

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 004**

51 Int. Cl.:

A61F 2/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2013 PCT/US2013/072773**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14099347**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2013 E 13866220 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2908777**

54 Título: **Sistema para proporcionar una lente intraocular que tenga una profundidad de campo mejorada**

30 Prioridad:

18.12.2012 US 201261738571 P

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

14.11.2017

73 Titular/es:

**NOVARTIS AG (100.0%)
Lichtstrasse 35
4056 Basel, CH**

72 Inventor/es:

**CARSON, DANIEL ROBERT;
CHOI, MYOUNG-TAEK y
LEE, SHINWOOK**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 642 004 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 para proporcionar una lente intraocular que tenga una profundidad de campo mejorada.

Antecedentes

5 Las lentes intraoculares (LIO) se implantan en los ojos de los pacientes, ya sea para reemplazar la lente de un paciente o, en el caso de una LIO fáquica, para complementar la lente del paciente. Por ejemplo, la LIO puede implantarse en lugar de la lente del paciente durante la cirugía de cataratas. Alternativamente, se puede implantar una LIO fáquica en el ojo de un paciente para aumentar la potencia óptica de la propia lente del paciente.

10 Algunas LIO convencionales son LIO de distancia focal única. Las LIO de una distancia focal única tienen una distancia focal única o una potencia única. La distancia focal se fija generalmente en un punto relativamente próximo al paciente, por ejemplo, del orden de un metro del paciente. Los objetos a la distancia focal desde el ojo/LIO están enfocados, mientras que los objetos más cercanos o más alejados están fuera de enfoque. Aunque los objetos estén enfocados perfectamente sólo a la distancia focal, los objetos dentro de la profundidad de campo (dentro de una distancia particular de la distancia focal) todavía están razonablemente enfocados para que el paciente considere los objetos enfocados. Sin embargo, los pacientes pueden necesitar corrección adicional para los objetos que están más cerca o más lejos que la profundidad de campo.

15 Algunas LIO convencionales pueden utilizar la difracción para proporcionar múltiples distancias focales. Dichas LIO difractivas convencionales tienen normalmente dos distancias focales - lejos y cerca. Las LIO difractivas utilizan una rejilla de difracción formada en la superficie anterior de la LIO. La rejilla de difracción toma normalmente la forma de escaleras de difracción microscópicas, o dientes de sierra superficiales como caras, formadas en la superficie de la lente. Las escaleras de difracción forman una rejilla de difracción que tiene una distancia focal particular. Por ejemplo, algunas LIO difractivas bifocales convencionales pueden romper la lente en placas de zona en base a la distancia desde el eje óptico. Cada zona incluye una única escalera de difracción con un radio de curvatura proporcional a la raíz cuadrada del número de zona, con zonas impares que tienen una altura de escalón para la escalera de difracción y zonas pares que tienen la mitad de la altura de escalón para la escalera de difracción. Una LIO difractiva convencional de este tipo puede tener dos distancias focales. Sin embargo, una LIO difractiva de este tipo puede tener todavía una profundidad de campo limitada alrededor de cada distancia focal. Como resultado, un paciente todavía puede requerir corrección adicional para actividades, tales como leer, que pueden implicar enfocar los objetos fuera de la profundidad de campo para cada distancia focal.

Por consiguiente, lo que se necesita es un sistema para mejorar la profundidad de campo de las LIO.

Breve resumen de la invención

30 Se proporciona una lente oftálmica de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema oftálmico de acuerdo con la reivindicación 7. Otras características se presentan en las reivindicaciones dependientes.

35 El dispositivo oftálmico incluye una lente oftálmica que tiene una superficie anterior, una superficie posterior, un eje óptico y al menos un patrón de rejilla de difracción. El(los) patrón(es) de rejilla de difracción se dispone(n) en al menos una de la superficie anterior y la superficie posterior. El(los) patrón(es) de rejilla de difracción incluye(n) las zonas correspondientes a los intervalos de distancia desde el eje óptico. Cada una de las zonas tiene varias escaleras de difracción que tienen un radio de curvatura correspondiente a una distancia focal. El radio de curvatura para cada una de al menos una parte de las zonas es diferente del radio de curvatura para otra de las zonas.

Breve descripción de varias vistas de los dibujos

La FIG. 1 representa una vista en planta de una forma de realización de ejemplo de un dispositivo oftálmico.

La FIG. 2 representa una vista lateral de una forma de realización de ejemplo de una lente de un dispositivo oftálmico.

40 La FIG. 3 representa una forma de realización de ejemplo de una rejilla de difracción para una forma de realización de ejemplo de una parte de un dispositivo oftálmico.

La FIG. 4 representa una forma de realización de ejemplo de una lente para una forma de realización de ejemplo de una parte de un dispositivo oftálmico.

45 La FIG. 5 representa otra forma de realización de ejemplo de una rejilla de difracción para una forma de realización de ejemplo de una parte de un dispositivo oftálmico.

La FIG. 6 representa otra forma de realización de ejemplo de una lente para una forma de realización de ejemplo de una parte de un dispositivo oftálmico.

La FIG. 7 representa otra forma de realización de ejemplo de una lente para una forma de realización de ejemplo de una parte 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 forma de realización preferidas

Las formas de realización de ejemplo se refieren a LIO que incluyen rejillas de difracción. La siguiente descripción se presenta para permitir a un experto en la técnica hacer y utilizar la invención y se proporciona en el contexto de una solicitud de patente y sus requisitos. Diversas modificaciones a las formas de realización de ejemplo y los principios y características genéricas descritas en la presente memoria serán fácilmente evidentes. Las formas de realización de ejemplo se describen principalmente en términos de métodos y sistemas particulares proporcionados en implementaciones particulares. Sin embargo, los métodos y sistemas funcionarán eficazmente en otras implementaciones. Frases tales como "forma de realización de ejemplo", "una forma de realización" y "otra forma de realización" pueden referirse a las mismas o diferentes formas de realización, así como a múltiples formas de realización. Las formas de realización se describirán con respecto a sistemas y/o dispositivos que tienen determinados componentes. Sin embargo, los sistemas y/o dispositivos pueden incluir más o menos componentes que los mostrados y se pueden hacer variaciones en la disposición y tipo de los componentes sin apartarse del alcance de la invención. Las formas de realización de ejemplo se describirán también en el contexto de métodos particulares que tienen ciertas etapas. Sin embargo, el método y el sistema funcionan eficazmente para otros métodos que tienen pasos y etapas diferentes y/o adicionales en diferentes órdenes que no son incompatibles con las formas de realización de ejemplo. Por lo tanto, la presente invención no pretende limitarse a las formas de realización mostradas, sino que debe concederse el alcance más amplio compatible con los principios y características descritas en la presente memoria. En particular, la invención es sólo la lente oftálmica, no reivindicándose ningún método. Todas las referencias a los métodos son ejemplos.

