



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **3 024 658**

⑮ Int. Cl.:

**A61F 2/16** (2006.01)  
**G02C 7/04** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.02.2017** PCT/IB2017/050850

⑧7 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017** WO17145014

⑨6 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2017** E 17707122 (2)

⑨7 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2025** EP 3419561

⑮ Título: **Lente multifocal con distorsiones visuales reducidas**

⑩ Prioridad:

**24.02.2016 US 201615051765**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**05.06.2025**

⑯ Titular/es:

**ALCON INC. (100.00%)  
Rue Louis-d'Affry 6  
1701 Fribourg, CH**

⑯ Inventor/es:

**CHOI, MYOUNG-TAEK;  
LIU, YUEAI y  
HONG, XIN**

⑯ Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 3 024 658 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

Lente multifocal con distorsiones visuales reducidas

## ANTECEDENTES

- 5 Las lentes intraoculares (LIO) se implantan en los ojos de los pacientes para reemplazar el cristalino del paciente o, en el caso de una LIO fáquica, para complementar el cristalino del paciente. Por ejemplo, la LIO puede implantarse en lugar del cristalino del paciente durante una cirugía de cataratas. Alternativamente, se puede implantar una LIO fáquica en el ojo de un paciente para aumentar la potencia óptica de su propio cristalino.
- 10 Algunas LIO convencionales son LIO de longitud focal única, mientras que otras son LIO multifocales. Las LIO de longitud focal única tienen una única longitud focal o una única potencia. Los objetos a la distancia focal del ojo/LIO están enfocados, mientras que los objetos más cercanos o más lejanos pueden estar desenfocados. Aunque los objetos están perfectamente enfocados solo en la distancia focal, los objetos dentro de la profundidad de campo (dentro de una distancia particular de la distancia focal) todavía están aceptablemente enfocados para que el paciente pueda considerarlos enfocados. Las LIO multifocales, por otro lado, tienen al menos dos distancias focales. Por ejemplo, una LIO bifocal tiene dos distancias focales para mejorar el enfoque en dos rangos: un enfoque lejano que corresponde a una distancia focal mayor y un enfoque cercano que corresponde a una distancia focal menor. Las LIO trifocales tienen tres focos: un foco lejano, un foco cercano y un foco intermedio que corresponde a una distancia focal entre la del foco cercano y el lejano. Las LIO multifocales pueden mejorar la capacidad del paciente para enfocar objetos cercanos y distantes. Estas LIO pueden ser de especial utilidad para pacientes que sufren de presbicia, que afecta negativamente la capacidad del ojo para enfocar objetos tanto lejanos como cercanos.
- 15 20 Aunque se pueden utilizar lentes multifocales para tratar afecciones como la presbicia, existen desventajas. Un paciente puede experimentar una mayor incidencia de alteraciones visuales. Las alteraciones visuales son efectos secundarios no deseados, como imágenes fantasma, halos, deslumbramiento o visión borrosa, debido a los múltiples focos de las LIO multifocales. Por ejemplo, debido a las diferentes distancias focales, se pueden formar múltiples imágenes de un solo objeto. Una imagen debido a la distancia focal en el rango de distancia apropiado está enfocada, mientras que la imagen fantasma debido a la distancia focal del otro rango de distancia está desenfocada. Este tipo de imágenes fantasma son indeseables. Como resultado, se desea reducir la intensidad y la nitidez de las imágenes fantasma. De manera similar, puede ser deseable mitigar otras alteraciones visuales de las lentes multifocales. Se hace referencia al documento AU 2015201867 A1, que se ha citado en el informe de búsqueda europeo y que divulga una lente oftálmica difractiva multifocal que comprende: una óptica base adaptada para cambiar la potencia del ojo del usuario, teniendo la óptica base una superficie anterior y una superficie posterior; y un elemento difractivo en al menos una de la superficie anterior y la superficie posterior, proporcionando el elemento difractivo al menos una de una potencia de distancia y una potencia de cerca, en donde la óptica base está configurada para producir una aberración esférica negativa para la potencia de distancia y el elemento difractivo está configurado para producir una aberración esférica positiva para la potencia de cerca.
- 25 30 Por consiguiente, lo que se necesita es un dispositivo para abordar las alteraciones visuales en las LIO multifocales.

## 35 BREVE RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La invención proporciona una lente oftálmica según la reivindicación 1. Las características opcionales de la invención se establecen en las reivindicaciones dependientes.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

- La FIG. 1 muestra una vista en planta de una forma de realización ejemplar de un dispositivo oftálmico.
- 40 La FIG. 2 muestra una vista lateral de una forma de realización ejemplar de una lente de un dispositivo oftálmico. Las FIG. 3A-3D representan formas de realización ejemplares de la intensidad frente la distancia para lentes hechas sin aberración esférica y con aberración esférica negativa en el foco cercano y aberración esférica positiva en el foco lejano. La FIG. 4 muestra una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente de un dispositivo oftálmico. La FIG. 5 muestra una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente de un dispositivo oftálmico.
- 45 La FIG. 6 muestra una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente de un dispositivo oftálmico. La FIG. 7 muestra una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente de un dispositivo oftálmico. La FIG. 8 es un diagrama de flujo que representa un ejemplo de un método para utilizar un dispositivo oftálmico.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERIDAS

- 50 Las formas de realización ejemplares se refieren a dispositivos oftálmicos tales como LIO y lentes de contacto. La siguiente descripción se presenta para permitir que una persona con conocimientos ordinarios en la materia pueda realizar y utilizar

