomba de luz azul (430).

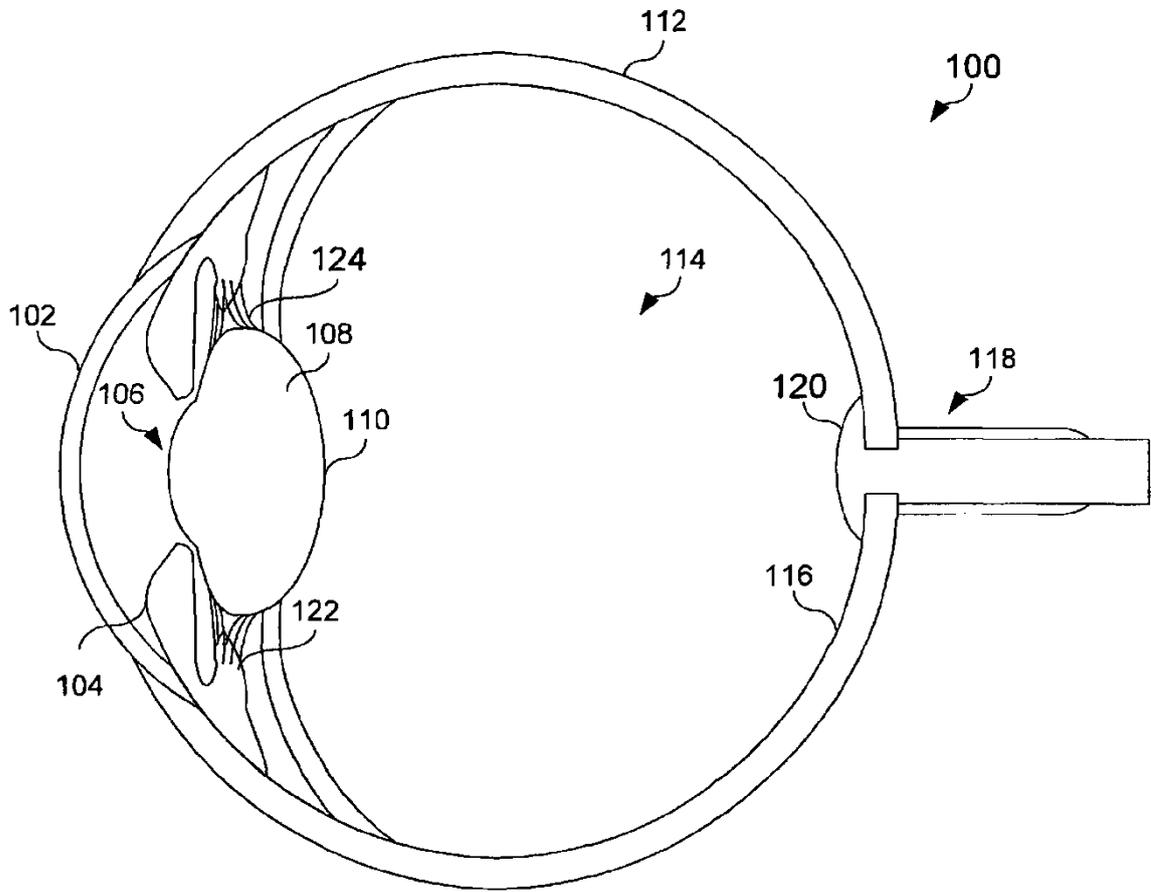


