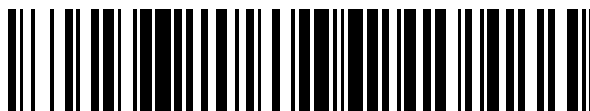


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 603**

51 Int. Cl.:

G02C 7/04 (2006.01)

A61F 2/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2015 E 15152911 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2945009**

54 Título: **Lentes oftálmicas de difracción multifocales que utilizan un orden de difracción suprimido**

30 Prioridad:

15.05.2014 US 201461993892 P

18.12.2014 US 201414575333

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

23.10.2017

73 Titular/es:

NOVARTIS AG (100.0%)

Lichtstrasse 35

4056 Basel, CH

72 Inventor/es:

LIU, YUEAI;

CHOI, MYOUNG-TAEK y

HONG, XIN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 638 603 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

Lentes oftálmicas de difracción multifocales que utilizan un orden de difracción suprimido

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere en general a lentes oftálmicas multifocales y más específicamente a una lente de difracción multifocal con un orden de difracción suprimido.

ANTECEDENTES

10 El ojo humano funciona para proporcionar visión refractando la luz a través de una parte externa transparente llamada córnea, y refractando la luz por medio de una lente denominada cristalino sobre una retina. La calidad de la imagen enfocada depende de muchos factores incluyendo el tamaño y la forma del ojo, y la transparencia de la córnea y de la lente. Cuando la edad o la enfermedad hacen que la lente resulte aberrada, la visión se deteriora debido a la pérdida de calidad de la imagen retiniana. Esta pérdida de calidad óptica en el cristalino del ojo es conocida como catarata. Un tratamiento aceptado para esta condición es la retirada quirúrgica de la lente y la sustitución de la función de la lente por una lente intraocular artificial (IOL). Cuando el ojo envejece, también pierde la capacidad de cambiar el foco a puntos focales más cercanos, lo que se conoce como acomodación. Esta pérdida de acomodación con la edad es conocida como presbicia.

15 En los Estados Unidos de Norteamérica, la mayoría de los cristalinos con cataratas son retirados mediante una técnica quirúrgica llamada facoemulsificación. Durante este procedimiento, una parte de la cápsula anterior es retirada y una punta de corte de facoemulsificación afilada es insertada en el cristalino enfermo y hecha vibrar por ultrasonidos. La punta de corte vibrante licúa o emulsiona el núcleo y el córtex del cristalino de modo que el cristalino puede ser aspirado fuera del ojo. El núcleo y el córtex enfermos del cristalino, una vez retirados, son sustituidos por una lente intraocular artificial (IOL) en la cápsula restante (en la bolsa). Con el fin de recuperar al menos parcialmente la capacidad del paciente para visión enfocada a distancias cercanas, la IOL implantada puede ser una lente multifocal.

20 Un tipo común de lente multifocal es una lente de difracción, tal como una lente bifocal que proporciona visión de lejos y visión de cerca (o intermedia). También hay disponibles lentes de difracción trifocales que proporcionan un punto focal adicional y, al menos potencialmente, un rango más amplio de visión enfocada. Sin embargo, hay desventajas asociadas con la división de energía luminosa entre múltiples puntos focales, particularmente en lentes trifocales. Así, sigue habiendo una necesidad de lentes de difracción multifocales mejoradas.

25 El estado relevante de la técnica está representado por los documentos WO 2010/093975 A2, WO 2006/023404 A2, WO 94/11765 A1, y EP 0.655.841 A1; también EP 2.377.493 A1, y WO 2011/134948 A1.

30 **RESUMEN**

La presente invención proporciona una lente oftálmica multifocal de acuerdo con las reivindicaciones que siguen. En diferentes realizaciones de la invención, una lente oftálmica multifocal incluye una lente oftálmica y un elemento de difracción. La lente oftálmica tiene una curvatura de base que corresponde a una potencia de base. El elemento de difracción produce una interferencia constructiva en al menos cuatro órdenes de difracción consecutivos que corresponden a un rango de visión entre visión de cerca y de lejos. La interferencia constructiva produce un foco cercano, un foco lejano que corresponde a la potencia de base de la lente oftálmica, y un foco intermedio entre el foco cercano y el foco lejano. Una eficiencia de difracción de al menos uno de los órdenes de difracción intermedios es suprimida a menos del diez por ciento.

