

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 013**

51 Int. Cl.:

G02C 7/02 (2006.01)

B29D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2021** **PCT/EP2021/058488**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2021** **WO21198362**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2021** **E 21716182 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024** **EP 4127825**

54 Título: **Elemento de lente**

30 Prioridad:

31.03.2020 EP 20315087

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

14.10.2024

73 Titular/es:

ESSILOR INTERNATIONAL (100.0%)

147 Rue de Paris

94220 Charenton-Le-Pont, FR

72 Inventor/es:

GACOIN, ERIC;

FERMIGIER, BRUNO y

GUILLOT, MATTHIEU

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 982 013 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

Elemento de lente

5 CAMPO TÉCNICO

La invención se refiere a un elemento de lente destinado a llevarse delante del ojo de una persona para suprimir o reducir la progresión de refracciones anormales del ojo, tales como la miopía o la hipermetropía, así como al método de mecanizado asociado para obtener dicha lente.

10 La invención se refiere, además, a un molde para un elemento de lente destinado a llevarse delante del ojo de una persona.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La miopía de un ojo se caracteriza por el hecho de que el ojo enfoca objetos lejanos delante de su retina. La miopía suele corregirse con una lente cóncava y la hipermetropía con una lente convexa.

20 Se ha observado que algunos individuos, cuando se corrigen con lentes ópticas monofocales convencionales, en particular los niños, enfocan de forma inexacta cuando observan un objeto situado a poca distancia, es decir, en condiciones de visión próxima. Debido a este defecto de enfoque por parte de un niño miope corregido para su visión lejana, la imagen de un objeto cercano también se forma detrás de su retina, incluso en la zona foveal.

25 Este defecto de enfoque puede influir en la progresión de la miopía de estos individuos. Se puede observar que, en la mayoría de dichos individuos, el defecto de miopía tiende a aumentar con el tiempo.

La visión foveal corresponde a las condiciones de visión en las que la imagen de un objeto observado es formada por el ojo en la zona central de la retina, denominada zona foveal.

30 La visión periférica corresponde a la percepción de elementos de una escena que están desplazados lateralmente con respecto al objeto observado, formándose las imágenes de dichos elementos en la parte periférica de la retina, lejos de la zona foveal.

35 La corrección oftálmica con la que se dota a un sujeto amétrope suele estar adaptada a su visión foveal. Sin embargo, como es conocido, la corrección debe reducirse para la visión periférica en relación con la corrección que se determina para la visión foveal. En particular, los estudios realizados en primates han demostrado que un fuerte desenfoque de la luz detrás de la retina, que se produce lejos de la zona foveal, puede hacer que el ojo se alargue y, por tanto, puede hacer que aumente el defecto de miopía.

40 Por tanto, parece que existe la necesidad de un elemento de lente que suprima o al menos ralentice la progresión de las refracciones anormales del ojo, tales como la miopía o la hipermetropía.

45 Los documentos relevantes de la técnica anterior relacionados con elementos de lentes destinados a suprimir o al menos ralentizar la progresión de refracciones anormales del ojo, tales como la miopía o la hipermetropía, son los siguientes documentos EP3561578 A1, AU2019/203682 A1, EP3514613 A1, WO2015/147758 A1 o US2019/235279 A1.

SUMARIO DE LA INVENCION

50 Para ello, la invención propone un elemento de lente según la reivindicación 1.

De manera ventajosa, disponer de elementos ópticos configurados para no enfocar una imagen en la retina del usuario reduce la tendencia natural de la retina del ojo a deformarse, en particular, a extenderse. Por lo tanto, se ralentiza la progresión de la refracción anormal del ojo.

55 Asimismo, el hecho de que la zona de refracción comprenda una pluralidad de zonas independientes en forma de isla, cada una de ellas formada dentro de un elemento óptico, permite mejorar la corrección de la refracción anormal del ojo del usuario.

60 Dicho de otro modo, la lente, según la invención, permite reducir la progresión de la refracción anormal del ojo del usuario manteniendo una visión perfecta al corregir de manera eficaz dicha refracción anormal del ojo.

Según otras formas de realización que pueden considerarse por sí solas o en combinación:

65 - al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tienen una forma anular alrededor de una zona de refracción; y/o

- los elementos ópticos tienen una forma de contorno que es inscribible en un círculo que tiene un diámetro mayor o igual a 0,8 mm y menor o igual a 3,0 mm; y/o
- 5 - los elementos ópticos están colocados a lo largo de una pluralidad de anillos concéntricos; y/o
- los elementos ópticos están colocados sobre una malla estructurada; y/o
- 10 - la malla estructurada es una malla cuadrada o una malla hexagonal o una malla triangular o una malla octagonal; y/o
- la estructura de la malla es una malla aleatoria, por ejemplo, una malla de Voronoi; y/o
- 15 - al menos uno de los elementos ópticos, por ejemplo la totalidad, tiene la función óptica de enfocar una imagen en una posición distinta de la retina en condiciones de uso estándar; y/o
- los elementos ópticos están configurados de modo que el foco medio de los rayos luminosos que atraviesan cada elemento óptico se encuentra a la misma distancia de la retina; y/o
- 20 - al menos uno de los elementos ópticos, por ejemplo la totalidad, tiene una función óptica no esférica en condiciones de uso estándar; y/o
- al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tiene una potencia de cilindro; y/o
- 25 - al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tienen una potencia óptica constante y una primera derivada discontinua entre dos elementos ópticos contiguos; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tienen una potencia óptica variable y una primera derivada discontinua entre dos elementos ópticos contiguos; y/o
- 30 - los elementos ópticos están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, la esfera media de los elementos ópticos varía desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 35 - los elementos ópticos están configurados para que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el cilindro de elementos ópticos varíe desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- los elementos ópticos están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, la esfera media y/o el cilindro de elementos ópticos aumentan desde el centro de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 40 - la zona de refracción comprende un centro óptico y los elementos ópticos están configurados de modo que, a lo largo de cualquier sección que pase por el centro óptico de la lente, la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos aumenten desde el centro óptico hacia la parte periférica de la lente; y/o
- 45 - la zona de refracción comprende un punto de referencia de visión lejana, un punto de referencia de visión cercana y un meridiano que une los puntos de referencia de visión lejana y cercana, estando los elementos ópticos configurados de modo que, en condiciones de uso estándar, a lo largo de cualquier sección horizontal de la lente, la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos aumenten desde la intersección de dicha sección horizontal con el meridiano hacia la parte periférica de la lente; y/o
- 50 - la esfera media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de las secciones son diferentes según la posición de dicha sección a lo largo del meridiano; y/o
- 55 - la esfera media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de las secciones son no simétricas; y/o
- los elementos ópticos están configurados para que, en condiciones de uso estándar, al menos una sección sea horizontal; y/o
- 60 - la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos aumenten desde un primer punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección y disminuyan desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo a la parte periférica de dicha sección que el primer punto; y/o
- 65 - la esfera media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de la al menos una sección es una función gaussiana; y/o

