

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 551**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/04** (2006.01)

**G02C 7/06** (2006.01)

**G02C 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.1998 E 14179453 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 2821840**

54 Título: **Lente oftálmica mejorada**

30 Prioridad:

**03.11.1997 AU PP016197**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.03.2016**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION AUSTRALIA HOLDINGS  
LTD. (100.0%)  
Sherriffs Road  
Lonsdale, SA 5160, AU**

72 Inventor/es:

**MILLER, DENNIS ANTHONY y  
VARNAS, SAULIUS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 564 551 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 oftálmica mejorada

**CAMPO DEL INVENTO**

5 El presente invento se refiere a una lente oftálmica unifocal mejorada. El invento se refiere particularmente a métodos de corrección de superficie para mejorar el rendimiento óptico de una lente oftálmica unifocal reduciendo aberraciones ópticas, tales como las asociadas con errores de potencia y astigmáticos, junto con lentes producidas por tales métodos.

**ANTECEDENTES DEL INVENTO**

10 Las lentes unifocales convencionales no corrigen adecuadamente las aberraciones ópticas aparentes al usuario cuando está viendo objetos, a través de las lentes, en ángulos oblicuos. Esto resulta de que las superficies de las lentes no son la forma ideal para corregir completamente las necesidades de potencia, corrección cilíndrica y requisitos de ajuste específicas del usuario para visión fuera del eje.

Se han hecho intentos para corregir tales errores en la técnica anterior con éxito limitado, y han dado como resultado muy a menudo en compromisos que o bien no corrigen completamente la superficie entera de la lente o bien que abordan de manera inadecuada las aberraciones y errores ópticos.

15 Típicamente, la técnica anterior intenta correcciones introducidas por asferización de una o ambas de las superficies de lente para correcciones esféricas o tóricas. Por ejemplo, métodos típicos de la técnica anterior se han basado en la asferización de los dos meridianos tóricos principales de la superficie posterior de la lente, mejorando el rendimiento óptico de estos meridianos independientes entre sí. Este método ha demostrado ser deficiente por que las regiones entre los dos meridianos principales no son lo suficientemente optimizadas ópticamente de la misma manera que la visión a lo largo de los meridianos principales.

20 Otros métodos han incluido típicamente minimizar el astigmatismo sobre una cuadrícula de puntos sobre la superficie de la lente utilizando técnicas de trazado de rayo óptico, después de lo cual una superficie de curva segmentada dos veces continuamente diferenciable (que satisface los datos en cada punto) es ajustada. Sin embargo, es posible solamente satisfacer estas condiciones para un rango limitado de superficies simples que cubren solamente una fracción de todas las superficies que son de interés para la industria oftálmica. En otros casos, tal aproximación requiere normalmente el ajuste de una superficie de curva segmentada alisada en un intento de aproximarse a los datos calculados en cada punto, sin satisfacerlos exactamente. Como resultado, las ópticas de tal superficie se desvían a menudo significativamente del caso óptimo.

25 El documento EP-A-0560999 describe una lente de gafas para corrección de la vista que es reducida en grosor de la lente para disminuir por ello el peso y que es mejorada en propiedades ópticas eliminando la aberración.

Es un objeto del presente invento proporcionar una lente oftálmica unifocal mejorada que supere las dificultades identificadas anteriormente con lentes oftálmicas unifocales de la técnica anterior.

**RESUMEN DEL INVENTO**

30 El presente invento proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1 para diseñar un elemento de lente oftálmica que tiene una primera superficie y una segunda superficie no toroidal o generalmente esférica. Las características preferidas están definidas en las reivindicaciones dependientes.

35 Se ha encontrado que con el fin de reducir las aberraciones ópticas visibles a los usuarios, es necesario aplicar las correcciones apropiadas sustancialmente sobre todo el elemento de lente oftálmica, en vez de sólo sobre los dos meridianos cilíndricos principales. Esto tiene el efecto beneficioso de hacer que un área mayor de la superficie de la lente tenga niveles tolerables de aberraciones ópticas.

**DESCRIPCIÓN GENERAL DEL INVENTO**

40 Antes de pasar a una descripción general de distintos aspectos del presente invento, será instructivo proporcionar algunas definiciones para varios términos utilizados antes. A este respecto, con el término "elemento de lente" nos referimos a todas las formas de cuerpos ópticos refractivos individuales empleados en las técnicas oftálmicas, que incluyen, pero no están limitadas, lentes, obleas de lente y piezas brutas de lente semi-acabadas que requieren además finalizarlas a una prescripción particular de un paciente. También están incluidos formadores utilizados en la fabricación de lentes de gafas unifocales y moldes para la colada de lentes unifocales de material polimérico.