la invención y se proporciona en el contexto de una solicitud de patente y sus requisitos. Varias modificaciones de las formas de realización ejemplares y de los principios y características genéricos descritos en el presente documento resultarán fácilmente evidentes. Las formas de realización ejemplares se describen principalmente en términos de dispositivos particulares proporcionados en implementaciones particulares. Sin embargo, los dispositivos funcionarán eficazmente en otras implementaciones. Por ejemplo, el dispositivo se describe principalmente en términos de LIO. Sin embargo, el dispositivo puede utilizarse como lentes de contacto. Expresiones tales como "forma de realización ejemplar", "una forma de realización" y "otra forma de realización" pueden referirse a la misma o a diferentes formas de realización, así como a múltiples formas de realización. Las formas de realización se describirán con respecto a dispositivos que tienen ciertos componentes. Sin embargo, los dispositivos pueden incluir más o menos componentes que los mostrados, y se pueden realizar variaciones en la disposición y tipo de los componentes sin alejarse del alcance de la invención. También se describirán ejemplos en el contexto de métodos particulares que tienen ciertos pasos. Sin embargo, el método funciona eficazmente para otros métodos que tienen pasos diferentes y/o adicionales y pasos en órdenes diferentes que no son inconsistentes con los ejemplos. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a las formas de realización mostradas, sino que se le debe otorgar el alcance más amplio consistente con los principios y características descritos en el presente documento. Se proporciona un dispositivo oftálmico. El dispositivo oftálmico incluye una lente oftálmica que tiene una superficie anterior, una superficie posterior, al menos una estructura difractiva y al menos una curvatura de base. La al menos una estructura difractiva proporciona una primera aberración esférica para un primer foco correspondiente a al menos una primera distancia focal. La al menos una curvatura de base proporciona una segunda aberración esférica para al menos un segundo foco correspondiente a al menos una segunda distancia focal. La primera aberración esférica y la segunda aberración esférica se proporcionan de tal manera que el primer foco tiene una aberración esférica de primer foco y el segundo foco tiene una aberración esférica de segundo foco. La aberración esférica de primer foco es de signo opuesto a la aberración esférica de segundo foco.

Las FIG. 1-2 representan una forma de realización ejemplar de un dispositivo oftálmico 100 que puede usarse como una LIO. La FIG. 1 muestra una vista en planta del dispositivo oftálmico 100, mientras que la FIG. 2 muestra una vista lateral de la lente oftálmica 110. Para mayor claridad, las FIG. 1 y 2 no están a escala. El dispositivo oftálmico 100 incluye una lente oftálmica 110 (en adelante "lente") así como hápticos 102 y 104. La lente 110 puede estar hecha de una variedad de materiales ópticos que incluyen, entre otros, uno o más de silicona, un hidrogel, un acrílico y AcrySof®. Los hápticos 102 y 104 se utilizan para mantener el dispositivo oftálmico 100 en su lugar en el ojo de un paciente (no se muestra explícitamente). Sin embargo, en otras formas de realización, se podrían utilizar otros mecanismos para retener el dispositivo oftálmico en su posición en el ojo. De esta manera, se podrían omitir los hápticos 102 y/o 104. Para mayor claridad, los hápticos no se representan en las FIG. 2 a 7, que se analizan a continuación. Aunque en la vista en planta de la FIG. 1 la lente 110 se representa con una sección transversal circular, en otras formas de realización se pueden utilizar otras formas. Además, aunque se describe en el contexto de una LIO, la lente oftálmica 110 puede ser una lente de contacto. En tal caso, se omitirían los hápticos 102 y la lente oftálmica se dimensionaría y configuraría de otro modo para residir en la superficie del ojo. Así, la lente oftálmica 110 puede ser una LIO o una lente de contacto.

La lente 110 tiene una superficie anterior 112, una superficie posterior 114 y un eje óptico 116. La lente también se caracteriza por una estructura difractiva 120 y una curvatura de base 130. La lente 110 es una lente multifocal que tiene múltiples distancias focales. Para proporcionar múltiples focos, la o las superficies anteriores y/o posteriores de la lente 110 pueden tener zonas correspondientes a diferentes rangos de distancia perpendicular al eje óptico 116 (es decir, diferentes radios). Dicho de otra manera, una zona es un anillo anular a lo largo de la superficie desde un radio mínimo hasta un radio máximo desde el eje óptico 116. Para una lente refractiva multifocal zonal, cada zona puede tener una longitud focal/potencia diferente. Para proporcionar dicha lente refractiva, la curvatura de base 130 puede ser diferente en diferentes zonas. En el caso de una lente difractiva, la luz que viaja a través de diferentes zonas de la estructura difractiva 120 interfiere. Esta interferencia de zona a zona puede generar múltiples distancias focales para la lente. Por ejemplo, la estructura difractiva 120 puede utilizar diferentes órdenes difractivos para crear múltiples focos. Para una estructura difractiva bifocal 120, el orden de difracción 0 se puede utilizar para el foco a distancia, y el orden de difracción +1 para el foco cercano. Como alternativa, se puede utilizar un orden de difracción -1 para el foco a distancia, y un orden de difracción 0 para el foco cercano. Para una lente difractiva, generalmente se considera que la curvatura de base 130 tiene una única zona o forma consistente a lo largo de la superficie de la lente 110. En el caso refractivo o difractivo, la lente 110 puede estar configurada para tener al menos una primera distancia focal correspondiente a un foco cercano y una segunda distancia focal correspondiente a un foco lejano. Como lo indican sus nombres, el foco cercano está más cerca de la lente oftálmica 110 en una dirección a lo largo del eje óptico 116 que el foco lejano. Por tanto, el foco cercano tiene una distancia focal más corta que el foco lejano. La lente 110 puede ser así una lente bifocal. La lente 110 también puede tener distancias focales adicionales. Por ejemplo, la lente oftálmica 110 puede ser una lente trifocal que incluye el foco cercano y el foco lejano descritos anteriormente, así como un foco intermedio entre los focos cercano y lejano. En otras formas de realización, la lente 110 puede estar configurada para tener otro número de distancias focales y focos.

La lente 110 incluye la estructura difractiva 120 en la superficie anterior 112 de la lente 110 y una curvatura de base 130 en la superficie posterior 114 de la lente 110. En otras formas de realización, la estructura difractiva 120 y/o la curvatura de base 130 pueden residir en diferentes superficies 112 y 114. La combinación de la curvatura de base 130 y la estructura difractiva 130 introduce aberraciones esféricas de signo opuesto en el foco lejano y el foco cercano. Una aberración esférica positiva da como resultado que la lente refracte los rayos centrales (rayos más cercanos al eje óptico 116/centro) que son paralelos al eje óptico 116 menos que si la lente no tuviera la aberración esférica. De manera similar, una aberración esférica positiva da como resultado que la lente refracte rayos marginales (rayos más alejados del eje óptico 116/más

cercaos a los bordes) que son paralelos al eje óptico 116 más que si la lente no tuviera la aberración. Una aberración esférica negativa da como resultado que la lente refracte los rayos centrales que son paralelos al eje óptico 116 más que si la lente no tuviera la aberración. De manera similar, una aberración esférica negativa hace que la lente refracte los rayos marginales que son paralelos al eje óptico 116 menos que si la lente no tuviera la aberración.