- la esfera media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de la al menos una sección es una función cuadrática; y/o
- 5 - los elementos ópticos están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de los elementos ópticos varíe desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- la función de variación del tamaño de los elementos ópticos es monótona; y/o
- 10 - los elementos ópticos están configurados para que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de los elementos ópticos aumente desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- los elementos ópticos están configurados para que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de los elementos ópticos disminuya desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 15 - el tamaño de los elementos ópticos aumente desde un primer punto de una sección de la lente hacia la parte periférica de dicha sección y disminuya desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo a la parte periférica de dicha sección que el primer punto; y/o
- 20 - los elementos ópticos están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de las zonas independientes en forma de isla, que forman la zona de refracción 12, varíe desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 25 - la función de variación del tamaño de las zonas independientes en forma de isla es monótona; y/o
- los elementos ópticos están configurados para que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de las zonas independientes, en forma de isla que forman la zona de refracción 12, aumente desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 30 - los elementos ópticos están configurados para que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de las zonas independientes, en forma de isla que forman la zona de refracción 12, disminuya desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 35 - el tamaño de las zonas independientes en forma de isla que forman la zona de refracción 12 aumenta desde un primer punto de una sección de la lente hacia la parte periférica de dicha sección y disminuye desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más cerca de la parte periférica de dicha sección que el primer punto; y/o
- 40 - la función de aumento del tamaño de los elementos ópticos y/o de las zonas independientes en forma de isla a lo largo de la al menos una sección es una función gaussiana; y/o
- la función de aumento del tamaño de los elementos ópticos y/o de las zonas independientes en forma de isla a lo largo de la al menos una sección es una función cuadrática; y/o
- 45 - al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados en la superficie frontal del elemento de lente; y/o
- al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos, están situados en la superficie posterior de la lente oftálmica; y/o
- 50 - al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos, están situados entre las superficies frontal y posterior de la lente oftálmica; y/o
- 55 - la esfera, por ejemplo, la esfera media, de al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos aumenta dentro de dicho elemento óptico con la excentricidad; y/o
- el elemento de lente comprende, además, al menos cuatro elementos ópticos organizados en al menos dos grupos de elementos ópticos contiguos; y/o
- 60 - cada grupo de elementos ópticos contiguos está organizado en al menos dos anillos concéntricos que tienen el mismo centro, estando definido el anillo concéntrico de cada grupo de elementos ópticos contiguos por un diámetro interior correspondiente al círculo más pequeño que es tangente a al menos un elemento óptico de dicho grupo y un diámetro exterior correspondiente al círculo más grande que es tangente a al menos un elemento óptico de dicho grupo;
- 65

- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los anillos concéntricos de elementos ópticos están centrados en el centro óptico de la superficie del elemento de lente en donde están dispuestos dichos elementos ópticos; y/o
- 5 - los anillos concéntricos de elementos ópticos tienen un diámetro comprendido entre 9,0 mm y 60 mm; y/o
- el elemento óptico comprende, además, elementos ópticos situados radialmente entre dos anillos concéntricos; y/o
- 10 - la zona de refracción está formada por la zona distinta de las zonas formadas por la pluralidad de elementos ópticos; y/o
- para cada zona circular que tenga un radio comprendido entre 2 y 4 mm y que comprenda un centro geométrico situado a una distancia de la referencia de encuadre que se enfrenta a la pupila del usuario que mira de frente en condiciones de uso estándar, mayor o igual que dicho radio + 5 mm, la relación entre la suma de las zonas de las partes de los elementos ópticos situados dentro de dicha zona circular y de la zona de dicha zona circular está comprendida entre el 20% y el 70%; y/o
- 15 - al menos uno de los elementos ópticos es una microlente de refracción multifocal; y/o
- 20 - la al menos una microlente de refracción multifocal comprende una potencia de cilindro; y/o
- la al menos una microlente de refracción multifocal comprende una superficie esférica, con o sin simetría rotacional; y/o
- 25 - al menos uno de los elementos ópticos es una microlente refractiva tórica; y/o
- al menos una microlente de refracción multifocal tiene una superficie tórica; y/o
- al menos uno de los elementos ópticos está realizado de un material birrefringente; y/o
- 30 - al menos un elemento óptico tiene una forma configurada para crear una cáustica delante de la retina del ojo de la persona; y/o
- al menos un elemento óptico es un componente binario multifocal; y/o
- 35 - al menos un elemento óptico es una lente pixelada; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de las funciones ópticas comprenden aberraciones ópticas de alto orden; y/o
- 40 - la zona de refracción está configurada, además, para proporcionar al usuario, en condiciones de uso estándar y para la visión foveal, una segunda potencia óptica diferente de la primera potencia óptica; y/o
- la diferencia entre la primera potencia óptica y la segunda potencia óptica es mayor o igual a 0,5D.
- 45 La invención se refiere, además, a un método de mecanizado de un elemento de lente destinado a llevarse delante del ojo de un usuario, en donde el método comprende:
- proporcionar un elemento de lente inicial que comprenda al menos una superficie de apoyo que comprenda una pluralidad de al menos dos elementos ópticos que tengan una función óptica de no enfocar una imagen en la retina del ojo del usuario, por ejemplo, para ralentizar la progresión de la refracción anormal del ojo,
- 50 - mecanizar al menos una parte de la pluralidad de elementos ópticos de modo que sobre una parte de las superficies de los elementos ópticos haya una superficie paralela a la superficie de apoyo.
- 55 De manera ventajosa, el mecanizado de la pluralidad de elementos ópticos para que sus superficies sobre parte sean paralelas a la superficie de apoyo mejora en términos de eficacia, de reducción de costes y de recursos necesarios, el proceso para obtener un elemento de lente que reduzca la progresión de la refracción anormal del ojo del usuario, manteniendo al mismo tiempo una buena agudeza visual para el usuario.
- 60 Otro aspecto de la invención se refiere a un molde según la reivindicación 14. Según otras formas de realización que pueden considerarse por sí solas o en combinación:
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, del segundo elemento de superficie tiene una forma anular alrededor de la primera superficie; y/o
- 65

- los segundos elementos de superficie tienen una forma de contorno que es inscribible en un círculo que tiene un diámetro mayor o igual a 0,8 mm y menor o igual a 3,0 mm; y/o
- 5 - los segundos elementos de superficie están dispuestos a lo largo de una pluralidad de anillos concéntricos; y/o
- los segundos elementos de superficie están colocados sobre una malla estructurada; y/o
- la malla estructurada es una malla cuadrada o una malla hexagonal o una malla triangular o una malla octagonal; y/o
- 10 - la estructura de la malla es una malla aleatoria, por ejemplo, una malla de Voronoi; y/o
- al menos uno de los segundos elementos de superficie, por ejemplo la totalidad, tiene una superficie no esférica; y/o
- 15 - al menos uno de los segundos elementos de superficie, por ejemplo la totalidad, tiene una superficie tórica; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los segundos elementos de superficie tienen una curvatura constante y una primera derivada discontinua entre dos segundos elementos de superficie contiguos; y/o
- 20 - al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los segundos elementos de superficie tienen una curvatura variable y una primera derivada discontinua entre dos segundos elementos de superficie contiguos; y/o
- los segundos elementos de superficie están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección del molde, la curvatura media de los segundos elementos de superficie varía desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 25 - los segundos elementos de superficie están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección del molde, el cilindro de los segundos elementos de superficie varía desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 30 - los segundos elementos de superficie están configurados para que, a lo largo de al menos una sección del molde, la curvatura media y/o el cilindro de los segundos elementos de superficie aumenten desde el centro de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección; y/o
- 35 - la curvatura media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de las secciones sean diferentes según la posición de dicha sección a lo largo del meridiano; y/o
- la curvatura media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de las secciones son no simétricas; y/o
- 40 - la curvatura media y/o el cilindro de los elementos ópticos aumentan desde un primer punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección y disminuyen desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto; y/o
- 45 - la curvatura media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de la al menos una sección es una función gaussiana; y/o
- la curvatura media y/o la función de aumento del cilindro a lo largo de la al menos una sección es una función cuadrática; y/o
- 50 - la curvatura de al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los segundos elementos de superficie aumenta dentro de dicho elemento óptico con la excentricidad; y/o
- 55 - el molde comprende, además, al menos cuatro segundos elementos de superficie organizados en al menos dos grupos de segundos elementos de superficie contiguos; y/o
- cada grupo de segundos elementos de superficie contiguos está organizado en al menos dos anillos concéntricos que tienen el mismo centro, estando definido el anillo concéntrico de cada grupo de segundos elementos de superficie contiguos por un diámetro interior correspondiente al círculo más pequeño que es tangente a al menos un segundo elemento de superficie de dicho grupo y un diámetro exterior correspondiente al círculo más grande que es tangente a al menos un segundo elemento de superficie de dicho grupo;
- 60 - al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los anillos concéntricos de los segundos elementos de superficie están centrados en el centro de la primera superficie del molde sobre la que están dispuestos dichos segundos elementos de superficie; y/o
- 65