Un método y sistema descritos en la presente memoria proporcionan un dispositivo oftálmico y tratan a un paciente utilizando el dispositivo oftálmico. El dispositivo oftálmico incluye una lente oftálmica que tiene una superficie anterior, una superficie posterior, un eje óptico y al menos un patrón de rejilla de difracción. El(los) patrón(es) de rejilla de difracción se dispone(n) en al menos una de la superficie anterior y la superficie posterior. El(los) patrón(es) de rejilla de difracción incluye(n) zonas correspondientes a intervalos de distancia desde el eje óptico. Cada una de las zonas tiene varias escaleras de difracción que tienen un radio de curvatura correspondiente a una distancia focal. El radio de curvatura para cada una de al menos una parte de las zonas es diferente del radio de curvatura para otra de las zonas.

Las FIG. 1-2 representan una forma de realización de ejemplo de un dispositivo oftálmico 100 que se puede utilizar como una LIO. La FIG. 1 representa una vista en planta del dispositivo oftálmico 100, mientras que la FIG. 2 representa 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 que tiene un eje óptico 106 así como los hápticos 102 y 104. La lente oftálmica puede estar hecha de una variedad de materiales ópticos que incluyen, pero no se limitan a uno o más de silicón, 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 mostrado explícitamente). Sin embargo, en otras formas de realización, podría(n) utilizarse otro(s) mecanismo(s) para retener el dispositivo oftálmico en posición en el ojo. Para mayor claridad, los hápticos no se representan en las FIG. 2-7, descritas a continuación. Aunque la lente oftálmica 119 se representa como que tiene una sección transversal circular en la vista en planta de la FIG. 1, en otras formas de realización, se pueden utilizar otras formas.

La lente oftálmica 110 se divide en zonas en base a una distancia radial desde el eje óptico 106. En la forma de realización mostrada, la lente oftálmica 110 se divide en cuatro zonas: Zona 1 112, Zona 2 114, Zona 3 116 y Zona 4 118. La Zona 1 112 es un círculo que corresponde a un radio cero (el eje óptico) hasta un primer radio, el más pequeño. La Zona 2 114 es un anillo anular desde el primer radio hasta un segundo radio que es más grande que el primer radio. La Zona 3 116 es un anillo anular desde el segundo radio hasta un tercer radio que es más grande que el segundo radio. La Zona 4 118 es un anillo anular desde el tercer radio hasta un cuarto radio que es más grande que el tercer radio. En la forma de realización mostrada, la Zona 4 118 se extiende hasta el borde exterior de la lente 110. Sin embargo, en otras formas de realización, las zonas no necesitan extenderse hasta el borde exterior de la lente 110.

La lente 110 también incluye una rejilla de difracción 120 en la superficie anterior de la lente 110. Sin embargo, en otras formas de realización, la rejilla de difracción 120 puede estar en la superficie posterior o pueden existir rejillas de difracción tanto en las superficies anterior como posterior de la lente 110. Además, si las rejillas de difracción 120 residen en ambas superficies de la lente 110, no existe el requisito de que las rejillas de difracción sean las mismas. La rejilla de difracción 120 se muestra con respecto a una línea de puntos que corresponde a una lente en la que no se proporciona una rejilla de difracción. La rejilla de difracción 120 incluye las escaleras de difracción 122. Para simplificar, sólo se marcan dos escaleras de difracción 122. En la forma de realización mostrada, la rejilla de difracción 120 puede tener un orden de difracción de +1, permitiendo que la parte refractiva de la lente 110 se incorpore mejor con la rejilla de difracción 120.

Las escaleras de difracción 122 de la rejilla de difracción 120 difieren en las zonas 112, 114, 116 y 118. Más específicamente, los radios de curvatura de las superficies de las escaleras de difracción 122 dependen de la zona. Por lo tanto, las escaleras de difracción 122 en la Zona 1 112 tienen un primer radio de curvatura, las escaleras de

difracción 122 en la Zona 2 114 tienen un segundo radio de curvatura, las escaleras de difracción 122 en la Zona 3 116 tienen un tercer radio de curvatura y las escaleras de difracción 122 en la Zona 4 118 tienen un cuarto radio de curvatura. Al menos algunos de los radios de curvatura primero, segundo, tercero y cuarto difieren de otros radios de curvatura. En la forma de realización mostrada, el primer radio de curvatura de las escaleras de difracción 122 en la Zona 1 112 es el más grande, el segundo radio de curvatura de las escaleras de difracción 122 en la Zona 2 114 es el segundo más grande, el tercer radio de curvatura de las escaleras de difracción 122 en La Zona 3 116 es el tercero más grande y el cuarto radio de curvatura de las escaleras de difracción 122 en la Zona 4 118 es el más pequeño. Por lo tanto, el radio de curvatura disminuye monótonamente desde las zonas inferiores hasta las zonas más altas de la FIG. 2. Sin embargo, otras dependencias son posibles. Por ejemplo, el radio de curvatura puede aumentar con el aumento de la distancia desde el eje óptico. Además, el radio de curvatura para una zona 112, 114, 116 y/o 118 también se puede configurar para tener en cuenta problemas tales como la aberración esférica. Por lo tanto, en algunas formas de realización, el radio de curvatura no aumenta ni disminuye monótonamente desde el radio inferior hasta las zonas de radio más alto. En la mayoría de las formas de realización, sin embargo, la rejilla de difracción 120 se configura de tal manera que la distancia focal de la zona (en oposición al radio de curvatura de la zona) aumente monótonamente o disminuya monótonamente). En la forma de realización mostrada, la altura del escalón para las escaleras de difracción 122 no varía. Por lo tanto, la altura del escalón es la misma para cada una de las zonas 112, 114, 116 y 118. La altura del escalón local para las escaleras de difracción 122 en una zona particular corresponde al rendimiento óptico para esa zona. En algunas formas de realización, por lo tanto, la altura del escalón local es constante con el fin de proporcionar un valor constante de rendimiento óptico para una longitud de onda particular de la luz. Sin embargo, en otras formas de realización, la altura del escalón puede variar.