- 5 La curvatura de base 130 puede introducir una aberración esférica negativa para al menos un foco, mientras que la estructura difractiva 120 puede introducir una aberración esférica positiva para otro foco. Las magnitudes y signos de las aberraciones esféricas introducidas por la curvatura de base 130 y la estructura difractiva 120 pueden no ser los mismos. La curvatura de base 130 puede introducir aberraciones esféricas negativas tanto en el foco cercano como en el foco lejano. Las aberraciones esféricas introducidas por la curvatura de base 130 normalmente tienen el mismo signo para todos los focos porque la curvatura de base es generalmente una zona única para una lente multifocal difractiva. La aberración esférica positiva se introduce en el foco cercano mediante la estructura difractiva 120. Esto se logra cambiando el período de las alturas de los escalones difractivos (echelle) con el aumento de la distancia radial desde el eje óptico 116 a partir de lo que los cálculos de orden más bajo determinarían que debería ser el período. También podría ser posible introducir una aberración esférica negativa en un foco y una aberración esférica cero en otro foco. De esta forma, el signo y/o magnitud de las aberraciones esféricas introducidas en diferentes focos por la estructura difractiva 120 pueden ser iguales o diferentes.

- 10 En algunas formas de realización, se pueden realizar otros cambios en la porción de la lente 110 que se encuentra debajo de la estructura difractiva 120. Dichos cambios se describirán en el presente documento como cambios en la curvatura de base 130. Por ejemplo, la superficie de base puede tener múltiples zonas que tienen diferentes potencias y diferentes 15 aberraciones esféricas. En tales formas de realización, la curvatura de base de múltiples zonas 130 puede proporcionar diferentes aberraciones esféricas en diferentes zonas.

20 Matemáticamente, la curvatura de base 130 para una superficie de curva base de zona única de la superficie posterior 114 de la lente 110 se puede describir mediante:

$$z_{\text{base}} = [cr^2/(1 + \sqrt{1 - (1 + k)c^2r^2})] + A_4r^4 + A_6r^6 + \dots \quad (1)$$

- 25 donde  $z_{\text{base}}$  es la curvatura de base (la distancia que se extiende la superficie de lente en la dirección z),  $r$  es la distancia desde el eje óptico (distancia radial en el plano x-y),  $c$  es la curvatura,  $k$  es una constante cónica y  $A$  son constantes asféricas. Al utilizar las constantes asféricas adecuadas al diseñar la curvatura de base, se puede introducir la aberración esférica deseada. Se pueden introducir diferentes cantidades de aberración esférica negativa en la superficie posterior 114. Alternativamente, toda la superficie posterior 114 puede tener una aberración esférica negativa particular. De este modo, la curvatura de base 130 se puede seleccionar para proporcionar el nivel deseado de aberración esférica negativa al menos para el foco lejano.

30 En la forma de realización mostrada en la FIG. 2, la estructura difractiva 120 introduce una aberración esférica positiva en el foco cercano. De este modo, la aberración esférica introducida por la estructura difractiva 120 es de signo opuesto a la introducida por la curvatura de base. La aberración esférica se introduce solo en el foco cercano porque la naturaleza de las rejillas de difracción y la óptica difractiva permiten que la estructura difractiva 120 afecte el rendimiento cercano mucho más fuertemente que el rendimiento distante.

- 35 La estructura difractiva 120 es esencialmente una rejilla de difracción. La estructura difractiva 120 se muestra con respecto a una línea de puntos que corresponde a una lente en la que no se proporciona estructura difractiva. La estructura difractiva 120 incluye echelle 122. Para simplificar, solo se etiquetan dos echelle 122. Sin embargo, hay otro número presente. 40 El tamaño y el espaciado de los escalones pueden variar a lo largo de la superficie de la lente 110. Por ejemplo, la lente 110 puede dividirse en zonas en función de la distancia desde el eje óptico (por ejemplo, a lo largo del radio). Diferentes zonas pueden tener diferentes alturas de escalón para los echelle 122 y/o diferentes espacios entre los echelle. De este modo, las características de la estructura difractiva 120 se pueden controlar configurando los echelle 122. El perfil de la estructura difractiva 120 viene dado por:

$$z_{\text{difractiva}} = P_2r^2 + P_4r^4 + P_6r^6 + \dots \quad (2)$$

- 45 donde  $z_{\text{difractiva}}$  es el perfil en la dirección z de la estructura difractiva 120,  $r$  es la distancia desde el eje óptico (distancia radial),  $P_2$  define la potencia añadida y  $P_4$  y  $P_6$  son parámetros que modifican la distribución de la luz. Configurando adecuadamente la geometría de los echelle y, por tanto, la  $z_{\text{difractiva}}$ , se puede introducir la cantidad deseada de aberración esférica positiva en el foco cercano. Por ejemplo, cambiar el espaciado entre los echelle 122 más allá del eje óptico (radio mayor) puede introducir una aberración esférica positiva.

50 La magnitud de la aberración esférica positiva proporcionada por la estructura difractiva 120 puede exceder una aberración esférica negativa introducida por la curvatura de base 120. El resultado neto es que el foco lejano y el foco cercano pueden tener diferentes aberraciones esféricas. Por ejemplo, el foco lejano puede tener una aberración esférica negativa y el foco cercano tiene una aberración esférica positiva introducida por la combinación de la curvatura de base 130 y la estructura

difractiva 120. De esta forma, la lente 110 puede presentar aberración esférica de signos opuestos para los focos cercano y lejano.