- los anillos concéntricos de los segundos elementos de superficie tienen un diámetro comprendido entre 9,0 mm y 60 mm; y/o
- 5 - el molde comprende, además, segundos elementos de superficie situados radialmente entre dos anillos concéntricos; y/o
- la diferencia entre la primera curvatura y la segunda curvatura es mayor o igual a 0,5D.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describirán formas de realización no limitativas de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- 15 - la Figura 1 es una vista en planta de un elemento de lente según una forma de realización de la invención;
- la Figura 2 es una vista de perfil general de un elemento de lente según una forma de realización de la invención;
- la Figura 3 ilustra una vista en primer plano de un elemento óptico según una forma de realización de la invención;
- 20 - las Figuras 4a a 4d ilustran ejemplos de organización de elementos ópticos en un elemento de lente según la invención;
- la Figura 5 ilustra un ejemplo de organización de elementos ópticos en un elemento de lente según la invención;
- 25 - la Figura 6a ilustra el eje de astigmatismo γ de una lente en la convención TABO;
- la Figura 6b ilustra el eje del cilindro γ_{AX} en una convención utilizada para caracterizar una superficie esférica;
- 30 - las Figuras 7 y 8 muestran, de forma diagramática, los sistemas ópticos del ojo y de la lente;
- las Figuras 9a y 9b ilustran un método de mecanizado de un elemento de lente destinado a ser llevado delante del ojo de un usuario; y
- 35 - la Figura 10 ilustra una vista en despiece de un molde para un elemento de lente según una forma de realización de la invención.

Los elementos de las figuras se ilustran para mayor simplicidad y claridad y no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos en la figura pueden estar exageradas en relación con otros elementos para ayudar a mejorar la comprensión de las formas de realización de la presente invención.

40 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La invención se refiere a un elemento de lente destinado a llevarse delante del ojo de un usuario.

Al recordar la descripción, pueden utilizarse términos tales como "arriba", "abajo", "horizontal", "vertical", "por encima", "por debajo", "delante", "detrás" u otros que indiquen una posición relativa. Estos términos deben entenderse en las condiciones de uso del elemento de lente.

En el contexto de la presente invención, el término "elemento de lente" puede referirse a una lente óptica sin cortar o a una lente óptica para gafas canteada para ajustarse a una montura de gafas específica o a una lente oftálmica y a un dispositivo óptico adaptado para colocarse sobre la lente oftálmica. El dispositivo óptico puede colocarse en la superficie anterior o posterior de la lente oftálmica. El dispositivo óptico puede ser un parche óptico. El dispositivo óptico puede estar adaptado para colocarse de forma extraíble en la lente oftálmica, por ejemplo, una pinza configurada para engancharse en una montura de gafas que incluya la lente oftálmica.

Un elemento de lente 10, según la invención, está adaptado para un usuario y destinado a llevarse delante de un ojo de dicho usuario.

Tal como se representa en la Figura 1, un elemento de lente 10, según la invención, comprende:

- una zona de refracción 12, y
- una pluralidad de elementos ópticos contiguos 14.

Tal como se ilustra en la Figura 1, la zona de refracción 12 comprende una pluralidad de zonas en forma de isla,

respectivamente independientes.

En el sentido de la invención, dos elementos ópticos se consideran independientes si producen imágenes independientes.

En particular, cuando son iluminados por un haz paralelo "en visión central", cada "elemento óptico contiguo independiente" forma en un plano del espacio de la imagen una mancha asociada al mismo. Dicho de otro modo, cuando se oculta uno de los "elementos ópticos", la mancha desaparece, aunque este elemento óptico sea contiguo a otro elemento óptico.

La zona de refracción está formada preferiblemente por una zona distinta de las zonas formadas por la pluralidad de elementos ópticos. Dicho de otro modo, la zona de refracción es la zona complementaria de las zonas formadas por la pluralidad de elementos ópticos.

La zona de refracción 12 está configurada para proporcionar al usuario, en condiciones de uso estándar, en particular para la visión foveal, una primera potencia óptica basada en la prescripción del usuario para corregir una refracción anormal de dicho ojo del usuario.

Por condiciones de uso debe entenderse la posición del elemento de lente en relación con el ojo del usuario, definida, por ejemplo, por un ángulo pantoscópico, una distancia de la córnea a la lente, una distancia de la pupila a la córnea, una distancia del centro de rotación del ojo (CRE) a la pupila, una distancia del CRE a la lente y un ángulo envolvente.

La distancia de la córnea al cristalino es la distancia a lo largo del eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse la horizontal) entre la córnea y la superficie posterior del cristalino, por ejemplo, igual a 12 mm.

La distancia pupila-córnea es la distancia a lo largo del eje visual del ojo entre su pupila y la córnea, por regla general igual a 2 mm.

La distancia CRE a pupila es la distancia a lo largo del eje visual del ojo entre su centro de rotación (CRE) y la córnea, por ejemplo, igual a 11,5 mm.

La distancia del CRE a la lente es la distancia a lo largo del eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse la horizontal) entre el CRE del ojo y la superficie posterior de la lente, por ejemplo, igual a 25,5 mm.

El ángulo pantoscópico es el ángulo en el plano vertical, en la intersección entre la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse la horizontal), entre la normal a la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria; por ejemplo, igual a -8°.

El ángulo envolvente es el ángulo en el plano horizontal, en la intersección entre la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria (que suele tomarse como la horizontal), entre la normal a la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria; por ejemplo, igual a 0°.

Un ejemplo de condición de usuario estándar puede definirse por un ángulo pantoscópico de -8°, una distancia de la córnea a la lente de 12 mm, una distancia de la pupila a la córnea de 2 mm, una distancia del CRE a la pupila de 11,5 mm, una distancia del CRE a la lente de 25,5 mm y un ángulo envolvente de 0°.

Por "graduación" debe entenderse un conjunto de características ópticas de potencia óptica, de astigmatismo, de desviación prismática, determinadas por un oftalmólogo u optometrista para corregir los defectos de visión del ojo, por ejemplo, mediante una lente colocada delante de su ojo. Por ejemplo, la prescripción para un ojo miope comprende los valores de potencia óptica y de astigmatismo con un eje para la visión de lejos.

Aunque la invención no está dirigida a lentes progresivas, la formulación utilizada en esta descripción se ilustra en las Figuras 1 a 10 del documento WO2016/146590 para una lente progresiva. El experto en esta materia puede adaptar las definiciones para lentes monofocales.

Una lente progresiva comprende al menos una, pero preferiblemente dos superficies esféricas no rotacionalmente simétricas, por ejemplo, pero sin limitarse a las mismas, superficie progresiva, superficie regresiva, superficies tóricas o atóricas.

Como es conocido, una curvatura mínima $CURV_{\min}$ se define en cualquier punto de una superficie esférica mediante la fórmula:

$$CURV_{\min} = \frac{1}{R_{\max}}$$

en donde $R_{\max}$ es el radio de curvatura máximo local, expresado en metros y $CURV_{\min}$ se expresa en dioptrías.