En la forma de realización mostrada, el período local de la rejilla de difracción 120 está dado por $\Lambda = f\lambda/r$, donde Λ es el período, f es la distancia focal de la superficie de difracción, r es la distancia desde el eje óptico y λ es la longitud de onda de la luz. La distancia focal y el período Λ dependen del radio de curvatura de las escaleras de difracción 122. Según se ha descrito anteriormente, los radios de curvatura de las zonas 112, 114, 116 y 118 difieren. Por lo tanto, la distancia focal y el período de rejilla también difieren en cada una de las zonas 112, 114, 116 y 118.

La lente 110 puede tener una profundidad de campo mejorada debido a la variación del radio de curvatura de las escaleras de difracción en las zonas 112, 114, 116, y 118. Más específicamente, los diferentes radios de curvatura para las escaleras de difracción en cada una de las zonas 112, 114, 116 y 118 corresponden a distancias focales diferentes para las zonas 112, 114, 116 y 118. La rejilla de difracción 120 puede de este modo considerarse que tiene una mezcla de distancias focales para las zonas 112, 114, 116 y 118, en lugar de una única distancia focal. De forma similar, la profundidad de campo para la rejilla de difracción 120 puede ser también una mezcla de las profundidades de campo para las zonas 112, 114, 116 y 118. La profundidad de campo para la lente 110 se puede extender mediante esta mezcla de las profundidades de campo. Por ejemplo, supongamos que cada zona tiene una profundidad de campo alrededor de su propia distancia focal y una distancia focal particular establecida por el radio de curvatura de las escaleras de difracción en esa zona. La profundidad de campo para la lente 110 puede incluir las profundidades de campo de todas las zonas 112, 114, 116 y 118 alrededor de las distancias focales de las zonas 112, 114, 116 y 118. Por lo tanto, la profundidad de campo para la lente 110 se ha extendido más allá de la de una única zona 112, 114, 116 y 118. En algunas formas de realización, incluyendo la profundidad de campo para la lente 110 la rejilla de difracción 118 de la rejilla de difracción. En algunas de dichas formas de realización, la profundidad de campo para la lente 110 es al menos tres veces la profundidad de campo de una única zona 112, 114, 116 o 118 de la rejilla de difracción. Por lo tanto, la profundidad de campo para la lente 110 y, por lo tanto, para el dispositivo oftálmico 100 puede aumentarse empleando las zonas 112, 114, 116 y 118 que tienen escaleras de difracción 122 con diferentes radios de curvatura.

Por lo tanto, la profundidad de campo de la lente 110 se puede mejorar. Este aumento en la profundidad de campo puede lograrse sin cambiar la altura del escalón o afectando adversamente en su defecto el rendimiento óptico de la lente oftálmica 110. La profundidad de campo mejorada puede alcanzarse sin afectar la potencia de la lente 110. La rejilla de difracción 120 se puede combinar con refracción dentro de la lente 110 para lograr la potencia de lente deseada para el paciente. En consecuencia, el dispositivo oftálmico 100 y la lente 110 pueden estar mejor capacitados para abordar los problemas de visión en un paciente.

Las FIG. 3 y 4 representan vistas laterales y en planta de otra forma de realización de ejemplo de una lente 110'. Las FIG. 3 y 4 no están a escala. La lente 110' es análoga a la lente 110 y, por lo tanto, puede incorporarse al dispositivo oftálmico 100. La lente 110' incluye un eje óptico 106', zonas 112', 114' y 116', así como una rejilla de difracción 120' que incluye las escaleras de difracción 122' (de las cuales sólo cuatro están marcadas en la FIG. 3) que son análogos al eje óptico 106, las zonas 112, 114 y 116 y la rejilla de difracción 120 que tiene las escaleras de difracción 122, respectivamente. Por lo tanto, la estructura y la función de los componentes 106', 110', 112', 114', 116', 120' y 122' son análogas a las de los componentes 106, 110, 112, 114, 116, 120 y 122, respectivamente. Para mayor claridad, la vista lateral de la FIG. 3 representa la lente 110' como si la superficie en la que reside la rejilla de difracción 120' fuese plana. Sin embargo, la superficie anterior y/o posterior en la que reside la rejilla de difracción 120' es normalmente curvada. Además, las puntas de las escaleras de difracción que no residen en un límite de zona se muestran como líneas de puntos en la FIG. 4.

Las escaleras de difracción 122' en las zonas 112', 114' y 116' tienen tres radios de curvatura diferentes. La Zona 1 112' incluye escaleras de difracción 122' que tienen el radio de curvatura más grande. La Zona 2 114' incluye

escaleras de difracción 122' que tienen un radio de curvatura medio. La Zona 3 116' incluye escaleras de difracción 122' que tienen el radio de curvatura más pequeño. Además, los radios de curvatura pueden variar de otra manera. Aunque sólo se muestran tres zonas 112', 114' y 116', puede utilizarse otro número. Según puede verse en la Fig. 3, las escaleras de difracción 122' tienen un lado cóncavo que tiene el radio de curvatura que corresponde a la distancia focal de las zonas 112', 114' y 116'. En la forma de realización mostrada, las escaleras de difracción 122' en las tres zonas 112', 114' y 116' tienen radios de curvatura diferentes. Sin embargo, en otra forma de realización, algunas de las zonas pueden tener el mismo radio de curvatura. Por ejemplo, la Zona 112' puede tener el mismo radio de curvatura que la Zona 116'. Además, la anchura de cada Zona 112', 114' y 116' en la FIG. 3 se muestra como diferente. Sin embargo, en otras formas de realización, las zonas 112', 114' y 116' pueden tener la misma anchura. Además, las escaleras de difracción 122' se representan como terminando en un límite de zona. Sin embargo, en otra forma de realización, las escaleras de difracción 122' pueden no terminar en un límite entre las zonas 112', 114' y 116'.