La lente 110 puede tener un rendimiento mejorado manteniendo los beneficios de una lente multifocal. Debido a que la lente 110 es una lente multifocal, el dispositivo oftálmico 100 puede usarse para tratar afecciones como la presbicia. Debido a que la estructura difractiva 120 y la curvatura de base 130 proporcionan aberraciones esféricas opuestas en los focos cercano y lejano, se pueden reducir las alteraciones visuales de la lente 110. El efecto de la introducción de aberraciones esféricas de signos opuestos puede entenderse de la siguiente manera. Las lentes multifocales forman múltiples imágenes de cada objeto. Se forma una imagen para cada foco. Una de estas imágenes estará más enfocada que las restantes. Por ejemplo, para una lente bifocal, se forman dos imágenes: una para el foco cercano y otra para el foco lejano. Para un objeto cercano, una primera imagen formada debido al foco cercano está enfocada. Una segunda imagen del objeto cercano formada debido al foco lejano tiene un mayor desenfoque/está menos enfocada. Esta segunda imagen es un artefacto no deseado. La combinación de la estructura difractiva 120 y la curvatura de base 130 introduce aberraciones esféricas que tienen signos diferentes para diferentes focos. Estas aberraciones esféricas hacen que las imágenes menos enfocadas sean menos visibles. Esto se logra reduciendo el contraste y la visibilidad general de las imágenes que tienen un mayor desenfoque. En el ejemplo anterior, la introducción de una aberración esférica negativa para el foco lejano da como resultado que la imagen del objeto cercano esté más desenfocada. La segunda imagen descrita arriba está más desenfocada, es menos intensa y de intensidad más uniforme. De manera similar, la introducción de una aberración esférica positiva para el foco cercano da como resultado que éste proporcione una imagen desenfocada más grande, de menor intensidad y de intensidad más uniforme para objetos lejanos. De este modo, la introducción de una aberración esférica con signos opuestos en los focos cercano y lejano puede reducir los artefactos de la imagen.

Los cambios de foco debidos a la introducción de aberración esférica también pueden entenderse gráficamente. Por ejemplo, las FIG. 3A y 3B son esquemas que ilustran el comportamiento de dos lentes. La FIG. 3A es un gráfico 140 que representa la intensidad en función de la distancia sin aberraciones esféricas. El foco cercano y el foco lejano también se indican en la FIG. 3A. Como se puede ver en la FIG. 3A, la intensidad alcanza su punto máximo tanto en el foco cercano como en el foco lejano. La FIG. 3B es un gráfico 140' que representa la intensidad en función de la distancia en las mismas condiciones pero para una lente que tiene una aberración esférica positiva en el foco cercano y una aberración esférica negativa en el foco lejano. De este modo, el gráfico 140' corresponde a una lente análoga a la lente 110 representada en las FIG. 1-2. Como se puede ver en la FIG. 3B, el perfil de energía ha cambiado respecto al que se muestra en la FIG. 3A. Los picos en el gráfico 140' están dispersos y son asimétricos debido a la aberración esférica añadida. Como se discutió anteriormente, una aberración esférica positiva en el foco cercano da como resultado que la imagen correspondiente de un objeto distante esté menos enfocada. De manera similar, una aberración esférica negativa en el foco lejano da como resultado que la imagen correspondiente de un objeto cercano esté menos enfocada. Como resultado, la intensidad de una imagen fantasma desenfocada puede reducirse. Además, se ha aumentado la profundidad de campo. Las FIG. 3C y 3D representan gráficos 142 y 142' análogos que tienen características más realistas. Las FIG. 3C y 3D muestran los casos sin aberración esférica y con aberración esférica positiva en el foco cercano y una aberración esférica negativa en el foco lejano. De este modo, el gráfico 142' corresponde a una lente análoga a la lente 110. Como se puede ver al comparar los gráficos 142 y 142', la energía en cada pico del gráfico 142' se ha dispersado asimétricamente. En consecuencia, las alteraciones visuales tales como las imágenes fantasma pueden disminuir en intensidad mientras se mejora la profundidad de campo. Como resultado, se puede mejorar el rendimiento de la lente oftálmica 110.

La FIG. 4 representa una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente 110' de un dispositivo oftálmico. La lente 110' es análoga a la lente 110. Por consiguiente, la lente 110' puede utilizarse en un dispositivo oftálmico tal como el dispositivo 100. Además, los componentes análogos tienen etiquetas similares. La lente 110' incluye una superficie anterior 112', una superficie posterior 114', un eje óptico 116, una curvatura de base 130' y una estructura difractiva 120' que tiene echelettes 122' que son análogos a la superficie anterior 112, la superficie posterior 114, el eje óptico 116, la curvatura de base 130 y la estructura difractiva 120 que tiene echelettes 122, respectivamente, de la lente 110.

La estructura difractiva 120' reside en la superficie posterior 114', mientras que la curvatura de base 130' reside en la superficie anterior 112'. La estructura difractiva 120' y la curvatura de base 130' introducen aberraciones esféricas que tienen signos opuestos y, en algunas formas de realización, magnitudes diferentes. De esta manera, la curvatura de base 130' puede introducir una aberración esférica negativa al menos para el foco lejano. También se puede proporcionar una aberración esférica negativa para el foco cercano. La estructura difractiva 120' introduce una aberración esférica positiva para el foco cercano. La combinación de la estructura difractiva 120' y la curvatura de base 130' puede, por lo tanto, proporcionar aberraciones esféricas que tengan signos opuestos en el foco cercano y lejano. Los perfiles de intensidad de la lente 110' pueden así ser análogos a los de 140' y/o 142' de la lente 110.

La lente 110' puede compartir los beneficios de la lente 110. En particular, la lente 110' puede tener un rendimiento mejorado manteniendo los beneficios de una lente multifocal. Debido a que la lente 110' es una lente multifocal, el dispositivo oftálmico 100 puede usarse para tratar afecciones como la presbicia. Debido a que se emplean la estructura difractiva 120' y la curvatura de base 130', se pueden reducir las alteraciones visuales de la lente 110'. Más específicamente, las alteraciones visuales tales como las imágenes fantasma pueden reducirse en intensidad y puede mejorarse la profundidad de campo. Como resultado, se puede mejorar el rendimiento de la lente oftálmica 110'.

La FIG. 5 representa una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente 110" de un dispositivo oftálmico. La lente 110" es análoga a la o las lentes 110 y/o 110'. Por consiguiente, la lente 110" puede utilizarse en dispositivos

oftálmicos tales como el dispositivo 100. Además, los componentes análogos tienen etiquetas similares. La lente 110" incluye una superficie anterior 112", una superficie posterior 114", un eje óptico 116, una curvatura de base 130" y una estructura difractiva 120" que tiene echelettes 122" que son análogos a la superficie anterior 112/112", la superficie posterior 114/114", el eje óptico 116, la curvatura de base 130/130" y la estructura difractiva 120/120" que tienen echelettes 122/122", respectivamente, de la o las lentes 110/110".