Del mismo modo, puede definirse una curvatura máxima $CURV_{\max}$ en cualquier punto de una superficie esférica mediante la fórmula:

$$CURV_{\max} = \frac{1}{R_{\min}}$$

en donde $R_{\min}$ es el radio de curvatura mínimo local, expresado en metros y $CURV_{\max}$ se expresa en dioptrías.

10 Puede observarse que cuando la superficie es localmente esférica, el radio de curvatura mínimo local $R_{\min}$ y el radio de curvatura máximo local $R_{\max}$ son los mismos y, en consecuencia, las curvaturas mínima y máxima $CURV_{\min}$ y $CURV_{\max}$ también son idénticas. Cuando la superficie es esférica, el radio de curvatura mínimo local $R_{\min}$ y el radio de curvatura máximo local $R_{\max}$ son diferentes.

15 A partir de estas expresiones de las curvaturas mínima y máxima $CURV_{\min}$ y $CURV_{\max}$, se pueden deducir las esferas mínima y máxima denominadas $SPH_{\min}$ y $SPH_{\max}$ según el tipo de superficie considerada.

Cuando la superficie considerada es la superficie lateral del objeto (también denominada superficie frontal), las expresiones son las siguientes:

$$20 \quad SPH_{\min} = (n-1) * CURV_{\min} = \frac{n-1}{R_{\max}}, \quad y \quad SPH_{\max} = (n-1) * CURV_{\max} = \frac{n-1}{R_{\min}}$$

en donde n es el índice del material constitutivo de la lente.

25 Si la superficie considerada es una superficie lateral del globo ocular (también denominada como la superficie posterior), las expresiones son las siguientes:

$$SPH_{\min} = (1-n) * CURV_{\min} = \frac{1-n}{R_{\max}}, \quad y \quad SPH_{\max} = (1-n) * CURV_{\max} = \frac{1-n}{R_{\min}}$$

30 en donde n es el índice del material constitutivo de la lente.

Tal como es bien conocido, la esfera media SPH_{mean} en cualquier punto de una superficie esférica también puede definirse mediante la fórmula:

$$35 \quad SPH_{\text{mean}} = \frac{1}{2} (SPH_{\min} + SPH_{\max})$$

Por tanto, la expresión de la esfera media depende de la superficie considerada:

si la superficie es la superficie lateral del objeto

$$40 \quad SPH_{\text{mean}} = \frac{n-1}{2} \left(\frac{1}{R_{\min}} + \frac{1}{R_{\max}} \right)$$

si la superficie es una superficie lateral del globo ocular,

$$45 \quad SPH_{\text{mean}} = \frac{1-n}{2} \left(\frac{1}{R_{\min}} + \frac{1}{R_{\max}} \right)$$

un cilindro CYL también se define mediante la fórmula $CYL = |SPH_{\max} - SPH_{\min}|$.

50 Las características de cualquier cara esférica de la lente pueden expresarse mediante las esferas y cilindros medios locales. Se puede considerar que una superficie es localmente no esférica cuando el cilindro tiene al menos 0,25 dioptrías.

Para una superficie esférica, puede definirse, además, un eje de cilindro local γAX . La Figura 6a ilustra el eje de astigmatismo γtal como se define en la convención TABO y la Figura 6b ilustra el eje del cilindro γAX en una convención definida para caracterizar una superficie esférica.

El eje de cilindro γAX es el ángulo de orientación de la curvatura máxima $CURV_{max}$ con respecto a un eje de referencia y en el sentido de giro elegido. En la convención definida con anterioridad, el eje de referencia es horizontal (el ángulo de este eje de referencia es 0°) y el sentido de giro es antihorario para cada ojo, cuando se mira al usuario ($0^\circ \leq \gamma AX \leq 180^\circ$). Por tanto, un valor del eje del cilindro γAX de $+45^\circ$ representa un eje orientado de forma oblicua, que al mirar al usuario se extiende desde el cuadrante situado arriba a la derecha hasta el cuadrante situado abajo a la izquierda.

Asimismo, una lente multifocal progresiva también puede definirse por sus características ópticas, teniendo en cuenta la situación de la persona que lleva las lentes.

Las Figuras 7 y 8 son ilustraciones diagramáticas de los sistemas ópticos del ojo y la lente, que muestran las definiciones utilizadas en la descripción. Más concretamente, la Figura 7 representa una vista en perspectiva de un sistema de este tipo que ilustra los parámetros α y β utilizados para definir la dirección de la mirada. La Figura 8 es una vista en el plano vertical paralelo al eje anteroposterior de la cabeza del usuario y que pasa por el centro de rotación del ojo en el caso de que el parámetro β sea igual a 0.

El centro de rotación del ojo se denomina Q'. El eje Q'F', representado en la Figura 8 con una línea de puntos, es el eje horizontal que pasa por el centro de rotación del ojo y se extiende por delante del usuario, es decir, el eje Q'F' correspondiente a la vista primaria. Este eje corta la superficie esférica de la lente en un punto denominado cruz de ajuste, que está presente en las lentes para permitir el posicionamiento de las lentes en una montura por parte de un óptico. El punto de intersección de la superficie posterior de la lente y el eje Q'F' es el punto O. O puede ser la cruz de ajuste si está situado en la superficie posterior. Una esfera de vértice, de centro Q', y de radio q', es tangente a la superficie posterior de la lente en un punto del eje horizontal. A modo de ejemplo, un valor de radio q' de 25,5 mm corresponde a un valor habitual y proporciona resultados satisfactorios al llevar las lentes.

Una determinada dirección de la mirada -representada por una línea continua en la Figura 7- corresponde a una posición del ojo en rotación alrededor de Q' y a un punto J de la esfera del vértice; el ángulo β es el ángulo formado entre el eje Q'F' y la proyección de la línea recta Q'J sobre el plano horizontal que comprende el eje Q'F'; este ángulo aparece en la vista esquemática de la Figura 7. El ángulo α es el ángulo formado entre el eje Q'J y la proyección de la línea recta Q'J sobre el plano horizontal que comprende el eje Q'F'; este ángulo aparece en la vista esquemática de las Figuras 7 y 8. Una vista de mirada dada corresponde así, a un punto J de la esfera del vértice o a una pareja (α , β). Cuanto más positivo sea el valor del ángulo de la mirada descendente, más descendente será la mirada, y cuanto más negativo sea el valor, más ascendente será la mirada.

En una determinada dirección de la mirada, la imagen de un punto M del espacio objeto, situado a una determinada distancia del objeto, se forma entre dos puntos S y T correspondientes a las distancias mínima y máxima JS y JT, que serían las distancias focales locales sagital y tangencial. Se forma la imagen de un punto del espacio objeto en el infinito, en el punto F'. La distancia D corresponde al plano frontal posterior de la lente.

Ergorama es una función que asocia a cada dirección de la mirada la distancia habitual de un punto del objeto. Por regla general, en visión lejana, siguiendo la dirección primaria de la mirada, el punto objeto está en el infinito. En visión próxima, siguiendo una dirección de mirada que corresponde esencialmente a un ángulo α del orden de magnitud de 35° y a un ángulo β del orden de magnitud de 5° en valor absoluto hacia el lado nasal, la distancia del objeto es del orden de 30 a 50 cm. Para más detalles sobre una posible definición de un ergorama, puede considerarse la patente estadounidense US-A-6.318.859. Este documento describe un ergorama, su definición y su método de modelado. Para un método de la invención, los puntos pueden estar en el infinito o no. El ergorama puede ser una función de la ametropía del usuario o de la adición del usuario.