FIG. 1

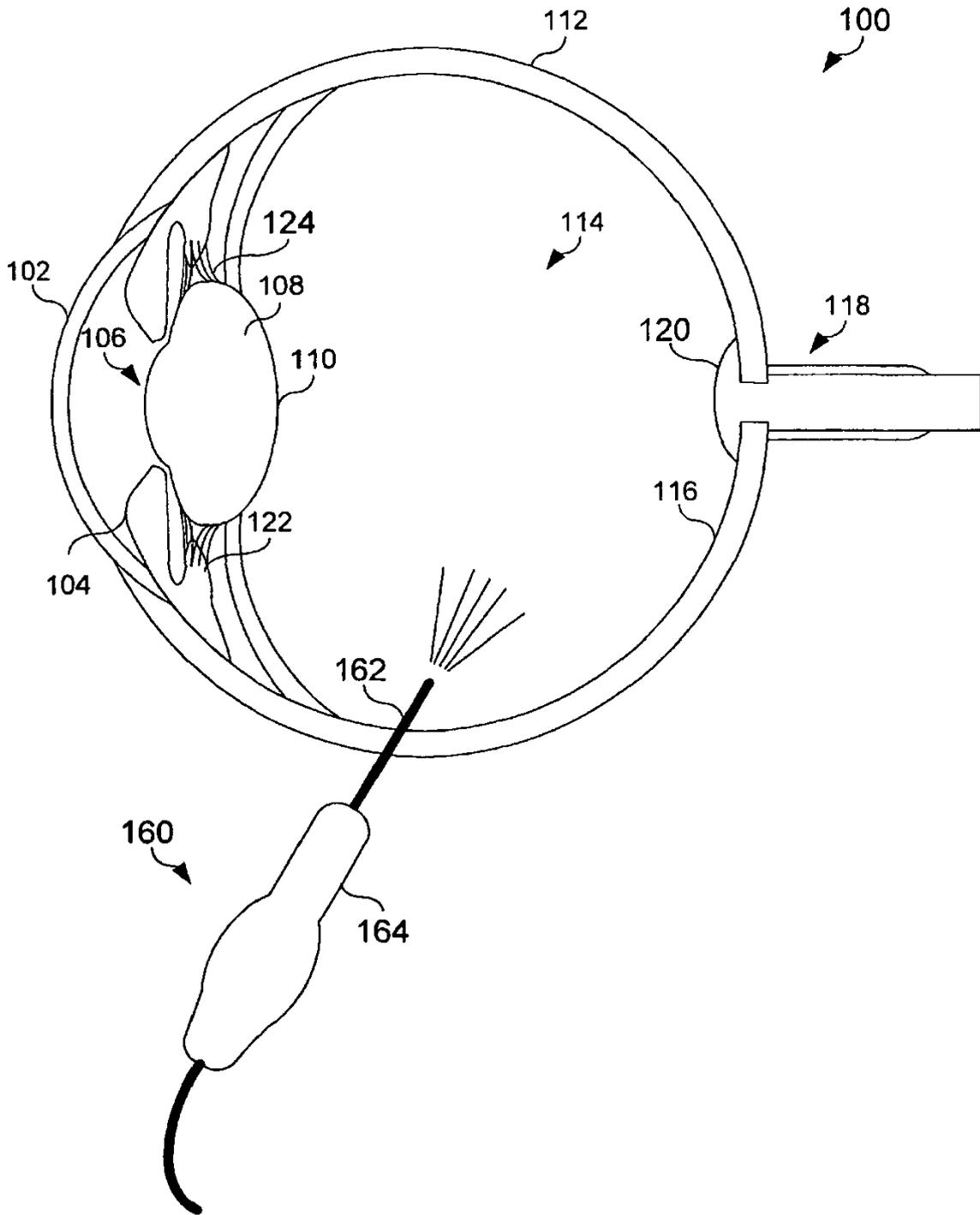


FIG. 2