En la lente 110", la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130" residen ambas en la superficie anterior 112". Esto es posible porque el perfil de la superficie anterior 112" es la suma de los perfiles de la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130". La estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130" introducen aberraciones esféricas que tienen signos opuestos y, en algunas formas de realización, magnitudes diferentes. De esta forma, la curvatura de base 130" puede introducir una aberración esférica negativa al menos para el foco lejano. La estructura difractiva 120" introduce una aberración esférica positiva para el foco cercano. La combinación de la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130" puede proporcionar aberraciones esféricas con signos opuestos en el foco cercano y lejano. Los perfiles de intensidad de la lente 110" pueden así ser análogos a los de 140' y/o 142' de la lente 110.

La lente 110" puede compartir los beneficios de la o las lentes 110 y/o 110'. La lente de 110" puede tener un rendimiento mejorado manteniendo los beneficios de una lente multifocal. Debido a que la lente 110" es una lente multifocal, el dispositivo oftálmico 100 puede usarse para tratar afecciones como la presbicia. Debido a que se emplean la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130", se pueden reducir las alteraciones visuales de la lente 110". Más específicamente, las alteraciones visuales tales como las imágenes fantasma pueden reducirse en intensidad y puede mejorarse la profundidad de campo. Como resultado, se puede mejorar el rendimiento de la lente oftálmica 110".

La FIG. 6 representa una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente 110" de un dispositivo oftálmico. La lente 110" es análoga a la o las lentes 110, 110' y/o 110". Por consiguiente, la lente 110" puede utilizarse en dispositivos oftálmicos como el dispositivo 100. Además, los componentes análogos tienen etiquetas similares. La lente 110" incluye una superficie anterior 112", una superficie posterior 114", un eje óptico 116, una curvatura de base 130" y una estructura difractiva 120" que tiene echelettes 122" que son análogos a la superficie anterior 112/112/112", superficie posterior 114/114/114", eje óptico 116, curvatura de base 130/130/130" y estructura difractiva 120/120/120" que tiene echelettes 122/122/122", respectivamente, de la o las lentes 110/110/110".

En la lente 110", la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130" residen ambas en la superficie posterior 114". La lente 110" es por tanto la más análoga a la lente 110". El perfil de la superficie posterior 114" es la suma de los perfiles de la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130". La estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130" introducen aberraciones esféricas que tienen signos opuestos y, en algunas formas de realización, magnitudes diferentes. De este modo, la curvatura de base 130" puede introducir una aberración esférica negativa al menos para el foco lejano. La estructura difractiva 120" introduce una aberración esférica positiva para el foco cercano. La combinación de la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130" puede, por tanto, proporcionar aberraciones esféricas que tengan signos opuestos en el foco cercano y lejano. Los perfiles de intensidad de la lente 110" pueden así ser análogos a los de 140' y/o 142' de la lente 110.

La lente 110" puede compartir los beneficios de la o las lentes 110, 110' y/o 110". La lente 110" puede tener un rendimiento mejorado manteniendo los beneficios de una lente multifocal. Debido a que la lente 110" es una lente multifocal, el dispositivo oftálmico 100 puede usarse para tratar afecciones como la presbicia. Debido a que se emplean la estructura difractiva 120" y la curvatura de base 130", se pueden reducir las alteraciones visuales de la lente 110". Más específicamente, las alteraciones visuales tales como las imágenes fantasma pueden reducirse en intensidad y puede mejorarse la profundidad de campo. Como resultado, se puede mejorar el rendimiento de la lente oftálmica 110".

La FIG. 7 representa una vista lateral de otra forma de realización ejemplar de una lente 150 de un dispositivo oftálmico. La lente 150 es análoga a la o las lentes 110, 110', 110" y/o 110". Por consiguiente, la lente 150 se puede utilizar en dispositivos oftálmicos como el dispositivo 100. Además, los componentes análogos tienen etiquetas similares. La lente 150 incluye una superficie anterior 152, una superficie posterior 154, un eje óptico 156, una curvatura de base 170 y una estructura difractiva 160 que tiene echelettes 162 que son análogos a la superficie anterior 112/112/112/112", superficie posterior 114/114/114"/114", eje óptico 116, curvatura de base 130/130/130"/130" y estructura difractiva 120/120/120"/120" que tiene echelettes 122/122/122"/122", respectivamente, de la o las lentes 110/110/110"/110".

En la lente 150, la estructura difractiva 160 reside en la superficie anterior 152, mientras que la curvatura de base 170 reside en la superficie posterior 154. De este modo, la lente 150 puede considerarse la más análoga a la lente 110. Además, la lente 150 es una lente trifocal. En otras formas de realización, la lente 150 puede tener otro número de focos. Por ejemplo, la lente 150 podría ser una lente cuadrifocal.

La estructura difractiva 160 y la curvatura de base 170 introducen aberraciones esféricas que tienen signos opuestos y, en algunas formas de realización, magnitudes diferentes. De esta manera, la curvatura de base 170 puede introducir una aberración esférica negativa al menos para el foco lejano. La curvatura de base 170 también puede proporcionar una aberración esférica negativa para los focos cercanos y/o intermedios. La estructura difractiva 160 puede introducir dos aberraciones esféricas para el foco intermedio y el foco cercano. Por ejemplo, la estructura difractiva 10 puede tener una primera aberración esférica positiva para el foco cercano y una segunda aberración esférica positiva para el foco intermedio. En algunos casos, la segunda aberración esférica tiene una magnitud menor que la primera aberración esférica.

Los perfiles de intensidad cercanos y lejanos de la lente 150 pueden así ser análogos a los de 140' y/o 142' de la lente 110. Así pues, al menos el foco cercano y el lejano presentan aberraciones esféricas de signo opuesto. El perfil de intensidad para el foco intermedio puede ser análogo.