Utilizando estos elementos, es posible definir la potencia óptica y el astigmatismo del usuario, en cada dirección de la mirada. Para una dirección de mirada (α, β) se considera un punto de objeto M a una distancia de objeto dada por el ergorama. Se define una proximidad al objeto ProxO para el punto M en el rayo de luz correspondiente en el espacio del objeto como la inversa de la distancia MJ entre el punto M y el punto J de la esfera del vértice:

$$ProxO = \frac{1}{MJ}$$

Lo que antecede permite calcular la proximidad del objeto dentro de una aproximación de lente delgada para todos los puntos de la esfera del vértice, que se utiliza para determinar el ergorama. Para una lente real, la proximidad del objeto puede considerarse como la inversa de la distancia entre el punto del objeto y la superficie frontal de la lente, en el rayo de luz correspondiente.

Para una misma dirección de la mirada (α, β), la imagen de un punto M que tiene una proximidad al objeto dada se forma entre dos puntos S y T que corresponden, respectivamente, a las distancias focales mínima y máxima (que serían las distancias focales sagital y tangencial). La magnitud $ProxI$ se denomina proximidad de imagen del punto M:

$$ProxI = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{JT} + \frac{1}{JS} \right)$$

Por analogía con el caso de una lente delgada, se puede definir, por lo tanto, para una dirección de mirada dada y para una proximidad del objeto dado, es decir, para un punto del espacio del objeto en el rayo de luz correspondiente, una potencia óptica Pui como la suma de la proximidad de la imagen y la proximidad del objeto.

$$Pui = ProxO + ProxI$$

Con las mismas notaciones, se define un astigmatismo Ast para cada dirección de la mirada y para una proximidad de objeto dada como:

$$Ast = \left| \frac{1}{JT} - \frac{1}{JS} \right|$$

Esta definición corresponde al astigmatismo de un haz de rayos creado por la lente. Puede observarse que la definición proporciona, en la dirección primaria de la mirada, el valor clásico del astigmatismo. El ángulo de astigmatismo, por regla general denominado eje, es el ángulo γ . El ángulo γ se mide en el marco $\{Q', x_m, y_m, z_m\}$ vinculado al ojo. Corresponde al ángulo con el que se forma la imagen S o T i según la convención utilizada con respecto a la dirección z_m en el plano $\{Q', z_m, y_m\}$.

Las posibles definiciones de la potencia óptica y el astigmatismo de la lente, en las condiciones de uso, pueden calcularse tal como se explica en el artículo de B. Bourdoncle y otros, titulado "Trazado de rayos a través de lentes oftálmicas progresivas", Conferencia Internacional de Diseño de Lentes de 1990, D.T. Moore ed., Proc. Soc. Photo. Opt. Instrum. Eng.

La zona de refracción 12 puede configurarse, además, para proporcionar al usuario, en particular para la visión foveal, una segunda potencia óptica diferente de la primera potencia óptica basada en la prescripción del usuario.

En el sentido de la invención, las dos potencias ópticas se consideran diferentes cuando la diferencia entre las dos potencias ópticas es mayor o igual a 0,5 D.

Cuando la refracción anormal del ojo de la persona corresponde a la miopía, la segunda potencia óptica es mayor que la primera potencia óptica.

Cuando la refracción anormal del ojo de la persona corresponde a la hipermetropía, la segunda potencia óptica es menor que la primera potencia óptica.

Tal como se ilustra en las Figuras 1 y 3, cada zona independiente en forma de isla que constituye la zona de refracción 12 se forma dentro de un solo elemento óptico 14. Dicho de otro modo, cada elemento óptico 14 rodea una zona en forma de isla.

El elemento de lente, según la invención, comprende una pluralidad de al menos dos elementos ópticos 14.

Al menos uno, preferiblemente la totalidad, de los elementos ópticos de la pluralidad de elementos ópticos 14, tiene una función óptica de no enfocar una imagen en la retina del ojo del usuario, en particular para la visión periférica y preferiblemente para la visión central y periférica.

En el sentido de la invención, por "enfoque" debe entenderse la producción de un punto de enfoque de sección circular que puede reducirse a un punto del plano focal o al tamaño del punto de difracción.

De manera ventajosa, dicha función óptica del elemento óptico reduce la deformación de la retina del ojo del usuario en la visión periférica, lo que permite ralentizar la progresión de la refracción anormal del ojo de la persona que lleva el elemento óptico.

Según una forma de realización preferida de la invención, representada en las Figuras 1, 3 y 4a a 4b, al menos una parte, por ejemplo la totalidad, los elementos ópticos tienen forma anular alrededor de una zona de refracción.

De manera ventajosa, dicha configuración proporciona un buen reparto de la zona de refracción y de los elementos

ópticos, permitiendo de este modo proporcionar una mejor corrección de la refracción anormal del ojo del usuario, al tiempo que se mantiene la función efectiva de los elementos ópticos para reducir, o al menos ralentizar, la progresión de dicha refracción anormal.

5 Según una forma de realización de la invención, la pluralidad de al menos dos elementos ópticos son contiguos. Las Figuras 4b a 4d ilustran ejemplos de elementos ópticos contiguos en el sentido de la invención.

10 En el sentido de la invención, dos elementos ópticos situados sobre una superficie del elemento de lente son contiguos si existe una ruta soportada por dicha superficie que una los dos elementos ópticos y si a lo largo de dicha ruta, uno solo no alcanza la superficie de base sobre la que están situados los elementos ópticos.

15 Cuando la superficie sobre la que se sitúan los al menos dos elementos ópticos es esférica, la superficie de base corresponde a dicha superficie esférica. Dicho de otro modo, dos elementos ópticos situados sobre una superficie esférica son contiguos si existe una ruta soportada por dicha superficie esférica que los une y si a lo largo de dicha ruta uno no puede alcanzar la superficie esférica.

20 Cuando la superficie sobre la que se sitúan los al menos dos elementos ópticos es no esférica, la superficie base corresponde a la superficie esférica local que mejor se ajusta a dicha superficie no esférica. Dicho de otro modo, dos elementos ópticos situados sobre una superficie no esférica son contiguos si existe una ruta soportada por dicha superficie no esférica y que los une, y si a lo largo de dicha ruta, uno de ellos no puede alcanzar la superficie esférica que mejor se ajusta a la superficie no esférica.

25 De manera ventajosa, tener elementos ópticos contiguos ayuda a mejorar la estética del elemento de lente y es más fácil de fabricar.

El elemento de lente puede comprender al menos cuatro elementos ópticos organizados en al menos dos grupos de elementos ópticos contiguos. La Figura 4c ilustra un ejemplo de elementos ópticos organizados en cuatro grupos de elementos ópticos contiguos.

30 Según una forma de realización de la invención, los elementos ópticos tienen tamaños específicos. En particular, los elementos ópticos tienen una forma de contorno que es inscribible en un círculo que tiene un diámetro mayor o igual a 0,8 mm y menor o igual a 3,0 mm, preferiblemente mayor o igual a 1,0 mm y menor a 2,0 mm.

35 Según algunas formas de realización de la invención, los elementos ópticos se colocan sobre una malla.

La malla sobre la que se colocan los elementos ópticos puede ser una malla estructurada, tal como se ilustra en las Figuras 1 y 4a a 4d.

40 Según una forma de realización preferida de la invención, los elementos ópticos se colocan sobre una malla estructurada que es una malla cuadrada o una malla hexagonal o una malla triangular o una malla octagonal. Por ejemplo, las Figuras 4a y 4b ilustran una malla hexagonal de elementos ópticos 14 con forma anular alrededor de las zonas de refracción 12. En particular, los centros geométricos de los elementos ópticos pueden organizarse en una malla, por ejemplo, una malla hexagonal, o una malla cuadrada, o una malla triangular, o una malla octagonal.

45 En las formas de realización ilustradas en las Figuras 1 y 4c, los elementos ópticos están situados a lo largo de una pluralidad de anillos concéntricos.

Los anillos concéntricos de elementos ópticos pueden ser anillos anulares.