35 Otras características y ventajas de diferentes realizaciones de la presente invención resultarán evidentes para un experto en la técnica a partir de la siguiente descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La fig. 1 ilustra una lente intraocular de acuerdo con realizaciones particulares de la presente invención;

La fig. 2 ilustra una disposición de escalón de difracción de acuerdo con realizaciones particulares de la presente invención; y

45 Las figs. 3-8 son tablas que ilustran disposiciones de escalón de difracción particulares de acuerdo con realizaciones particulares de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

50 Diferentes realizaciones de la presente invención proporcionan una lente oftálmica de difracción multifocal que tiene órdenes de difracción 0, +1, +2 y +3 con al menos el orden de difracción +1 suprimido. Mediante la supresión de un orden de difracción, el rendimiento de la lente puede ajustarse en relación con lentes de difracción convencionales. Las lentes de difracción trifocales conocidas, dividen la luz entre múltiples focos de difracción, tales como focos de orden (-1,

0, +1) o focos de orden (0, +1, +2).

5 Por el contrario, diferentes realizaciones de la presente invención proporcionan al menos tres focos que corresponden a órdenes de difracción 0, +1, +2 y +3 en los que al menos el orden de difracción intermedio +1 es suprimido. Esto proporciona un foco intermedio que está más próximo a la visión de cerca, lo que proporciona un rango más amplio de visión alrededor del foco cercano. Además, la supresión del otro orden intermedio distribuye más energía a los otros focos, lo que puede proporcionar una visión más útil. En la siguiente descripción, las referencias a focos para una lente oftálmica se refieren a un foco de difracción correspondiente dentro del rango de visión que se extiende desde la visión de cerca ordinaria alrededor de 30 cm a la visión de lejos (modelada esencialmente como rayos luminosos colineales desde una distancia infinita). Esto excluye los órdenes superiores espurios de lentes de difracción que se encuentran fuera del rango de visión, lo que proporciona sólo efectos luminosos indeseados. Así, por ejemplo, incluso las lentes de difracción que son nominalmente bifocales incluyen focos de difracción de orden superior a partir de la interferencia constructiva, pero para los propósitos de esta memoria descriptiva, aquellos no deberían ser considerados focos de la lente oftálmica.

10 En otras realizaciones, una lente de difracción multifocal produce focos que corresponden a al menos cuatro órdenes de difracción consecutivos que incluyen al menos un foco de menos de una mitad de la potencia de adición más cercana y al menos otro foco mayor que una mitad de la potencia de adición más cercana. Esto puede ser ventajoso sobre las lentes trifocales convencionales, que tienen una potencia de adición que es la mitad de la potencia de adición más cercana. Esta visión intermedia corresponde al doble de la distancia de la visión de cerca, de modo que si la potencia de adición cercana corresponde a una distancia de trabajo de 40 cm, una distancia de lectura convencional, la distancia de visión intermedia sería de 80 cm. Dado que una distancia de trabajo intermedia común está en 60 cm, esto no proporcionaría un foco nítido en la distancia de trabajo más común, que caería entre los focos cercano e intermedio. Por el contrario, una lente con un foco que corresponde a 2/3 de la potencia de adición cercana proporcionaría un foco en 60 cm, que corresponde a la distancia de trabajo intermedia.

15 La fig. 1 ilustra una realización particular de una lente oftálmica de difracción multifocal (IOL) 100 que incluye un elemento de difracción 102. El elemento de difracción 102 comprende escalones de difracción 104 (también conocidos como zonas) que tienen una separación radial característica para producir una interferencia constructiva en focos característicos. En principio, cualquier elemento de difracción que produce una interferencia constructiva a través del desplazamiento de fase en zonas de interferencia, a menudo referido como un holograma, puede estar adaptado para utilizar en tal lente oftálmica de difracción multifocal. También, aunque el elemento de difracción está representado con zonas anulares, las zonas podrían concebirse como parciales, tales como zonas semicirculares o sectorizadas, así mismo. Aunque la siguiente descripción se referirá a un elemento de difracción 102 que incluye escalones de difracción anulares 103, debe comprenderse por los expertos en la técnica que pueden realizarse sustituciones adecuadas en cualquier realización descrita en este documento.