45 Además, con el término "superficie atoroidal" o "superficie atórica" nos referimos a una superficie que es de una naturaleza generalmente tórica en la inserción de la superficie y el eje óptico del elemento de lente, pero que se aparta de una sección circular a lo largo de cualquier línea radial del centro de la superficie. A este respecto, se apreciará que está superficie es descrita en el presente invento por un polinomio simétrico. También, con el término "superficie efectiva"

nos referimos al menos al área de la superficie de una lente que permanece después del rebordado y acabado de la lente.

5 En la siguiente descripción, serán utilizados otros términos que también pueden requerir una definición. En particular, con el término "corrección astigmática" nos referimos a la corrección cilíndrica prescrita del usuario y al eje asociado de esta corrección. También, con los términos "astigmatismo" o "astigmatismo de superficie" nos referimos a una medida del grado al que la curvatura de lente varía entre planos de intersección que son normales a la superficie de la lente en un punto sobre la superficie.

10 Finalmente, con el término "superficie generalmente esférica" nos referimos a una superficie que no soporta ningún cilindro particular y cuya superficie se aparta de una sección circular a lo largo de cualquier línea radial desde el centro de la superficie. Se apreciará que en el presente invento, tal superficie es descrita por un polinomio simétrico de tal manera que  $C_{2,0}$  y  $C_{0,2}$  son sustancialmente iguales. A este respecto,  $C_{2,0}$  y  $C_{0,2}$  pueden diferir para corregir el rendimiento óptico, pero son sustancialmente diferentes a las necesidades del cilindro de prescripción del usuario.

15 Volviendo ahora una descripción general del invento, en una forma preferida una combinación particular de aberraciones ópticas pueden ser minimizadas sobre sustancialmente toda la apertura del elemento de lente oftálmica. Alternativamente, se puede controlar una medida particular de aberraciones ópticas, de manera que aumente gradualmente desde el centro óptico a la periferia del elemento de la lente oftálmica pero que se mantiene por debajo de cierto umbral conocido para ser justo detectable por la mayoría de los usuarios. El propósito de tal alternativa es permitir la provisión de un elemento de lente con una mejora cosmética, tal como una lente más delgada y más ligera, sin ninguna degradación perceptible en el rendimiento óptico.

20 La primera superficie del elemento de lente oftálmica del presente invento puede ser una superficie esférica, una superficie tórica, o una superficie esférica simétrica rotacionalmente, elegida para producir el mejor rendimiento óptico y/o cosmético para la prescripción total del usuario.

25 Debería observarse que la primera superficie a que se ha hecho referencia anteriormente puede ser o bien la superficie frontal o bien la superficie posterior del elemento de lente, lo que implica que la segunda superficie será inversamente o bien la superficie posterior o bien la superficie frontal respectivamente del elemento de lente.

30 Así, la primera superficie puede ser la superficie frontal, que a continuación resulta fija mientras las modificaciones son trabajadas en la superficie posterior. La superficie frontal puede entonces ser cualquiera de una superficie esférica, una superficie tórica, o una superficie esférica simétrica rotacionalmente, como se ha mencionado antes. De esta forma, es entonces la superficie posterior la que tiene una forma atoroidal o generalmente esférica y está conformada de acuerdo con la función de superficie modificada de acuerdo con el presente invento.

35 Alternativamente, la primera superficie puede ser la superficie posterior, que a continuación resulta fija mientras las modificaciones son trabajadas en la superficie frontal. La superficie posterior puede entonces ser cualquiera de una superficie esférica, una superficie tórica, o una superficie esférica simétrica rotacionalmente, como se ha descrito antes. De esta forma, será la superficie frontal la que tiene una forma atoroidal o generalmente esférica y está conformada de acuerdo con la función de superficie modificada de acuerdo con el presente invento.

40 De esta forma, la superficie frontal puede ser adicionalmente aplanada para proporcionar un beneficio cosmético, y la potencia media de la superficie posterior puede ser ajustada para proporcionar la potencia de lente requerida. Alternativamente, la superficie frontal de esta forma puede ser seleccionada para ser una superficie esférica para mejorar el rendimiento óptico que puede ser degradado durante el aplanamiento de la forma de lente, ya que se desviaría de la mejor forma para la corrección de prescripción dada.