50 Según una forma de realización de la invención, el elemento de lente comprende, además, al menos cuatro elementos ópticos. Los al menos cuatro elementos ópticos están organizados en al menos dos grupos de elementos ópticos, estando cada grupo de elementos ópticos organizado en al menos dos anillos concéntricos que tienen el mismo centro geométrico, y estando el anillo concéntrico de cada grupo de elementos ópticos contiguos definido por un diámetro interior y un diámetro exterior.

55 El diámetro interior de un anillo concéntrico de cada grupo de elementos ópticos corresponde al círculo más pequeño que es tangente a al menos un elemento óptico de dicho grupo de elementos ópticos. El diámetro exterior de un anillo concéntrico de elementos ópticos corresponde al círculo mayor que es tangente a al menos un elemento óptico de dicho grupo.

60 Por ejemplo, el elemento de lente puede comprender n anillos de elementos ópticos, $f_{inner\ 1}$ referido al diámetro interior del anillo concéntrico más próximo al centro óptico del elemento de lente, $f_{outer\ 1}$ referido al diámetro exterior del anillo concéntrico más próximo al centro óptico del elemento de lente, $f_{inner\ n}$ se refiere al diámetro interior del anillo que está más próximo de la periferia del elemento de lente, y $f_{outer\ n}$ se refiere al diámetro exterior del anillo concéntrico que está más próximo de la periferia del elemento de lente.

65

La distancia D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos de los elementos ópticos i e $i+1$ puede expresarse como:

$$D_i = |f_{inner\ i+1} - f_{outer\ i}|,$$

5 en donde $f_{outer\ i}$ se refiere al diámetro exterior de un primer anillo de elementos ópticos i y $f_{inner\ i+1}$ se refiere al diámetro interior de un segundo anillo de elementos ópticos $i+1$ que es sucesivo al primero y está más próximo de la periferia del elemento de lente.

10 Según otra forma de realización de la invención, los elementos ópticos están organizados en anillos concéntricos centrados en el centro óptico de la superficie del elemento de lente sobre el que están dispuestos los elementos ópticos y que unen el centro geométrico de cada elemento óptico.

15 Por ejemplo, el elemento de lente puede comprender n anillos de elementos ópticos, f_1 referido al diámetro del anillo más próximo al centro óptico del elemento de lente y f_n referido al diámetro del anillo más próximo a la periferia del elemento de lente.

La distancia D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos de elementos ópticos i e $i+1$ puede expresarse como:

$$D_i = \left| f_{i+1} - f_i - \frac{d_{i+1}}{2} - \frac{d_i}{2} \right|,$$

20 en donde f_i se refiere al diámetro de un primer anillo de elementos ópticos i y f_{i+1} se refiere al diámetro de un segundo anillo de elementos ópticos $i+1$ que es sucesivo al primero y está más próximo de la periferia del elemento de lente, y

25 en donde d_i se refiere al diámetro de los elementos ópticos del primer anillo de elementos ópticos y d_{i+1} al diámetro de los elementos ópticos del segundo anillo de elementos ópticos sucesivo al primero y más próximo a la periferia del elemento de lente. El diámetro del elemento óptico corresponde al diámetro del círculo en donde se inscribe la forma del contorno del elemento óptico.

30 De manera ventajosa, el centro óptico del elemento de lente y el centro de los anillos concéntricos de elementos ópticos coinciden. Por ejemplo, el centro geométrico del elemento de lente, el centro óptico del elemento de lente y el centro de los anillos concéntricos de elementos ópticos coinciden todos ellos.

35 En el sentido de la invención, el término coincidir debe entenderse como estar realmente próximos, por ejemplo, distanciados menos de 1,0 mm.

La distancia D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos puede variar en función de i . Por ejemplo, la distancia D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos puede variar entre 1,0 mm y 5,0 mm.

40 Según una forma de realización de la invención, la distancia D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos de elementos ópticos es superior a 1,00 mm, preferiblemente 2,0 mm, más preferiblemente 4,0 mm.

45 De manera ventajosa, el hecho de que la distancia D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos de elementos ópticos sea superior a 1,00 mm permite gestionar una zona de refracción mayor entre estos anillos de elementos ópticos y, por tanto, proporciona una mejor agudeza visual.

50 Dicho de otro modo, los inventores han observado que, para un valor dado de la relación antes mencionada, la organización de elementos ópticos contiguos en anillos concéntricos, en los que estos anillos están espaciados por una distancia superior a 2,0 mm, permite proporcionar zonas anulares de zona de refracción más fáciles de fabricar que la zona de refracción gestionada cuando los elementos ópticos están dispuestos en malla hexagonal o dispuestos de manera aleatoria en la superficie del elemento de lente, proporcionando de este modo una mejor corrección de la refracción anormal del ojo y, por tanto, una mejor agudeza visual.

55 Según una forma de realización de la invención, el diámetro d_i de todos los elementos ópticos del elemento de lente es idéntico.

Según una forma de realización de la invención, las distancias D_i entre dos anillos concéntricos sucesivos i e $i+1$ pueden aumentar cuando i aumenta hacia la periferia del elemento de lente.

60 Los anillos concéntricos de los elementos ópticos pueden tener un diámetro comprendido entre 9 mm y 60 mm.

Según una forma de realización de la invención, el elemento de lente comprende elementos ópticos dispuestos en al menos 2 anillos concéntricos, preferiblemente más de 5, más preferiblemente más de 10 anillos concéntricos. Por ejemplo, los elementos ópticos pueden estar dispuestos en 11 anillos concéntricos centrados en el centro óptico de la lente.

En la Figura 1, los elementos ópticos están colocados a lo largo de un conjunto de 5 anillos concéntricos. La potencia óptica y/o el cilindro de las microlentes pueden ser diferente en función de su posición a lo largo de los anillos concéntricos.

Según una forma de realización de la invención, el elemento de lente puede comprender, además, elementos ópticos 14 colocados de manera radial entre dos anillos concéntricos. Por ejemplo, se colocan cuatro elementos ópticos entre dos anillos concéntricos; preferiblemente, pueden colocarse más elementos ópticos entre ambos anillos.

De manera alternativa, los elementos ópticos pueden colocarse en una malla de estructura aleatoria, tal como una malla de Voronoi, tal como se ilustra en la Figura 5.

De manera ventajosa, la colocación de los elementos ópticos en una estructura aleatoria limita el riesgo de dispersión o difracción de la luz.

Según las formas de realización de la invención, al menos una parte, por ejemplo, la totalidad, de los elementos ópticos tienen una potencia óptica constante y una primera derivada discontinua entre dos elementos ópticos contiguos. Dicho de otro modo, no existe ninguna zona entre la unión de dos elementos ópticos contiguos sin esfera.

De manera alternativa, al menos una parte, por ejemplo, la totalidad, de los elementos ópticos, tienen una potencia óptica variable y una primera derivada discontinua entre la unión de dos elementos ópticos contiguos.

Para obtener dicha variación, en este caso se pueden utilizar dos potencias constantes, una positiva y otra negativa. La zona de la potencia negativa es mucho menor que la zona de la potencia positiva, de modo que a nivel global se tiene un efecto de potencia positiva.

Tal como se ilustra en la Figura 2, un elemento de lente 10, según la invención, comprende una superficie del lado del objeto F1 formada como una superficie curva convexa hacia un lado del objeto, y una superficie del lado del ojo F2 formada como una superficie cóncava que tiene una curvatura diferente a la curvatura de la superficie del lado del objeto F1.

Según una forma de realización de la invención, al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados en la superficie frontal del elemento de lente.

Al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos pueden estar situados en la superficie posterior del elemento de lente.