20 La IOL 100 también incluye una óptica 104 sobre la que está ubicado el elemento de difracción 102. La óptica 104 determina la potencia óptica de base de la lente, que corresponde típicamente a la visión de lejos del paciente. Esta necesidad no siempre es el caso; por ejemplo, un ojo no dominante puede tener una IOL con una potencia óptica de base que es ligeramente menor que la potencia lejana correspondiente para que el paciente mejore la visión binocular total para ambos ojos. Independientemente, la potencia de adición para la IOL puede ser definida con respecto a la potencia óptica de base. Los hápticos 106 mantienen la IOL 100 en su lugar, proporcionando una fijación estable dentro de la bolsa capsular. Aunque los brazos hápticos se han ilustrado en el ejemplo, cualquier estructura de fijación de hápticos adecuada para la bolsa capsular o el surco ciliar compatible con la implantación de cámara posterior también se podría utilizar en una IOL de cámara posterior.

25 Aunque el ejemplo siguiente trata con una IOL de cámara posterior 100, otras lentes oftálmicas, que incluyen gafas de difracción multifocales y lentes de contacto de difracción multifocales, también podrían beneficiarse de la misma aproximación. La posición conocida y fija de la lente en relación con el eje óptico hace tales aplicaciones particularmente ventajosas para lentes intraoculares, que incluyen lentes intracorneales, de cámara anterior, y de cámara posterior. Sin embargo, esto no excluye la utilidad de la multifocalidad en otras aplicaciones.

30 La fig. 2 ilustra, con más detalle, una estructura de escalón de difracción útil para lentes oftálmicas tales como la IOL 100 de la fig. 1. En particular, la fig. 2 ilustra una estructura de difracción repetitiva de tres escalones que produce una relación de fase para interferencia constructiva en cuatro puntos focales diferentes dentro del rango de visión. La relación de escalón en los límites de escalón radial consecutivos a lo largo de un eje radial escalado (eje-x), medido en el espacio r^2 , es como sigue:

$$y_i = A_i / x_i - x_{i-1} (x - x_{i-1}) + \varphi_i \quad (i=1,2,3)$$

35 en la que A_i es la altura de escalón correspondiente en relación con la curvatura de base (potencia óptica de base) de la lente de base (excluyendo el retardo de fase constante φ_i), y_i es la flecha en el segmento correspondiente (altura por encima o por debajo del eje x), φ_i es el retardo de fase relativo desde el eje x, y x_i es la posición del escalón a lo largo del eje x. Como resultará evidente para un experto en la técnica de ópticas de difracción, la posición radial indicada en la

fórmula está en el espacio r^2 (es decir, escalada parabólicamente), como se espera para el espaciamiento de zona. En realizaciones particulares, los parámetros son seleccionados de modo que uno de los focos es suprimido, lo que es como decir que la energía luminosa es reducida en relación con la división entre los focos de tal manera que la imagen enfocada ya no es visiblemente perceptible. Esto corresponde a una energía luminosa de menos del 10% de la energía luminosa incidente, como se sugiere por el hecho de que las lentes bifocales con órdenes de difracción espurios de menos del 10% de la energía luminosa incidente no dan como resultado imágenes separadamente perceptibles. La fracción de energía luminosa incidente enfocada en un orden particular es referida como la "eficiencia de difracción".

Las relaciones de fase enumeradas son proporcionadas con respecto a la curva de base determinada por la potencia de base de la IOL, que corresponde al foco de difracción de orden cero para las lentes. El espaciamiento radial de las zonas x_i es determinado ordinariamente basándose en el espaciamiento de zona Fresnel ordinario en el espacio r^2 como se ha determinado por la potencia de adición de difracción, aunque puede ser variado para ajustar la relación de fase relativa entre los componentes en formas conocidas en la técnica para modificar ligeramente la distribución de energía entre los focos. En los ejemplos enumerados a continuación, el espaciamiento se asumiría de acuerdo con el patrón de Fresnel conocido para producir cuatro focos. Esto es análogo a la aproximación trifocal descrita, por ejemplo, en las Patentes de los EE.UU. n° 5.344.447 y n° 5.760.871 y la Publicación PCT WO 2010/0093975. Los escalones de difracción también pueden ser apodizados (reducidos gradualmente en la altura de escalón a la relación de fase nominal) para disminuir el deslumbramiento reduciendo progresivamente la energía al foco cercano de la manera descrita en la Patente de los EE.UU. n° 5.699.142.