De otra forma, la lente oftálmica mejorada puede incluir una primera oblea de superficie que tiene una primera superficie de lente, y una segunda oblea de superficie que tiene una segunda superficie de lente. Como anteriormente, la segunda superficie puede tener entonces una forma atoroidal o generalmente esférica y estar formada de acuerdo con la función de superficie modificada de acuerdo con el presente invento.

45 Alternativamente, puede proporcionarse además un elemento de lente oftálmica en la forma de una segunda oblea de superficie para utilizar con una primera oblea de superficie, teniendo la segunda oblea de superficie una superficie frontal y una superficie posterior. La superficie frontal de la segunda oblea de superficie puede estar conformada de acuerdo con la función de superficie modificada de acuerdo con el presente invento. La superficie posterior de la segunda oblea de superficie puede entonces ser adecuada para combinación con la primera oblea de superficie.

50 En relación con la modificación que ha de ser hecha a la segunda superficie del elemento de lente oftálmica del presente invento (en términos de ser descrito por un polinomio simétrico cuyos coeficientes han sido elegidos para minimizar una función de mérito construida a partir de la suma de una aberración óptica particular sustancialmente sobre toda su superficie), en una forma preferida, el presente invento proporciona un método para diseñar un elemento de lente oftálmica. El método preferido incluye las operaciones de:

55 seleccionar una función de superficie base para la segunda superficie de lente en la forma de un polinomio simétrico de

orden  $n^{\text{ésimo}}$  de la forma

$$z = \sum_{k=0,2,\dots}^n \sum_{j=0,2,\dots}^k C_{k-j,j} x^{k-j} y^j$$

seleccionar una función de mérito con referencia al menos a una característica de aberración óptica de la lente que necesita ser minimizada;

- 5 calcular los coeficientes  $C_{k-j,j}$  de la superficie de polinomio simétrico que minimizan la función de mérito sustancialmente sobre toda la superficie del elemento de lente oftálmica para generar una función de superficie modificada; y

fabricar un elemento de lente oftálmica que tiene una segunda superficie de lente conformada de acuerdo con la función de superficie modificada.

- 10 Alternativamente, el método puede ser alterado de tal manera que la selección de una función de mérito es la selección de una función de mérito modificada para relacionar al menos una característica de aberración óptica junto con al menos una característica cosmética de lente a una figura de mérito. Tal función de mérito modificada puede operar, por ejemplo, para modificar el grosor de lente, por ejemplo hacia la periferia de la lente.

Considerando los tipos de funciones de mérito que pueden ser utilizados en este método, debería observarse en primer lugar que hay un número de medidas de las aberraciones ópticas de lente como es visto por el usuario, tal como:

15

error de potencia media (mpe)	=	$\frac{\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}}{2}$
error astigmatismo (cyl)	=	$\left( (\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22})^2 + 4\varepsilon_{12}^2 \right)^{1/2}$
desenfoque rms	=	$\left( \frac{\varepsilon_{11}^2 + 2\varepsilon_{12}^2 + \varepsilon_{22}^2}{2} \right)^{1/2}$
	=	$\left( (mpe)^2 + \frac{1}{4}(cyl\ error)^2 \right)^{1/2}$

donde  $\varepsilon$  es la matriz de error focal que puede ser escrita como:

20

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} \end{pmatrix}$$

donde  $\varepsilon_{12} = \varepsilon_{21}$  por la elección del conjunto base ortonormal.

Con referencia a estas aberraciones ópticas de lente, cuatro posibles funciones de mérito que pueden ser utilizadas en el método anterior, dependiendo de la aplicación específica de lente optimizada, son como sigue:

25

$$M_1 = \sum_{\theta} (desenfoque\ rms)_{\theta}^2$$

$$M_2 = \sum_{\theta} \left( (mpe)^2 + (error\ cyl)^2 \right)_{\theta}$$

$$M_3 = \sum_{\theta} \left( \frac{1}{16} (mpe)^2 + (error\ cyl)^2 \right)_{\theta}$$

$$M_4 = \sum_{\theta} \left( (mpe)^2 + \frac{1}{16} (error\ cyl)^2 \right)_{\theta}$$

- 30 donde las sumas son sobre un número de rotaciones  $\theta$  de ojo de muestra. Esta rotaciones de ojo de muestra son seleccionadas a lo largo de un conjunto de meridianos que cubren sustancialmente toda la superficie del elemento de lente.