Al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos pueden estar situados entre las superficies anterior y posterior del elemento de lente. Por ejemplo, el elemento de lente puede comprender zonas de diferente índice de refracción que formen los elementos ópticos.

Según una forma de realización de la invención, al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tienen la función óptica de enfocar una imagen en una posición distinta de la retina.

Preferiblemente, al menos el 50%, por ejemplo, al menos el 80%, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tienen una función óptica de enfoque de una imagen para la visión periférica en una posición distinta de la retina.

Según una forma de realización preferida de la invención, todos los elementos ópticos están configurados de modo que el enfoque medio de los rayos de luz que atraviesan cada elemento óptico está a la misma distancia de la retina del usuario, al menos para la visión periférica.

La función óptica, en particular la función dióptrica, de cada elemento óptico puede optimizarse para proporcionar una imagen enfocada, en particular en visión periférica, a una distancia constante de la retina del ojo del usuario. Dicha optimización requiere adaptar la función dióptrica de cada uno de los elementos ópticos en función de su posición en el elemento de lente.

En particular, los inventores han determinado que el diagrama puntual del haz de luz que atraviesa una microlente esférica con forma 3D analizada en visión periférica (a 30° del centro de la pupila) no es un punto.

Para obtener un punto, los inventores han determinado que el elemento óptico debe tener una potencia de cilindro, por ejemplo, tener una forma tórica.

Según una forma de realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tiene una función óptica no esférica en condiciones de uso estándar.

Según otra forma de realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tiene

una potencia de cilindro.

Según una forma de realización de la invención, los elementos ópticos están configurados de modo que, al menos a lo largo de una sección de la lente, la esfera media de los elementos ópticos varía desde un punto de dicha sección hacia la periferia de dicha sección.

Además, los elementos ópticos pueden estar configurados de modo que al menos a lo largo de una sección de la lente, por ejemplo, al menos la misma sección que aquella a lo largo de la cual varía la esfera media de los elementos ópticos, el cilindro varía desde un punto de dicha sección, por ejemplo, el mismo punto que para la esfera media, hacia la parte periférica de dicha sección.

De manera ventajosa, disponer de elementos ópticos configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, la esfera media y/o el cilindro medio de los elementos ópticos varíen desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección permite variar el desenfoque de los rayos luminosos delante de la retina en caso de miopía o detrás de la retina en caso de hipermetropía.

Dicho de otro modo, los inventores han observado que disponer de elementos ópticos configurados de modo que a lo largo de al menos una sección de la lente la esfera media de los elementos ópticos varíe desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, ayuda a ralentizar la progresión de la refracción anormal del ojo, tal como la miopía o la hipermetropía.

Los elementos ópticos pueden estar configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos aumente desde el centro de dicha sección hacia la parte periférica de la misma.

Según una forma de realización de la invención, los elementos ópticos están configurados de modo que, en condiciones de uso estándar, la al menos una sección es una sección horizontal.

El elemento de lente y, en particular, la zona de refracción, pueden comprender un centro óptico y los elementos ópticos pueden estar configurados de modo que, a lo largo de cualquier sección que pase por el centro óptico de la lente, la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos varíe, por ejemplo, aumente, desde el centro óptico hacia la parte periférica de la lente.

El elemento de lente, y en particular la zona de refracción, puede comprender un punto de referencia de visión lejana, un punto de referencia de visión cercana y un meridiano que una los puntos de referencia de visión lejana y cercana. En dicha forma de realización, los elementos ópticos pueden estar configurados de modo que, en condiciones de uso estándar, a lo largo de cualquier sección horizontal de la lente, la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos varíen, por ejemplo, aumenten, desde la intersección de dicha sección horizontal con el meridiano hacia la parte periférica de la lente.

De manera preferible, según dicha forma de realización, los elementos ópticos están configurados de modo que, en condiciones de uso estándar, a lo largo de cualquier sección horizontal de la lente, la esfera media y/o el cilindro de los elementos ópticos aumenta desde la intersección de dicha sección horizontal con la línea meridiana hacia la parte periférica de la lente.

La línea meridiana corresponde al punto de intersección de la dirección principal de la mirada con la superficie de la lente.

La esfera media y/o la función de variación del cilindro, por ejemplo, la función de aumento, a lo largo de las secciones pueden ser diferentes según la posición de dicha sección a lo largo del meridiano.

En particular, la esfera media y/o la función de variación del cilindro, por ejemplo, la función de aumento, a lo largo de las secciones pueden ser no simétricas. Por ejemplo, la esfera media y/o la función de aumento del cilindro son no simétricas a lo largo de la sección vertical y/o horizontal en condiciones de uso estándar.

La esfera media y/o el cilindro pueden aumentar según una función de aumento a lo largo de al menos una sección horizontal, siendo la función de aumento una función gaussiana. La función gaussiana puede ser diferente entre la parte nasal y la temporal de la lente para tener en cuenta la disimetría de la retina de la persona.

De manera alternativa, la esfera media y/o el cilindro pueden variar según una función de aumento a lo largo de la al menos una sección horizontal, siendo la función de aumento una función cuadrática. La función cuadrática puede ser diferente entre la parte nasal y la temporal de la lente para tener en cuenta la disimetría de la retina de la persona.

Según una forma de realización de la invención, la esfera media y/o el cilindro de elementos ópticos aumenta desde un primer punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección y disminuye desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica

de dicha sección que el primer punto.

Dicha forma de realización se ilustra en la tabla 1, que proporciona la esfera media de los elementos ópticos en función de su distancia radial al centro óptico del elemento de lente.

En el ejemplo de la tabla 1, los elementos ópticos son microlentes colocadas en una superficie frontal esférica que tiene una curvatura de 329,5 mm y el elemento de lente está realizado de un material óptico que tiene un índice de refracción de 1,591, la potencia óptica prescrita del usuario es de -6 D. El elemento óptico debe llevarse en condiciones de uso estándar y se considera que la retina del usuario tiene un desenfoque de 0,8 D en un ángulo de 30°. Se

determina que los elementos ópticos tienen un desenfoque periférico de 2D.

Tabla 1

Distancia al centro óptico (mm)	Esfera media del elemento óptico (D)
0	1,992
5	2,467
7,5	2,806
10	3,024
15	2,998
20	2,485

Tal como se ilustra en la tabla 1, empezando cerca del centro óptico del elemento de lente, la esfera media de los elementos ópticos aumenta hacia la parte periférica de dicha sección y luego disminuye hacia la parte periférica de dicha sección.

Según una forma de realización de la invención, el cilindro medio de los elementos ópticos aumenta desde un primer punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección y disminuye desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto.

Dicha forma de realización se ilustra en las tablas 2 y 3, que proporcionan la amplitud del vector de cilindro proyectada sobre una primera dirección Y correspondiente a la dirección radial local y una segunda dirección X ortogonal a la primera dirección.

En el ejemplo de la tabla 2, los elementos ópticos son microlentes colocadas en una superficie frontal esférica que tiene una curvatura de 167,81 mm y el elemento de lente está realizado de un material óptico que tiene un índice de refracción de 1,591, siendo la potencia óptica prescrita del usuario de -6 D. El elemento óptico debe llevarse en condiciones de uso estándar y se considera que la retina del usuario tiene un desenfoque de 0,8 D en un ángulo de 30°. Se determina que los elementos ópticos tienen un desenfoque periférico de 2D.

En el ejemplo de la tabla 3, los elementos ópticos son microlentes colocadas en una superficie frontal esférica que tiene una curvatura de 167,81 mm y el elemento de lente está realizado de un material óptico que tiene un índice de refracción de 1,591, siendo la potencia óptica prescrita del usuario de -1 D. El elemento óptico debe llevarse en condiciones de uso estándar y se considera que la retina del usuario tiene un desenfoque de 0,8 D en un ángulo de 30°. Se determina que los elementos ópticos tienen un desenfoque periférico de 2D.