La lente oftálmica 110' comparte los beneficios de la lente 110 y el dispositivo oftálmico 100. La lente 110' pueden tener una profundidad de campo mejorada debido al radio de curvatura variable de las escaleras de difracción 122' en las zonas 112', 114' y 116'. Esta mejora en la profundidad de campo puede lograrse sin afectar adversamente el rendimiento óptico y la potencia de la lente oftálmica 110'. La rejilla de difracción 120' puede combinarse con la refracción dentro de la lente 110 para lograr la potencia de lente deseada para el paciente. En consecuencia, el dispositivo oftálmico 100 y la lente 110' pueden estar mejor capacitados para abordar los problemas de visión en un paciente.

Las FIG. 5 y 6 representan vistas laterales y en planta de otra forma de realización de ejemplo de una lente 110". Las FIG. 5 y 6 no están a escala. La lente 110" es análoga a las lentes 110 y 110'. La lente 110" puede incluirse por tanto en el dispositivo oftálmico 100. La lente 110" incluye un eje óptico 106", zonas 112", 114" y 116", así como una rejilla de difracción 120" que incluye escaleras de difracción 122" (de las cuales solo cuatro están marcadas en la FIG. 5) que son análogas al eje óptico 106/106', las zonas 112/112', 114/114' y 116/116' y la rejilla de difracción 120/120' que tiene las escaleras de difracción 122/122', respectivamente. Por lo tanto, la estructura y la función de los componentes 106", 110", 112", 114", 116", 120" y 122" son análogas a las de los componentes 106/106', 110/110', 112/112', 114/114', 116/116', 120/120' y 122/122' respectivamente. Para mayor claridad, la vista lateral de la FIG. 5 representa la lente 110" como si la superficie en la que reside la rejilla de difracción 120' fuese plana. Sin embargo, la superficie anterior y/o posterior en la que reside la rejilla de difracción 120" está normalmente curvada. Además, las puntas de las escaleras de difracción que no residen en un límite de zona se muestran como líneas de puntos en la FIG. 4.

Las escaleras de difracción 122" en las zonas 112", 114" y 116" tienen tres radios de curvatura diferentes. La Zona 1 112" incluye escaleras de difracción 122" que tienen el radio de curvatura más grande. La Zona 2 114" incluye escaleras de difracción 122" que tienen un radio de curvatura medio. La Zona 3 116" incluye escaleras de difracción 122" que tienen el radio de curvatura más pequeño. Aunque sólo se muestran tres zonas 112", 114" y 116", puede utilizarse otro número. Además, los radios de curvatura pueden variar de otra manera. Según se puede observar en la FIG. 5, las escaleras de difracción 122" tienen un lado convexo que tiene el radio de curvatura que corresponde a la distancia focal de las zonas 112", 114" y 116". En la forma de realización mostrada, las escaleras de difracción 122' en las tres zonas 112', 114' y 116" tienen radios de curvatura diferentes. Sin embargo, en otra forma de realización, algunas de las zonas pueden tener el mismo radio de curvatura. Por ejemplo, la zona 112" puede tener el mismo radio de curvatura que la zona 116". Además, la anchura de cada zona 112", 114" y 116" se muestra como diferente. Sin embargo, en otras formas de realización, las zonas 112", 114" y 116" pueden tener la misma anchura. Además, las escaleras de difracción 122" se representan como terminando en un límite de zona. Sin embargo, en otra forma de realización, las escaleras de difracción 122" pueden no terminar en un límite entre las zonas 112", 114" y 116".

La lente oftálmica 110" comparte las ventajas de las lentes 110/110' y dispositivo oftálmico 100. La lente 110" pueden tener una profundidad de campo mejorada debido al radio de curvatura variable de las escaleras de difracción 122" en las zonas 112", 114" y 116". Esta mejora en la profundidad de campo se puede lograr sin afectar adversamente el rendimiento óptico y la potencia de la lente oftálmica 110". La rejilla de difracción 120" puede combinarse con la refracción dentro de la lente 110" para lograr la potencia de lente deseada para el paciente. En consecuencia, el dispositivo oftálmico 100 y la lente 110" pueden estar mejor capacitados para abordar los problemas de visión en un paciente.

La FIG. 7 representa una vista lateral de otra forma de realización de ejemplo de una lente 110"" que tiene una rejilla de difracción 120"". La FIG. 7 no está a escala. Para mayor claridad, la vista lateral de la FIG. 7 representa la lente 110"" como si la superficie en la que reside la rejilla de difracción 120"" fuese plana. Sin embargo, la superficie anterior y/o posterior en la cual reside la rejilla de difracción 120"" es normalmente curvada. La lente 110"" es análoga a las lentes 110, 110' y 110". La lente 110"" puede incorporarse por lo tanto en el dispositivo oftálmico 100. La lente 110"" incluye un eje óptico 106"", zonas 112"", 114"", 116"" y 118"", así como la rejilla de difracción 120"" que incluye las escaleras de difracción 122"" que son análogos al eje óptico 106/106'/106", las zonas 112/112'/112", 114/114'/114", 116/116'/116" y 118 y la rejilla de difracción 120/120'/120" que tiene escaleras de difracción 122/122'/122", respectivamente. Por lo tanto, la estructura y la función de los componentes 106"", 110"", 112"", 114"", 116"", 120"" y 122"" son análogas a las de los componentes 106/106'/106", 110/110'/110", 112/112'/112",

114/114'/114", 116/116'/116", 118', 120/120'/120" y 122/122'/122", respectivamente. Aunque se muestran cuatro zonas 112", 114", 116" y 118", se puede utilizar otro número.