En relación con estas funciones de mérito,  $M_1$  representa una función de mérito simple basada únicamente sobre el desenfoque rms, y es una función de mérito preferida para utilizar en el presente invento.  $M_2$  representa una función de mérito que proporciona un peso equilibrado entre el impacto del error de potencia media y el error de cilindro. Los modos  $M_3$  y  $M_4$  representan las estrategias de "error astigmático mínimo" y "error de potencia media mínimo" respectivamente.

- 35 En otra realización aún, puede ser incluido un término en la función de mérito que representa la cosmética de la lente. Por ejemplo, en vez de utilizar cualquier función de mérito,  $M$ , sola, puede ser definida una función de mérito modificada por:

$$M^* = M + \eta_{\theta} \lambda^2 \left( \frac{V}{\pi r^2} \right)^2$$

donde  $\eta_{\theta}$  indica el número de rotaciones  $\theta$  de ojo de muestra considerado en M, r es un radio de lente especificado, y V es el volumen de lente fuera del radio r. El factor  $\lambda$  es visto como una ponderación sobre el grosor medio de la lente.

5 El elemento de lente oftálmica del presente invento puede ser formado de vidrio o de un artículo polimérico. El artículo polimérico, donde es aplicable, puede ser de cualquier tipo adecuado. Un policarbonato, por ejemplo puede ser utilizado un material del tipo de carbonato de dialil glicol. El artículo polimérico puede ser formado a partir de composiciones de moldeo polimérico reticulable, tales como las descritas en la patente Norteamericana de la solicitante 4.912.155, la Solicitud de patente Norteamericana 07/781.392, las solicitudes de patente Australiana 50581/93 y 50582/93, o su patente Europea 453159A2. Tales composiciones de colada poliméricas reticulables pueden incluir un monómero de diacrilato o de dimetacrilato (tal como diacrilato o dimetacrilato de polioxialquilen glicol o un diacrilato o dimetacrilato de bisfenol fluoreno) y un comonómero polimerizable, por ejemplo metacrilatos, acrilatos, vinilos, éteres de vinilo, alilos, olefinas aromáticas, éteres, politioles y similares.

DESCRIPCIÓN DE EJEMPLOS DEL INVENTO

15 El presente invento será descrito a continuación con referencia a una serie de ejemplos e ilustraciones adjuntas. Sin embargo, ha de apreciarse que la siguiente descripción no es para limitar la generalidad de la descripción anterior.

La fig. 1 ilustra dos lentes del presente invento que tienen potencias de esfera positiva de 3,75 D. La superficie frontal de estas lentes es una esfera de 4,63 D. La superficie posterior es atórica optimizada para los valores de cilindro de -0,50 D en la fig. 1(a), (b), (c) y -2,50 D en la fig. 1(d), (e), (f). Los coeficientes del polinomio simétrico de 4º orden que describen la forma de las superficies atóricas respectivas están dados en las Tablas 1 y 2. Las figs. 1(a) y (c) muestran el trazado de contorno de astigmatismo de la superficie posterior, las figs. 1(b) y (d) presentan la potencia media de la superficie posterior, mientras que las figs. 1(c) y (f) muestran el desenfoque óptico RMS trazado con rayos creado por cada una de estas lentes respectivamente. Los contornos son incrementados en 0,25 D y el diámetro del círculo es de 60 mm en todas las figuras.

Tabla 1: Coeficientes del polinomio simétrico

25

Optimizado para 3,75/-0,50

X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	
1,23E-03	1,66E-03	
X <sup>4</sup>	X <sup>2</sup> Y <sup>2</sup>	Y <sup>4</sup>
2,79E-07	4,45E-07	2,16E-07

Tabla 2: Coeficientes del polinomio simétrico

Optimizado para 3,75/-2,50

X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	
1,23E-03	3,36E-03	
X <sup>4</sup>	X <sup>2</sup> Y <sup>2</sup>	Y <sup>4</sup>
2,96E-07	2,22E-07	5,13E-08

30 La fig. 2 ilustra dos lentes del presente invento que tienen potencias de esfera negativa de -5.75 D. La superficie frontal de estas lentes es una esfera de 1,32 D. La superficie posterior es atórica optimizada para los valores de cilindro de -0,50 D en la fig. 1(a), (b), (c) y -2,50 D en la fig. 1(d), (e), (f). Los coeficientes del polinomio simétrico de 4º orden que describen la forma de la superficies atóricas respectivas están dados en las Tablas 3 y 4. Las figs. 1(a) y (c) muestran el gráfico de contorno de astigmatismo de la superficie posterior, las figs. 1(b) y (d) presentan la potencia media de la superficie posterior, mientras que las figs. 1(c) y (f) muestran el desenfoque óptico RMS trazado con rayos creado por cada una de estas lentes respectivamente. Los contornos son incrementados en 0,25 D en todas las figuras.