Las figs. 3-8 proporcionan realizaciones multifocales ejemplares para una lente de difracción (0, +1, +2, +3) en las que el orden +1 es suprimido. Esto proporciona ventajosamente un foco intermedio en 2/3 de la potencia de adición cercana, que corresponde respectivamente a una imagen enfocada a una distancia de 60 cm y de 40 cm. Notablemente, la eficiencia de difracción para el foco de visión de lejos (orden cero) puede ser cercana al 40%, comparable a la eficiencia de difracción para lentes bifocales convencionales, y la eficiencia de difracción para el foco de primer orden suprimido puede ser menor del 5%, aunque proporciona aún los focos intermedio y cercano a distancias de trabajo normales de 60 cm y de 40 cm, respectivamente. En comparación con las multifocales convencionales, esto se aproxima mejor al rango total de visión de trabajo que un paciente utilizaría en la ausencia de la condición de presbicia.

Aunque se han descrito en este documento realizaciones particulares, un experto en la técnica apreciará que son posibles numerosas variaciones. En particular, las realizaciones descritas en este documento son IOL de cámara posterior multifocales que utilizan órdenes de difracción (0, +1, +2, +3) siendo suprimido el orden +1. Una lente oftálmica de difracción de cuarto orden no cubierta por la reivindicación 1 podría utilizar diferentes órdenes de difracción consecutivos, tal como comenzando con un orden de desde -4 a -1, por ejemplo. Y aunque de acuerdo con la invención el orden cero es incluido para visión de lejos, esa condición no es una restricción necesaria en ejemplos alternativos. Por último, la aproximación podría ser aplicada en principio a más de cuatro órdenes de difracción; por ejemplo, una lente de difracción de quinto orden podría tener potencias de adición que incluyen dos potencias intermedias, una potencia de cerca, y una potencia intermedia suprimida que corresponde al orden de difracción +1.

REIVINDICACIONES

1. Una lente oftálmica multifocal, que comprende:

una lente oftálmica que tiene una curvatura de base que corresponde a una potencia de base; y

5 un elemento de difracción (102), produciendo el elemento de difracción interferencia constructiva en al menos cuatro órdenes de difracción consecutivos que corresponden a un rango de visión entre visión de cerca y de lejos, en la que la interferencia constructiva produce un foco cercano visiblemente perceptible, un foco lejano que corresponde a la potencia de base de la lente oftálmica, y un foco intermedio entre el foco cercano y el foco lejano y en el que al menos cuatros órdenes consecutivos son (0, +1, +2, +3) y una eficiencia de difracción del orden +1 es suprimida a menos del diez por ciento de tal manera que la imagen enfocada no es visiblemente perceptible.

10 2. La lente de la reivindicación 1, en la que la lente es una lente intraocular (IOL) (100).

3. La lente de la reivindicación 2, en la que IOL es una IOL de cámara posterior.

4. La lente de la reivindicación 3, en la que la IOL de cámara posterior está configurada para ser implantada en una bolsa capsular.

15 5. La lente de la reivindicación 1, en la que el foco cercano corresponde a una visión a 40 cm, y el foco intermedio corresponde a una visión a 60 cm.

6. La lente de la reivindicación 1, en la que el elemento de difracción (102) comprende una pluralidad de escalones de difracción anulares (103).

7. La lente de la reivindicación 1, en la que los escalones de difracción (103) tienen una altura de escalón que corresponde a la curvatura de base de la lente oftálmica en límites de escalón radial consecutivos como sigue:

20
$$y_i = A_i / x_i - x_{i-1} (x - x_{i-1}) + \varphi_i \quad (i=1,2,3)$$

en la que A_i es la altura de escalón correspondiente en relación con la curvatura de base (potencia óptica de base) de la lente de base, y_i es la flecha en el segmento correspondiente (altura por encima o por debajo del eje-x), φ_i es el retardo de fase relativo desde el eje-x, y x_i es la posición del escalón a lo largo del eje-x.