Las escaleras de difracción 122" en las zonas 112", 114", 116" y 118" tienen cuatro radios de curvatura diferentes. La Zona 1 112" incluye escaleras de difracción 122" que tienen el radio de curvatura más grande. La Zona 2 114" incluye escaleras de difracción 122" que tienen un radio de curvatura que es menor que el de la Zona 1 112" y mayor que la de la Zona 3 116". La Zona 3 116" incluye escaleras de difracción 122" que tienen el radio de curvatura más pequeño. Sin embargo, las escaleras de difracción 122" de la Zona 4 118" tienen un radio de curvatura que está entre el de las escaleras de difracción en la Zona 1 112" y la Zona 2 114". El radio de curvatura más grande para las escaleras de difracción 122' en la Zona 4 ayuda a tener en cuenta otros efectos tales como las aberraciones esféricas. Además, los radios de curvatura pueden variar de otra manera. Además, la altura de escalón de las escaleras de difracción 122" es la misma para todas las zonas 112", 114", 116" y 118". Sin embargo, las escaleras de difracción 122" pueden parecer tener diferentes caras y/o una altura de escalón más pequeña o cerca de los límites entre las zonas.

La lente oftálmica 110" comparte las ventajas de las lentes 110/110'/110" y el dispositivo oftálmico 100. La lente 110" puede tener una profundidad de campo mejorada debido al radio de curvatura variable de las escaleras de difracción 122" en las zonas 112", 114", 116" y 118". Esta mejora en la profundidad de campo puede lograrse sin afectar adversamente el rendimiento óptico y la potencia de la lente oftálmica 110". La rejilla de difracción 120" puede combinarse con la refracción dentro de la lente 110" para lograr la potencia de lente deseada para el paciente. Además, también se pueden tener en cuenta otras aberraciones con la variación en el radio de curvatura de las escaleras de difracción 122". En consecuencia, el dispositivo oftálmico 100 y la lente 110" pueden estar mejor capacitados para abordar los problemas de visión en un paciente.

La rejilla de difracción 120/120'/120"/120" se puede aplicar a la lente 110/110'/110"/110" en varios métodos diferentes. Por ejemplo, la rejilla de difracción 120/120'/120"/120" puede ser solidaria con las superficies anterior y/o posterior de la lente 110/110'/110"/110". En algunas formas de realización, la rejilla de difracción 120/120'/120"/120" puede incorporarse en el patrón del molde que se utiliza para formar la lente. En otra forma de realización, la rejilla de difracción 120/120'/120"/120" puede mecanizarse o grabarse en las superficies anterior y/o posterior de la lente después de que se haya formado la lente. En estas formas de realización, el material utilizado para formar tanto la parte principal de lente como la rejilla de difracción normalmente será el mismo. Los materiales utilizados para las lentes oftálmicas descritas en la presente memoria incluyen, pero no se limitan a, siliconas, acrílicos (incluyendo, por ejemplo, AcrySof®) e hidrogeles. En otras formas de realización, la rejilla de difracción 120/120'/120"/120" se puede fabricar por separado de la superficie de la lente y a continuación fijarse o acoplarse a las superficies anterior y/o posterior de la lente después de la fabricación. En dichas formas de realización, la rejilla de difracción se puede fabricar de un material diferente al de la parte principal de la lente.

La FIG. 8 es una forma de realización de ejemplo de un método 200 para tratar una afección oftálmica en un paciente. Para mayor simplicidad, algunas etapas pueden omitirse, intercalarse y/o combinarse. El método 200 se describe también en el contexto de la utilización del dispositivo oftálmico 100 y de la lente oftálmica 110. Sin embargo, el método 200 puede utilizarse con una o más lentes oftálmicas 110/110'/110"/110" y/o un dispositivo oftálmico análogo.

Se selecciona un dispositivo oftálmico 100 para la implantación en un ojo del paciente, a través de una etapa 202. El dispositivo oftálmico 100 incluye una lente oftálmica 110 que tiene una rejilla de difracción 120. Por lo tanto, el dispositivo oftálmico 100 que incluye la lente oftálmica 110, 110', 110" o 110" se puede seleccionar en la etapa 202.

El dispositivo oftálmico 100 se implanta en el ojo del paciente, a través de la etapa 204. La etapa 204 puede incluir sustituir la propia lente del paciente con el dispositivo oftálmico 100 o aumentar la lente del paciente con el dispositivo oftálmico. El tratamiento del paciente puede entonces ser completado. En algunas formas de realización puede llevarse a cabo la implantación en el otro ojo del paciente de otro dispositivo oftálmico análogo.

Utilizando el método 200, se pueden utilizar la(s) lente(s) oftálmica(s) 110, 110', 110", 110" y/o la lente oftálmica. Por lo tanto, se pueden lograr las ventajas de una o más de las lentes oftálmicas 110, 110', 110" y/o 110".

Se han descrito un sistema para proporcionar una lente oftálmica que tiene una rejilla de difracción, un dispositivo oftálmico que incluye la lente y un método para utilizar el dispositivo oftálmico. Los sistemas se han descrito de acuerdo con las formas de realización de ejemplo mostradas.