- 5 La lente 150 puede compartir los beneficios de la o las lentes 110, 110', 110" y/o 110"". La lente 150 puede tener un rendimiento mejorado manteniendo los beneficios de una lente multifocal. Debido a que la lente 150 es una lente multifocal, el dispositivo oftálmico 100 puede usarse para tratar afecciones como la presbicia. Debido a que se emplean la estructura difractiva 160 y la curvatura de base 170, se pueden reducir las alteraciones visuales de la lente 150. Más específicamente, las alteraciones visuales tales como las imágenes fantasma pueden reducirse en intensidad y puede mejorarse la profundidad de campo. Como resultado, se puede mejorar el rendimiento de la lente oftálmica 150.
- 10 La FIG. 8 es un ejemplo de un método 200 para tratar una afección oftálmica en un paciente. Para simplificar, se pueden omitir, intercalar y/o combinar algunos pasos. El método 200 también se describe en el contexto del uso del dispositivo oftálmico 100 y la lente oftálmica 110. Sin embargo, el método 200 se puede utilizar con una o más de las lentes oftálmicas 110, 110', 110", 110"" y/o un dispositivo oftálmico análogo.
- 15 Se selecciona un dispositivo oftálmico 100 para implantación en un ojo del paciente, a través del paso 202. El dispositivo oftálmico 100 incluye una lente oftálmica 110 que tiene una estructura difractiva 120 y una curvatura de base 130 que introducen aberraciones esféricas que tienen signo opuesto y, opcionalmente, magnitud. Por tanto, en el paso 202 se puede seleccionar el dispositivo oftálmico 100 que incluye la lente oftálmica 110, 110', 110" o 110"".
- 20 El dispositivo oftálmico 100 se implanta en el ojo del paciente, a través del paso 204. El paso 204 puede incluir reemplazar el cristalino del propio paciente con el dispositivo oftálmico 100 o aumentar el cristalino del paciente con el dispositivo oftálmico. Posteriormente se podrá completar el tratamiento del paciente. En algunos ejemplos puede realizarse la implantación de otro dispositivo oftálmico análogo en el otro ojo del paciente.
- Utilizando el método 200, se pueden utilizar las lentes oftálmicas 110, 110', 110", 110"" y/o lentes oftálmicas. De esta manera se pueden conseguir los beneficios de una o más de las lentes oftálmicas 110, 110', 110" y/o 110"".
- 25 Se ha descrito un dispositivo oftálmico. El dispositivo se ha descrito de acuerdo con las formas de realización ejemplares mostradas, y una persona con conocimientos ordinarios en la materia reconocerá fácilmente que podría haber variaciones en las formas de realización, y cualquier variación estaría dentro del alcance del dispositivo. Por consiguiente, una persona con conocimientos ordinarios en la materia podrá realizar muchas modificaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Una lente oftálmica (110) que comprende:

una superficie anterior (112) que tiene una curvatura de base anterior;

una superficie posterior (114) que tiene una curvatura de base posterior;

5 al menos una estructura difractiva (120) que proporciona una primera aberración esférica para un primer foco correspondiente a al menos una primera distancia focal, y para dividir la luz entre el primer foco y un segundo foco correspondiente a al menos una segunda distancia focal,

10 en donde la curvatura de base anterior y la curvatura de base posterior proporcionan una segunda aberración esférica para al menos el segundo foco, estando configuradas la primera aberración esférica y la segunda aberración esférica de tal manera que el primer foco tiene una aberración esférica de primer foco y el segundo foco tiene una aberración esférica de segundo foco,

15 en donde la aberración esférica de primer foco es una aberración esférica positiva y la aberración esférica de segundo foco es una aberración esférica negativa.

2. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que la estructura difractiva (120) incluye un primer orden difractivo para el primer foco y un segundo orden difractivo para el segundo foco.

3. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que la lente oftálmica (110) tiene un tercer foco que corresponde a al menos una tercera distancia focal, siendo la tercera distancia focal diferente de la primera distancia focal y de la segunda distancia focal.

20 4. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que al menos una de las dos curvaturas de base (130) tiene una pluralidad de zonas, teniendo cada una de la pluralidad de zonas una potencia correspondiente y una aberración esférica correspondiente.

5. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que al menos una estructura difractiva (120) está incorporada en la superficie anterior (112).

25 6. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que al menos una estructura difractiva (120) está incorporada en la superficie posterior (114).

7. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que la lente oftálmica (110) se selecciona entre una lente intraocular y una lente de contacto.

8. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1, en la que la primera aberración esférica tiene una primera magnitud y la segunda aberración esférica tiene una segunda magnitud diferente de la primera magnitud.

30 9. Un dispositivo oftálmico que comprende la lente oftálmica (110) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, y una pluralidad de hápticos acoplados con la lente oftálmica (110).

35 10. El dispositivo oftálmico de la reivindicación 9, en el que la lente oftálmica (110) tiene un tercer foco que corresponde a al menos una tercera longitud focal y en el que la estructura difractiva (120) proporciona además una tercera aberración esférica para el tercer foco, siendo la tercera longitud focal diferente de la primera longitud focal y de la segunda longitud focal.

11. El dispositivo oftálmico de la reivindicación 10, en el que la primera aberración esférica tiene una primera magnitud y la tercera aberración esférica tiene una segunda magnitud menor que la primera magnitud.