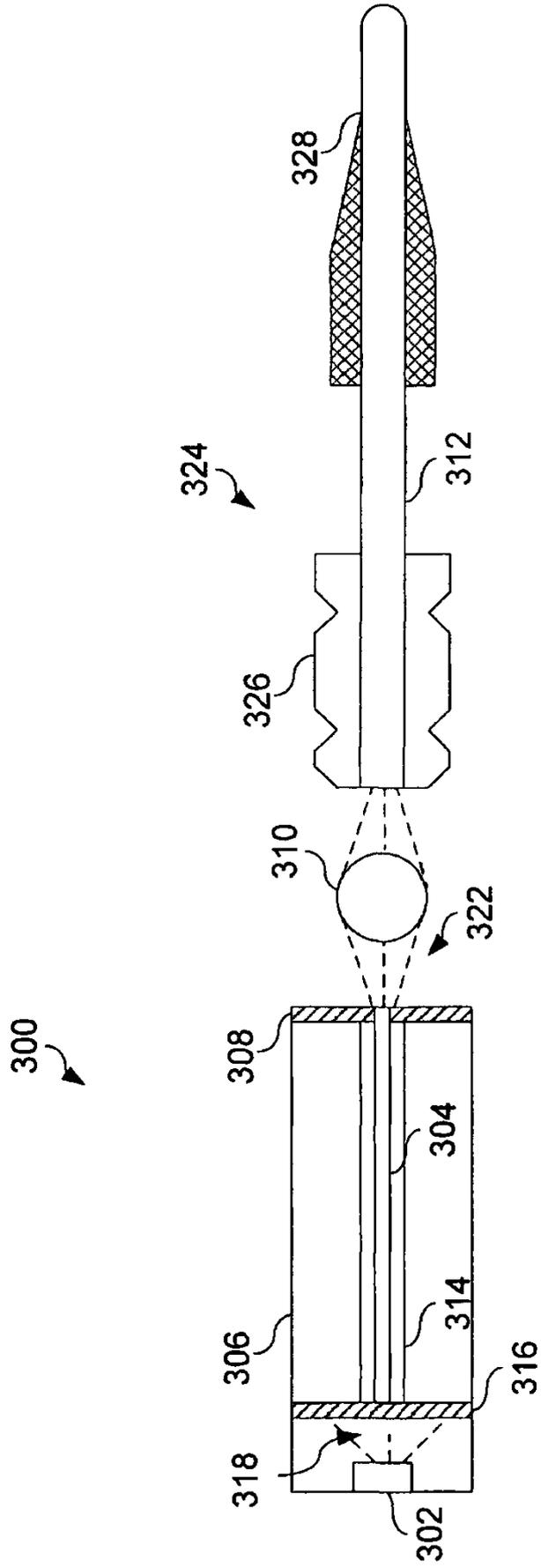


FIG. 3