REIVINDICACIONES

1. Una lente oftálmica (110) que comprende:
una superficie anterior;
una superficie posterior;
- 5 un eje óptico (106); y
al menos un patrón de rejilla de difracción (120) dispuesto en al menos una de la superficie anterior y la superficie posterior,
incluyendo el al menos un patrón de rejilla de difracción varias zonas (112, 114, 116, 118) correspondientes a varios intervalos de distancia desde el eje óptico,
- 10 teniendo cada una de las varias zonas varias escaleras de difracción,
teniendo las escaleras de difracción de cada zona un radio de curvatura común, que corresponde a una distancia focal, y
teniendo las escaleras de difracción de al menos una zona de las varias zonas un radio de curvatura diferente que las escaleras de difracción de al menos otra zona de las varias zonas.
- 15 2. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1 en donde cada una de las varias escaleras de difracción (122) tiene una altura, siendo igual la altura de cada una de escaleras de difracción en cada una de las varias zonas.
3. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1 en donde la distancia focal correspondiente al radio de curvatura de las escaleras de difracción (122) en cada una de las varias zonas (112, 114, 116, 118) cambia monótonamente con una distancia de zona desde el eje óptico (106).
- 20 4. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1 en donde el radio de curvatura de las escaleras de difracción (122) en cada una de las varias zonas cambia monótonamente con una distancia de zona desde el eje óptico (106).
5. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 1 en donde una zona de las varias zonas (112, 114, 116, 118) tiene una primera profundidad de campo y en donde la lente oftálmica (110) tiene una segunda profundidad de campo correspondiente a las varias zonas, siendo la segunda profundidad de campo mayor que la primera profundidad de campo.
- 25 6. La lente oftálmica (110) de la reivindicación 5 en donde la segunda profundidad de campo es una de:
al menos dos veces la primera profundidad de campo.
al menos tres veces la primera profundidad de campo.
7. Un dispositivo oftálmico (100) que comprende:
- 30 una lente oftálmica (110) que tiene una superficie anterior, una superficie posterior, un eje óptico (106) y al menos un patrón de difracción (120) dispuesto en al menos una de la superficie anterior y la superficie posterior, incluyendo el al menos un patrón de rejilla de difracción varias zonas correspondientes a varios intervalos de distancia desde el eje óptico (106), teniendo cada una de las varias zonas varias escaleras de difracción (122), teniendo las escaleras de difracción (122) de cada zona un radio de curvatura común correspondiente a una distancia focal, y teniendo las
- 35 escaleras de difracción de al menos una zona de las varias zonas un radio de curvatura diferente que las escaleras de difracción en al menos otra zona de las varias zonas (112, 114, 116, 118); y
varios hápticos (102, 104) acoplados con la lente oftálmica (110).
8. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 7 en donde cada uno de las varias escaleras de difracción (122) tiene una altura, siendo igual la altura de cada una de escaleras de difracción en cada una de las varias zonas.
- 40 9. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 7 en donde la distancia focal correspondiente al radio de curvatura de las escaleras de difracción (122) en cada una de las varias zonas (112, 114, 116, 118) cambia monótonamente con una distancia de zona desde el eje óptico.
10. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 7 en donde el radio de curvatura de las escaleras de difracción (122) en cada una de las varias zonas (112, 114, 116, 118) cambia monótonamente con una distancia de zona desde el eje óptico.
- 45

11. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 1 o 7 en donde el radio de curvatura de las escaleras de difracción (122) para cada una de las varias zonas (112, 114, 116, 118) está configurado además para tener en cuenta las aberraciones esféricas de la lente oftálmica.
- 5 12. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 1 o 7 en donde la lente intraocular (11) está hecha de al menos uno de silicona, un hidrogel, un acrílico y AcrySof®.
13. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 7 en donde una zona de las varias zonas (112, 114, 116, 118) tiene una primera profundidad de campo y en donde la lente oftálmica tiene una segunda profundidad de campo que corresponde a las varias zonas, siendo la segunda profundidad de campo mayor que la primera profundidad de campo.
- 10 14. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 7 en donde la segunda profundidad de campo es al menos dos veces la primera profundidad de campo.
15. El dispositivo oftálmico (100) de la reivindicación 7 en donde la segunda profundidad de campo es al menos tres veces la primera profundidad de campo.