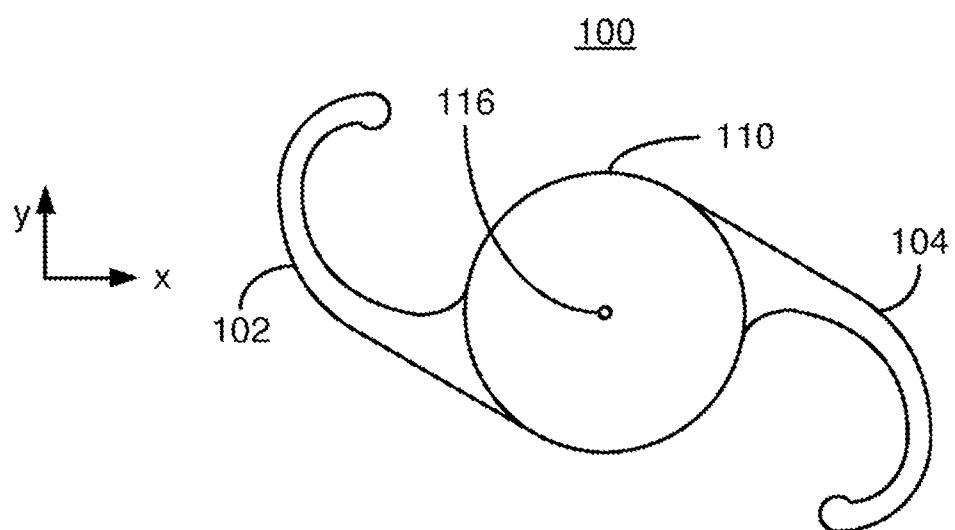


FIG. 1

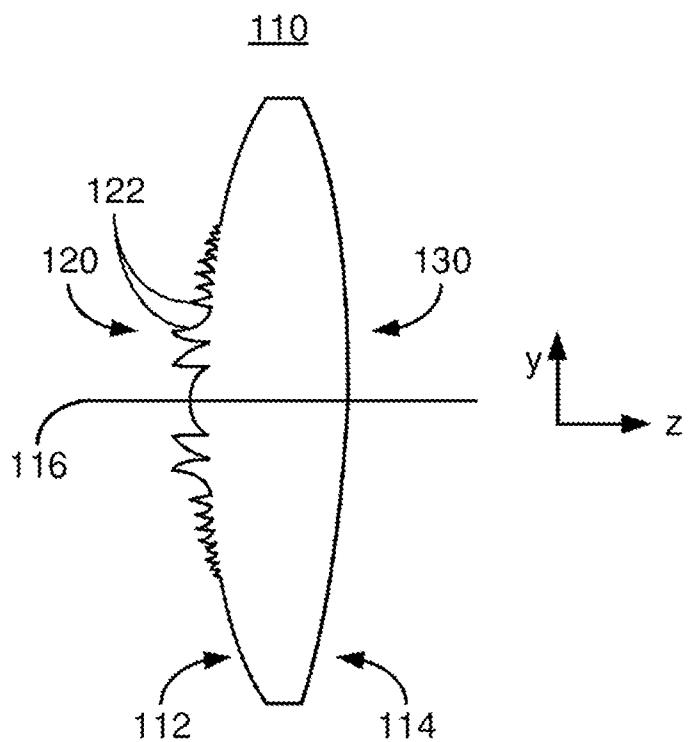
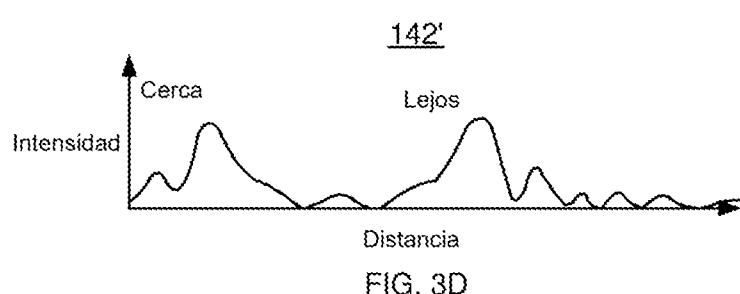
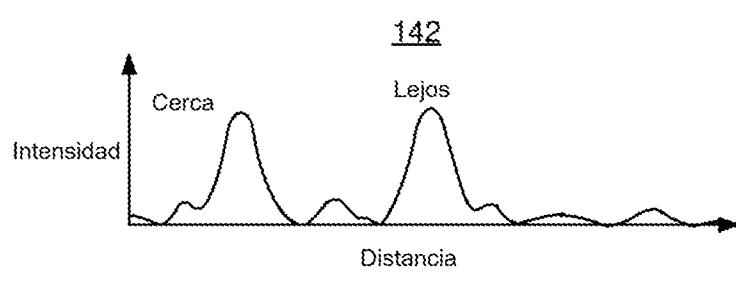
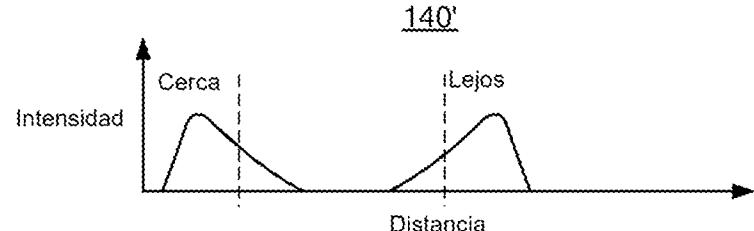
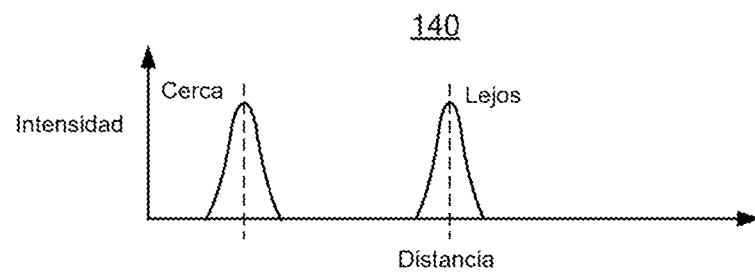