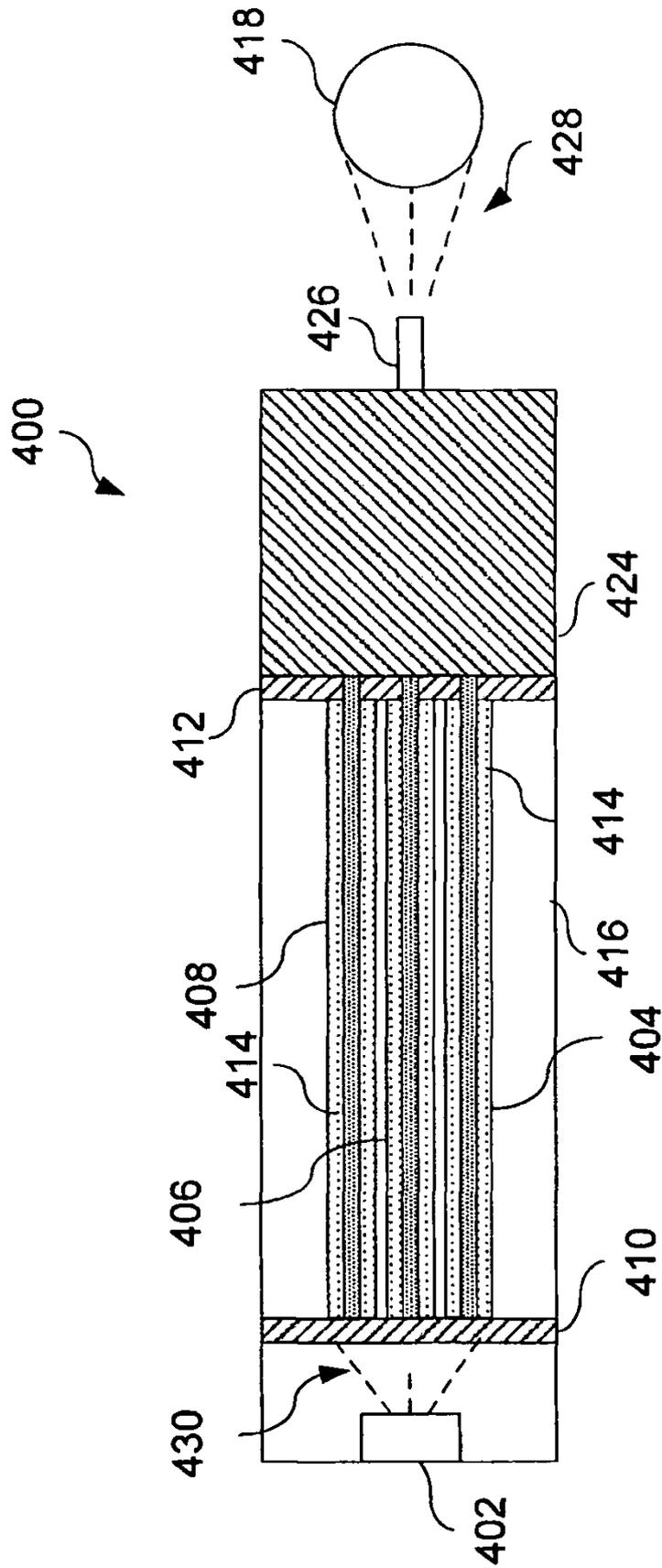


FIG. 4

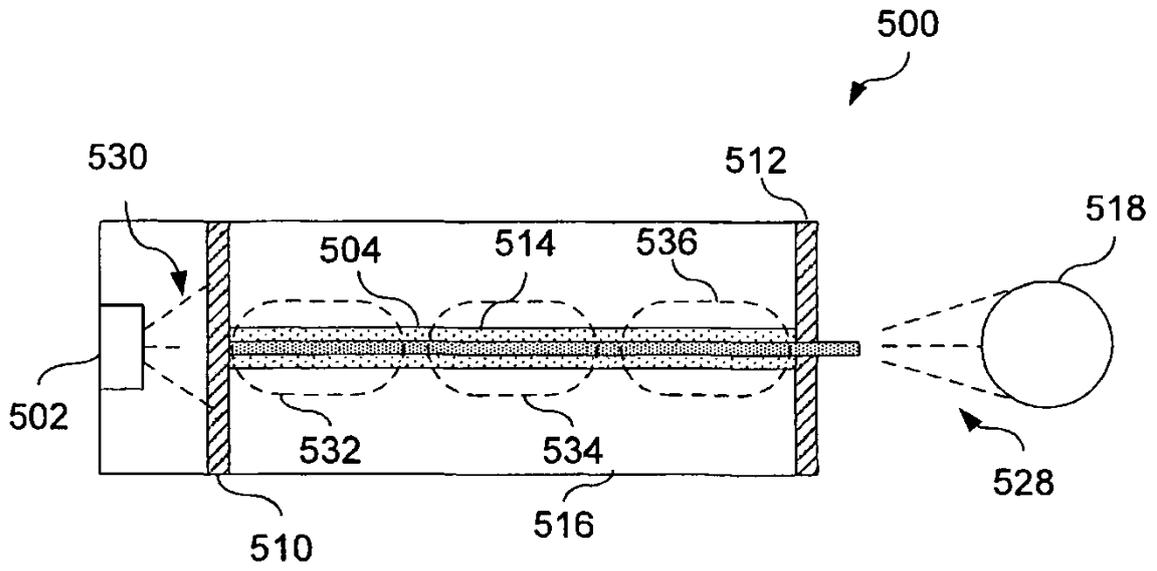