35

Tabla 3: Coeficientes del polinomio simétrico

Optimizado para -5,75/-0,50

X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	
6,15E-03	6,58E-03	
X <sup>4</sup>	X <sup>2</sup> Y <sup>2</sup>	Y <sup>4</sup>
-6,81E-08	4,93E-08	-7,62E-09

Tabla 4: Coeficientes del polinomio simétrico

Optimizado para -5,75/-2,50

$X^2$	$Y^2$	
6,15E-03	8,29E-03	
$X^4$	$X^2Y^2$	$Y^4$
-5,24E-08	3,57E-07	4,12E-07

La fig. 3 muestra los contornos de desenfoque RMS óptico para las lentes tóricas convencionales de las mismas prescripciones que las de las figs. 1 y 2.

5 Finalmente, se apreciará que puede haber otras variaciones y modificaciones hechas a las características descritas antes, que pueden estar también dentro del marco del presente invento, como se ha definido las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de diseño de un elemento de lente oftálmica unifocal que tiene una primera superficie y una segunda superficie atoroidal o generalmente asférica, comprendiendo el método las operaciones de:

seleccionar un polinomio simétrico que tiene coeficientes para la segunda superficie,

5 seleccionar una función de mérito relativa al menos a una aberración óptica característica de la lente,

calcular los coeficientes del polinomio simétrico para minimizar la función de mérito sustancialmente sobre toda la superficie de la misma con el fin de generar una función de superficie modificada,

conformar la segunda superficie a la función de superficie modificada,

10 siendo constituida al menos una aberración óptica a partir de un grupo que comprende el error de potencia media (mpe), el error astigmático (error cyl) y el desenfoque medio cuadrático (desenfoque rms),

siendo constituida la función de mérito a partir de una suma de al menos una aberración óptica sobre sustancialmente toda la superficie de la misma, y

fabricando un elemento de lente oftálmica unifocal que tiene una segunda superficie de lente formada según la función de superficie modificada;

15 caracterizado por que

para la función de mérito, las sumas son realizadas sobre un número de rotaciones ( $\Theta$ ) del ojo de muestra seleccionadas a lo largo de un conjunto de meridianos que cubren sustancialmente toda la superficie del elemento de lente.

2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que el polinomio simétrico tiene la forma de un polinomio simétrico de orden  $n^{\text{ésimo}}$  de la forma

$$z = \sum_{k=0,2,\dots}^n \sum_{j=0,2,\dots}^k C_{k-j,j} x^{k-j} y^j$$

20

en la que los  $C_{k,j}$  son los coeficientes del polinomio simétrico.

3. Un método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la función de mérito es seleccionada del grupo de funciones de mérito que comprenden:

$$M_1 = \sum_{\theta} (\text{desenfoque rms})_{\theta}^2$$

25

$$M_2 = \sum_{\theta} \left( (\text{mpe})^2 + (\text{error cyl})^2 \right)_{\theta}$$

$$M_3 = \sum_{\theta} \left( \frac{1}{16} (\text{mpe})^2 + (\text{error cyl})^2 \right)_{\theta}$$

$$M_4 = \sum_{\theta} \left( (\text{mpe})^2 + \frac{1}{16} (\text{error cyl})^2 \right)_{\theta}$$

donde las sumas se hacen sobre un número de rotaciones ( $\Theta$ ) del ojo de muestra seleccionadas a lo largo de un conjunto de meridianos que cubren sustancialmente toda la superficie del elemento de lente.

30 4. Un método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que un término que representa las características cosimétricas de la lente está incluido en la función de mérito, siendo definida una función de mérito modificada por:

$$M^* = M + \eta_{\theta} \lambda^2 \left( \frac{V}{\pi r^2} \right)^2$$

35

donde M representa cualquier función de mérito,  $\eta_{\theta}$  indica el número de rotaciones  $\Theta$  del ojo de muestra considerado en M, r es un radio de lente especificado, V es el volumen de lente fuera del radio r, y el factor  $\lambda$  es una ponderación sobre el espesor de lente medio.