FIG. 2



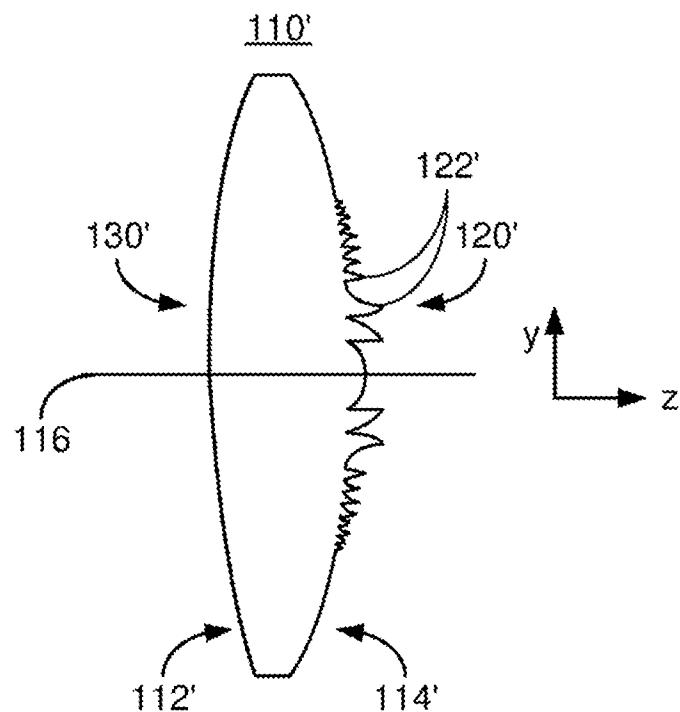


FIG. 4

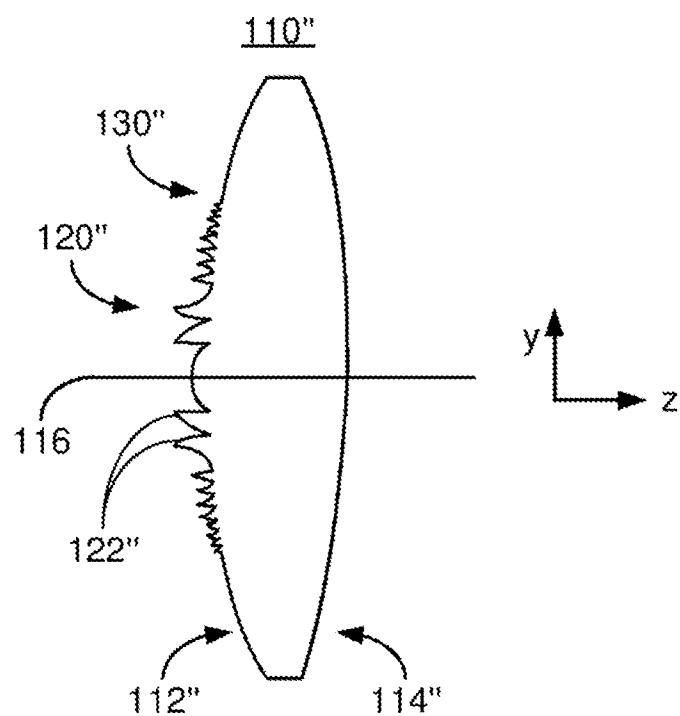
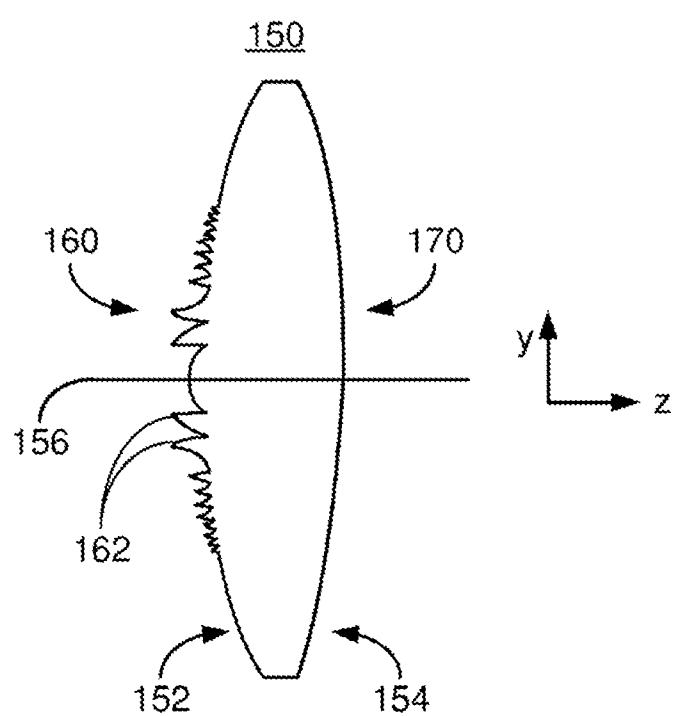
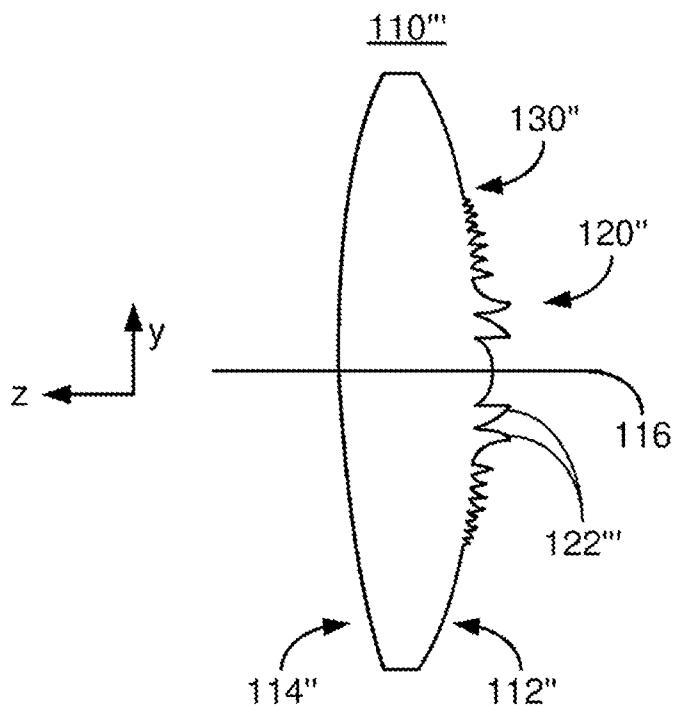


FIG. 5



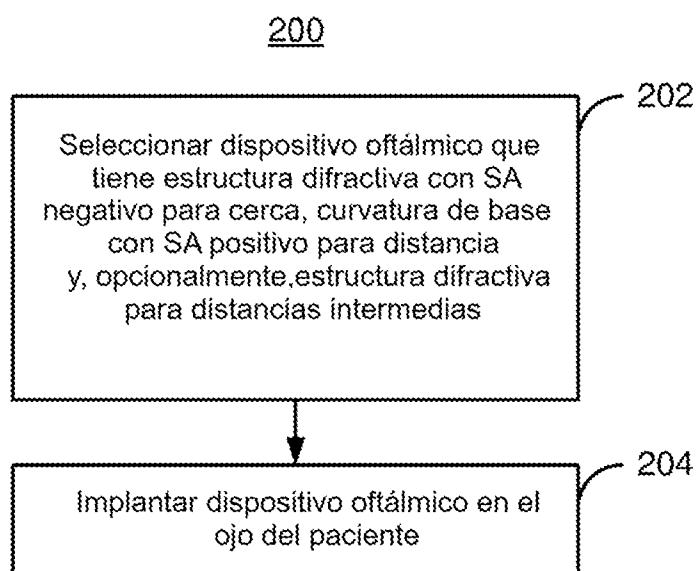


FIG. 8