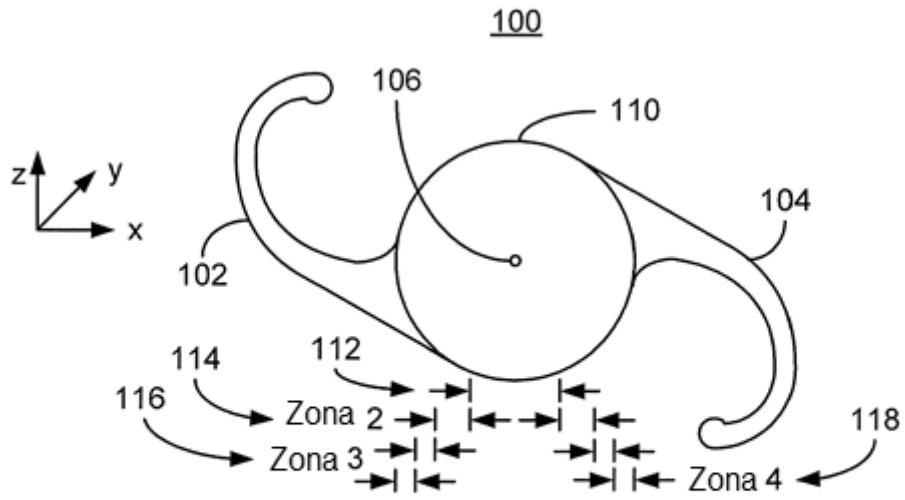


FIG. 1

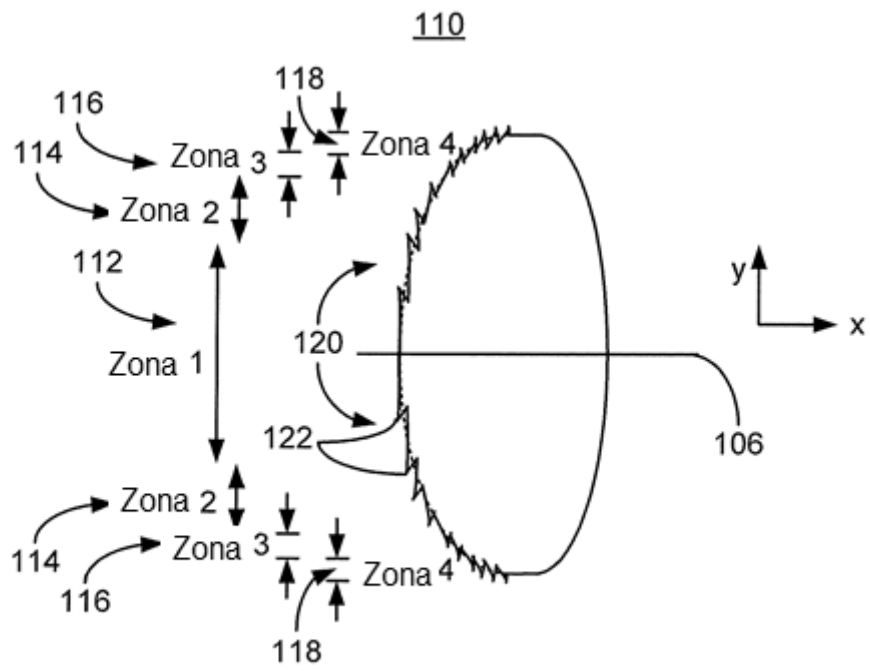


FIG. 2

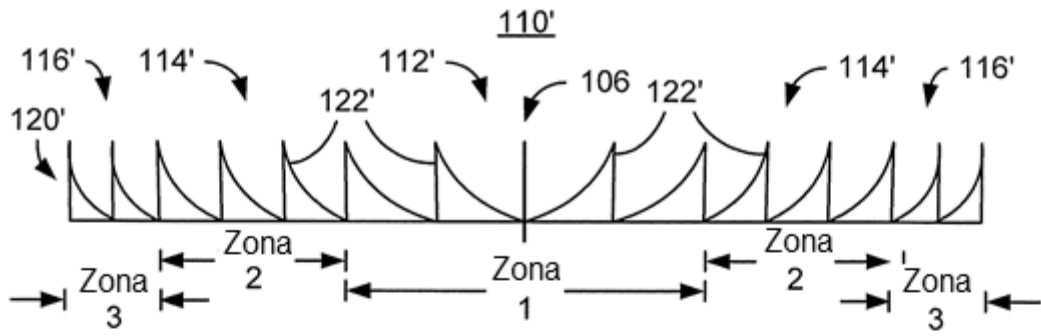


FIG. 3

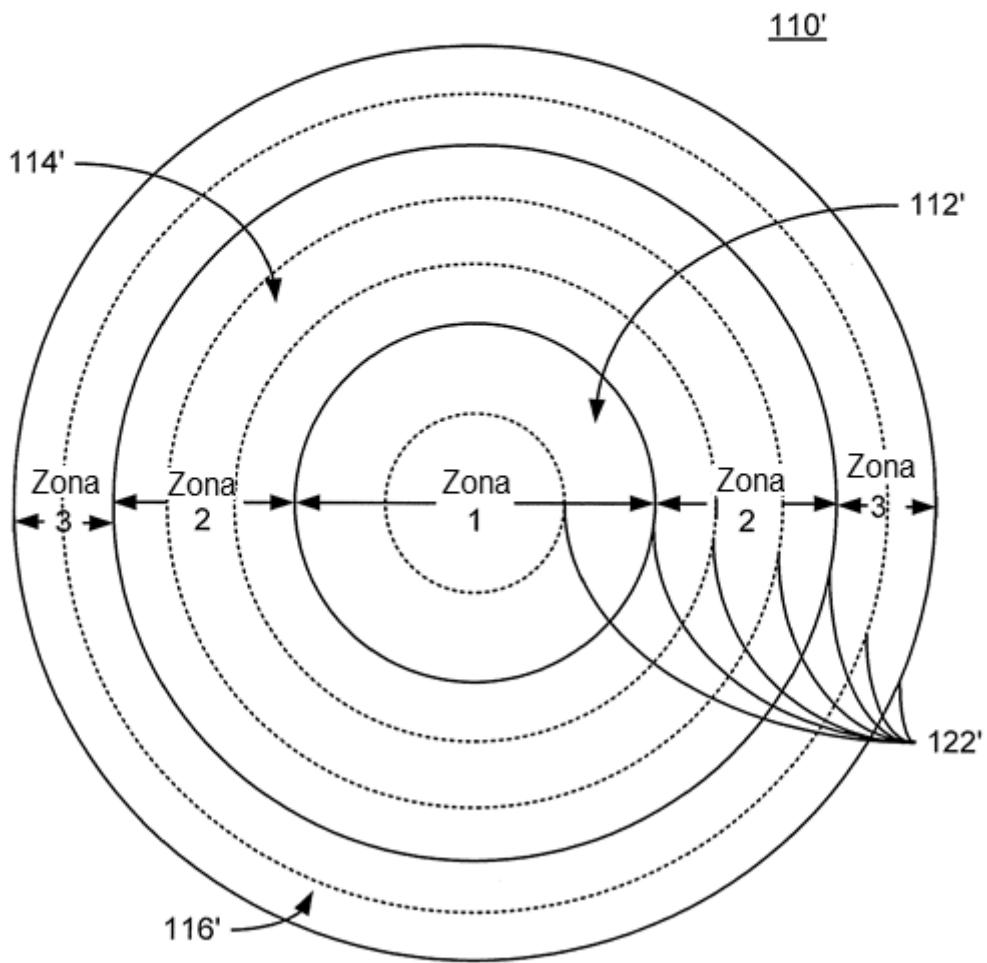


FIG. 4