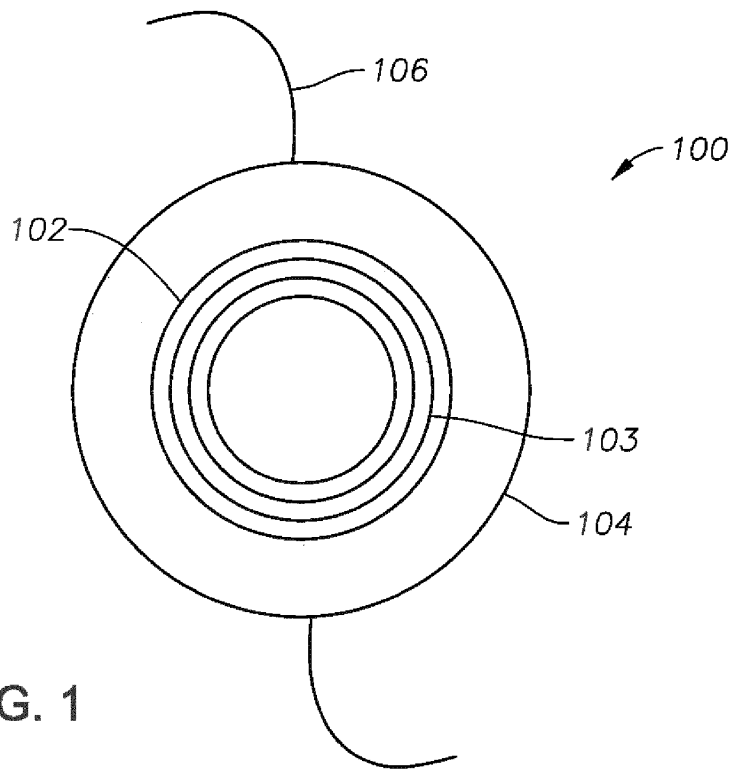


FIG. 1

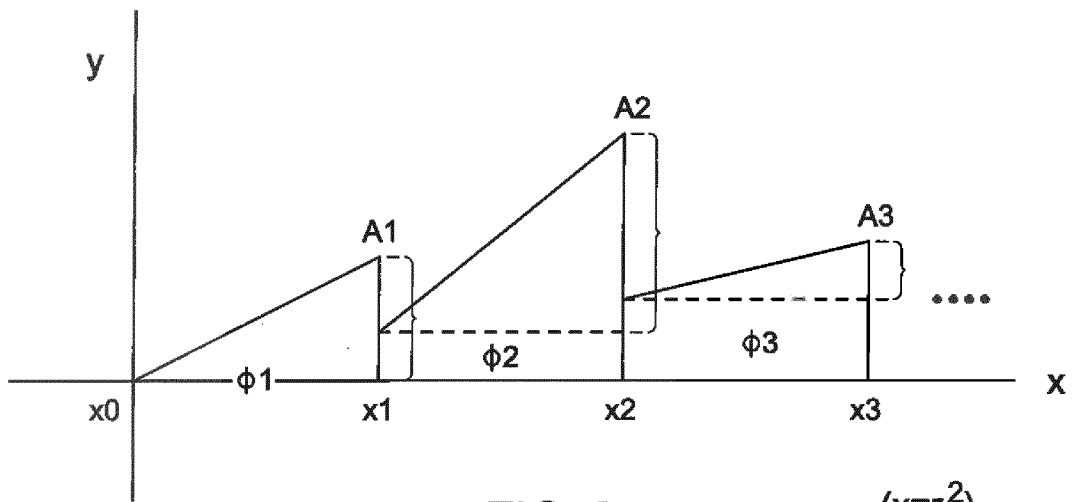


FIG. 2

$(x=r^2)$

Realización #1	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
Altura (onda)	0,60809	0,49816	-0,44179
Fase (onda)	-0,304	-0,249	0,221

Realización #1	Orden 0	1er Orden	2º Orden	3er Orden
Eficiencia de Difracción (%)	38	5	13	16

FIG. 3

Realización #2	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
Altura (onda)	0,56726	-0,35995	0,59204
Fase (onda)	-0,284	0,180	-0,296

Realización #2	Orden 0	1er Orden	2º Orden	3er Orden
Eficiencia de Difracción (%)	39	3	12	18

FIG. 4

Realización #3	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
Altura (onda)	0,62956	0,32692	0,19913
Fase (onda)	0	0	0

Realización #3	Orden 0	1er Orden	2º Orden	3er Orden
Eficiencia de Difracción (%)	44	7	14	16

FIG. 5

Realización #4	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
Altura (onda)	0,43779	0,22281	0,64954
Fase (onda)	0	0	0

Realización #4	Orden 0	1er Orden	2º Orden	3er Orden
Eficiencia de Difracción (%)	37	6	16	23

FIG. 6

Realización #5	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
Altura (onda)	0,45236	0,15970	0,61195
Fase (onda)	0	0,059	0,03628

Realización #5	Orden 0	1er Orden	2º Orden	3er Orden
Eficiencia de Difracción (%)	40	6	16	21

FIG. 7

Realización #6	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
Altura (onda)	0,61518	0,44118	-0,00806
Fase (onda)	0	-0,03516	0,18421

Realización #6	Orden 0	1er Orden	2º Orden	3er Orden
Eficiencia de Difracción (%)	49	3	15	17

FIG. 8