FIG. 5

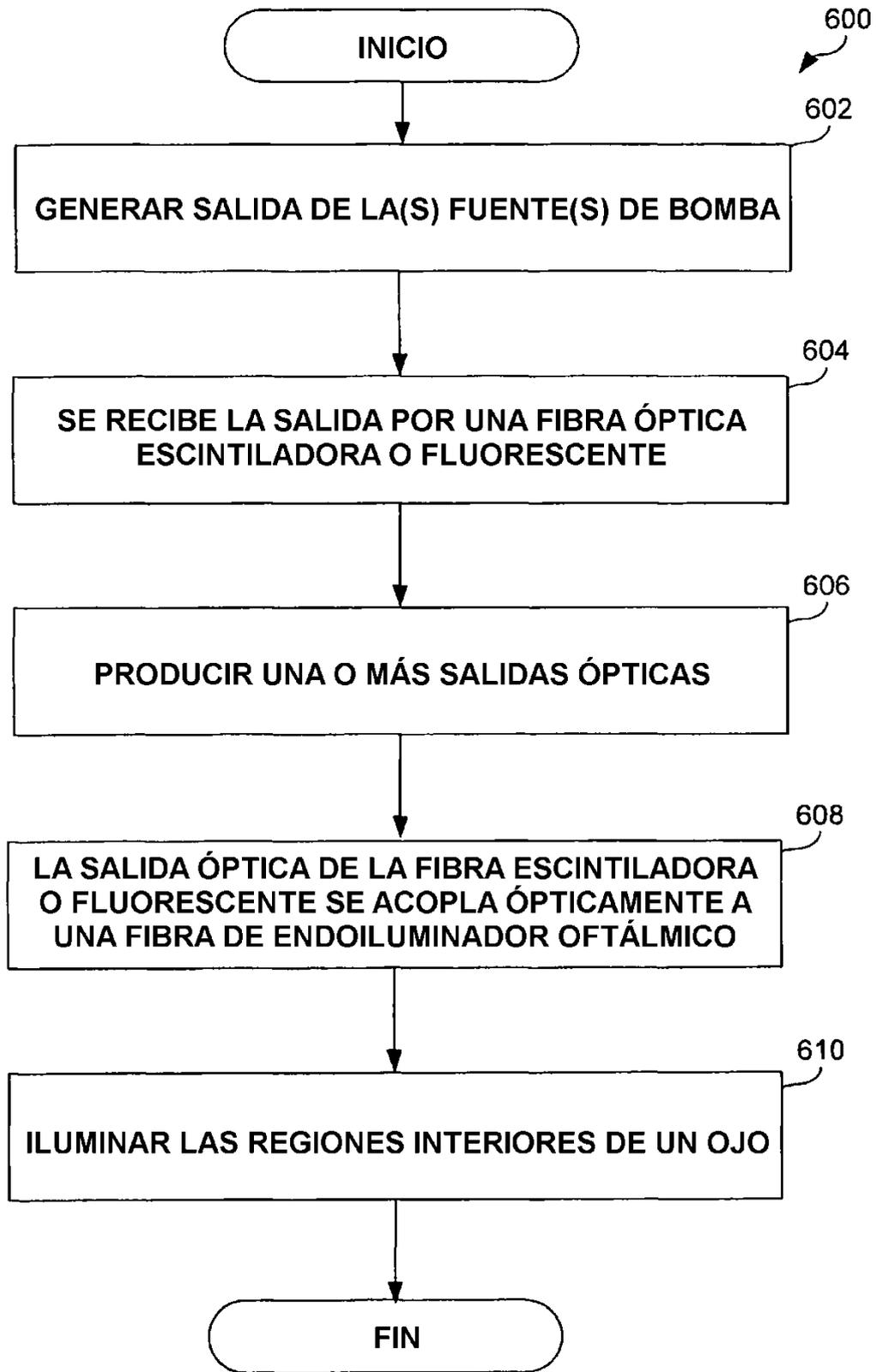


FIG. 6