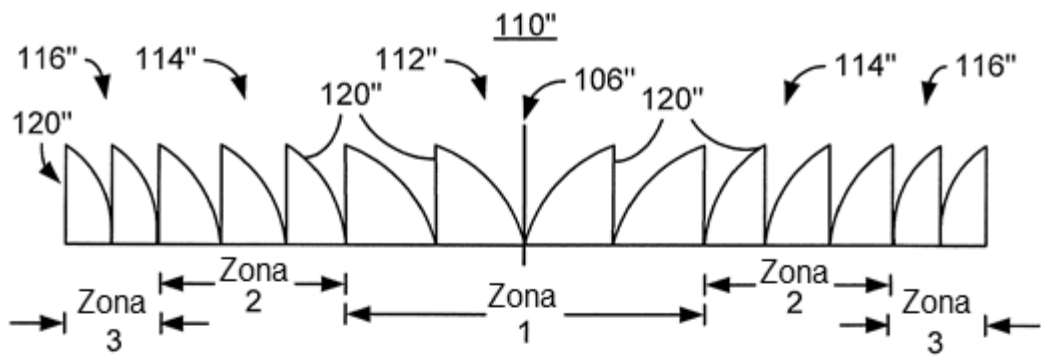


FIG. 5

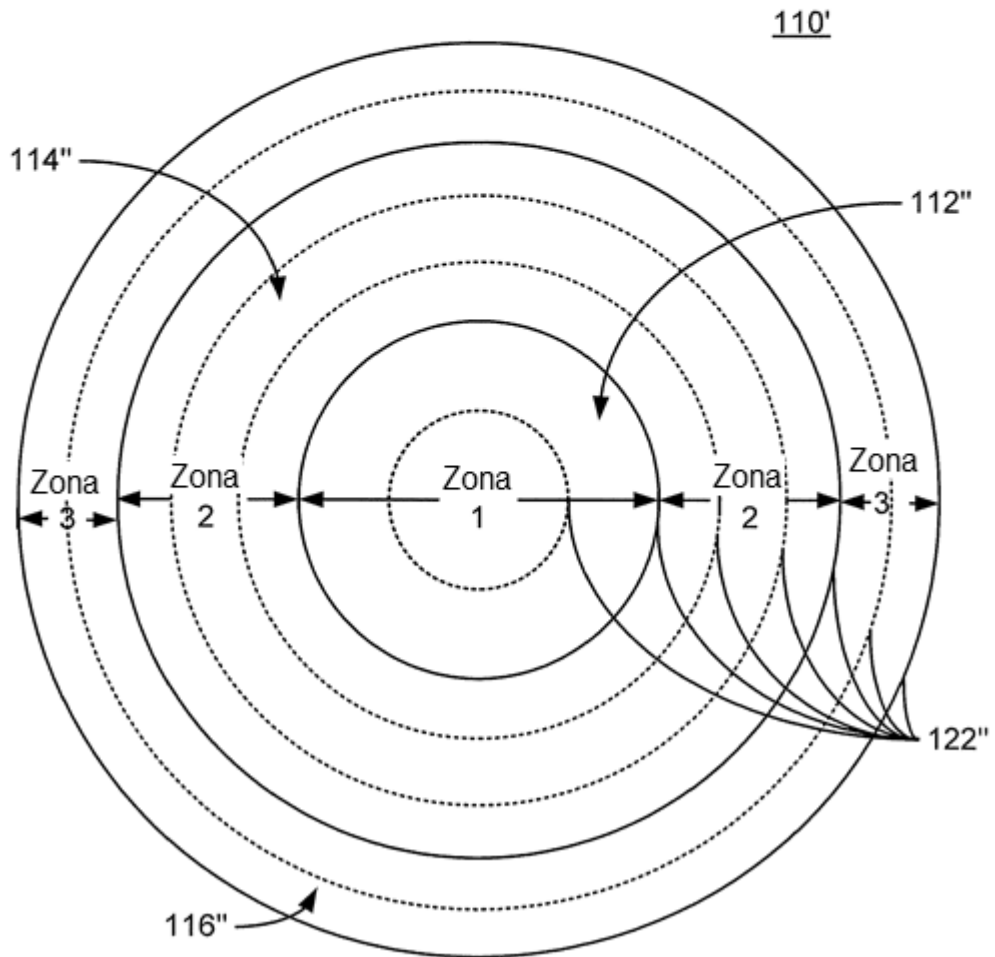


FIG. 6

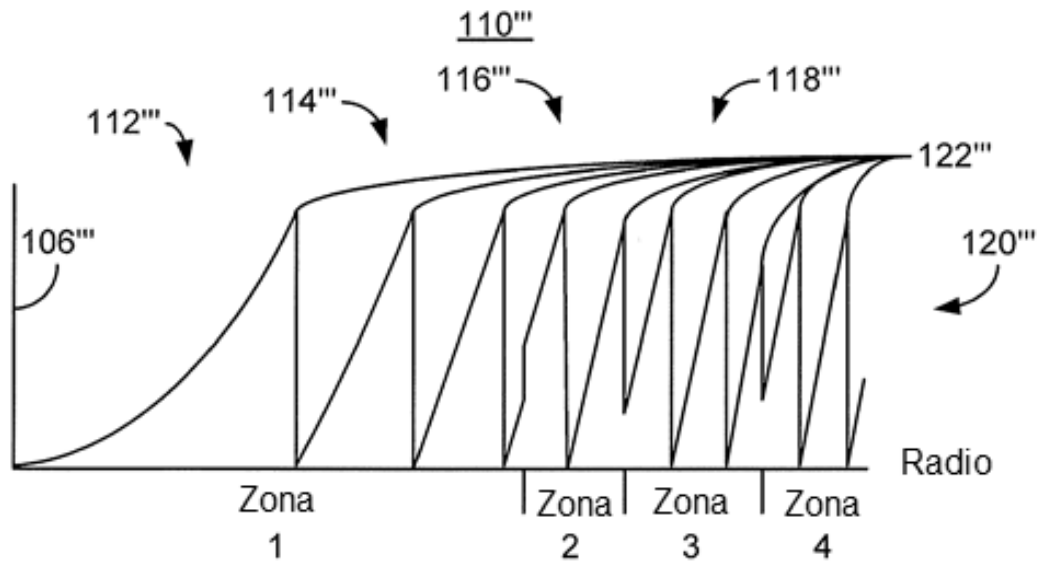


FIG. 7

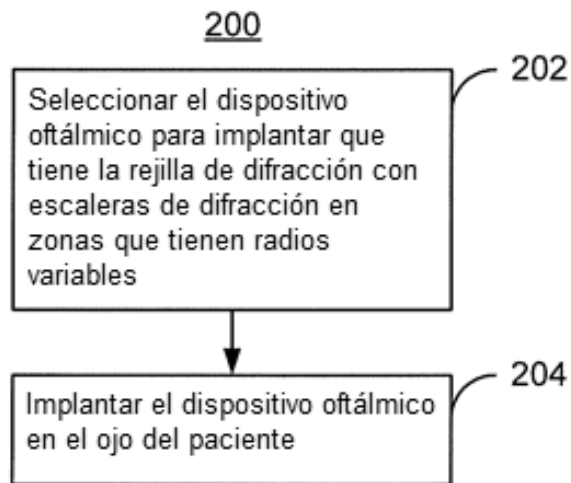


FIG. 8