Tabla 2

dirección de la mirada (en grados)	Px (en dioptrías)	Py (en dioptrías)	Cilindro (en dioptrías)
0	1,987	1,987	1,987
18,581	2,317	2,431	2,374
27,002	2,577	2,729	2,653
34,594	2,769	2,881	2,825
47,246	2,816	2,659	2,7375
57,02	2,446	1,948	2,197

Tabla 3

dirección de la mirada (en grados)	Px (en dioptrías)	Py (en dioptrías)	Cilindro (en dioptrías)
0	1,984	1,984	1,984
18,627	2,283	2,163	2,223
27,017	2,524	2,237	2,3805
34,526	2,717	2,213	2,465
46,864	2,886	1,943	2,4145
56,18	2,848	1,592	2,22

Tal como se ilustra en las tablas 2 y 3, empezando cerca del centro óptico del elemento de lente, el cilindro de los elementos ópticos aumenta hacia la parte periférica de dicha sección y luego disminuye hacia la parte periférica de dicha sección.

Por ejemplo, los elementos ópticos pueden estar distribuidos de manera regular a lo largo de círculos centrados en el centro óptico de la zona de refracción.

Los elementos ópticos del círculo de 10 mm de diámetro y centrados en el centro óptico de la zona de refracción pueden ser microlentes con una esfera media de 2,75 D.

Los elementos ópticos situados en el círculo de 20 mm de diámetro y centrados en el centro óptico de la zona de refracción pueden ser microlentes con una esfera media de 4,75 D.

Los elementos ópticos situados en el círculo de 30 mm de diámetro y centrados en el centro óptico de la zona de refracción pueden ser microlentes con una esfera media de 5,5 D.

Los elementos ópticos del círculo de 40 mm de diámetro y centrados en el centro óptico de la zona de refracción pueden ser microlentes con una esfera media de 5,75 D.

El cilindro de los distintos elementos ópticos puede ajustarse en función de la forma de la retina de la persona.

Según una forma de realización de la invención, los elementos ópticos 14 están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, el tamaño de los elementos ópticos varíe desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección.

El tamaño de los elementos ópticos 14 puede aumentar a lo largo de dicha sección del elemento de lente hacia la periferia del elemento de lente.

Asimismo, el tamaño de los elementos ópticos 14 puede aumentar desde un primer punto de dicha sección del elemento de lente hacia la parte periférica de dicha sección y disminuir desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto.

En particular, el tamaño de las zonas independientes en forma de isla que forman la zona de refracción 12 puede aumentar a lo largo de dicha sección del elemento de lente hacia la periferia del elemento de lente.

Además, el tamaño de las zonas independientes en forma de isla que forman la zona de refracción 12 puede aumentar desde un primer punto de dicha sección del elemento de lente hacia la parte periférica de dicha sección y disminuir desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto.

De manera alternativa, el tamaño de los elementos ópticos 14 puede disminuir a lo largo de dicha sección del elemento de lente hacia la periferia del elemento de lente.

Además, el tamaño de los elementos ópticos puede disminuir desde un primer punto de dicha sección del elemento de lente hacia la parte periférica de dicha sección y aumentar desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto.

En particular, el tamaño de las zonas independientes en forma de isla que forman la zona de refracción 12 puede disminuir a lo largo de dicha sección del elemento de lente hacia la periferia del elemento de lente.

Además, el tamaño de las zonas independientes en forma de isla, que forman la zona de refracción 12, puede disminuir

desde un primer punto de dicha sección del elemento de lente hacia la parte periférica de dicha sección y aumentar desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto.

- 5 Según una forma de realización de la invención, los al menos dos elementos ópticos tienen una función óptica no enfocada en condiciones de uso estándar y para la visión periférica.

De manera preferible, al menos el 50%, por ejemplo, al menos el 80%, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos 14 tienen una función óptica no enfocada en condiciones de uso estándar y para la visión periférica.

- 10 En el sentido de la invención, una "función óptica no enfocada" debe entenderse como no tener un único punto de enfoque en condiciones de uso estándar y para la visión periférica.

- 15 De manera ventajosa, dicha función óptica del elemento óptico reduce la deformación de la retina del ojo del usuario, lo que permite ralentizar la progresión de la refracción anormal del ojo de la persona que lleva el elemento de lente.

Los al menos dos elementos ópticos que tienen una función óptica no enfocada son transparentes.

- 20 De manera ventajosa, los elementos ópticos no contiguos no son visibles en el elemento de lente y no afectan a la estética del elemento de lente.

Según una forma de realización de la invención, el elemento de lente puede comprender una lente oftálmica con la zona de refracción y una especie de pinza que se aplica a la pluralidad de al menos dos elementos ópticos adaptados para fijarse de forma extraíble a la lente oftálmica cuando se lleva puesto el elemento de lente.

- 25 De manera ventajosa, cuando la persona se encuentra en un entorno lejano, en el exterior, por ejemplo, la persona puede separar el elemento de pinza antes citado desde la lente oftálmica y eventualmente sustituirlo por un segundo elemento de pinza libre de cualquiera de los al menos dos elementos ópticos. Por ejemplo, el segundo elemento de pinza puede tener un tinte solar. La persona también puede utilizar la lente oftálmica sin ningún elemento de pinza adicional.

El elemento óptico puede cubrir zonas específicas del elemento de lente, tal como el centro o cualquier otra zona.

- 35 Según una forma de realización de la invención, la zona central de la lente correspondiente a una zona centrada en el centro óptico del elemento de lente no comprende ningún elemento óptico. Por ejemplo, el elemento de lente puede comprender una zona vacía centrada en el centro óptico de dicho elemento de lente y con un diámetro igual a 9 mm que no comprende ningún elemento óptico.

El centro óptico del elemento de lente puede corresponder al punto de ajuste de la lente.

- 40 De manera alternativa, los elementos ópticos pueden estar dispuestos en toda la superficie del elemento de lente.

- 45 La densidad del elemento óptico o la cantidad de potencia puede ajustarse en función de las zonas del elemento de lente. Concretamente, el elemento óptico puede colocarse en la periferia del elemento de lente, con el fin de aumentar el efecto del elemento óptico en el control de la miopía, con el fin de compensar el desenfoque periférico debido a la forma periférica de la retina, a modo de ejemplo.

- 50 Según una forma de realización preferida de la invención, cada zona circular del elemento de lente que tenga un radio comprendido entre 2 y 4 mm y que comprenda un centro geométrico situado a una distancia del centro óptico del elemento de lente mayor o igual que dicho radio + 5 mm, la relación entre la suma de las zonas de las partes de los elementos ópticos situados dentro de dicha zona circular y el área de dicha zona circular está comprendida entre el 20% y el 70%, preferiblemente entre el 30% y el 60%, y más preferiblemente entre el 40% y el 50%.

- 55 La superficie considerada al determinar la relación de zonas puede ser a lo largo de la pendiente de los elementos ópticos o utilizando la superficie proyectada sobre la zona de refracción.

- 60 Según una forma de realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tiene una forma configurada para crear una cáustica delante de la retina del ojo de la persona. Dicho de otro modo, dicho elemento óptico está configurado de modo que cada plano de sección en donde se concentra el flujo luminoso, si lo hubiere, está situado delante de la retina del ojo de la persona.

Según una forma de realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos que tienen una función óptica no esférica es una microlente de refracción multifocal.

- 65 En el sentido de la invención, una "microlente de refracción multifocal" incluye lentes bifocales (con dos potencias focales), lentes trifocales (con tres potencias focales), lentes de adición progresiva, con potencia focal continuamente

variable, por ejemplo, lentes esféricas de superficie progresiva, y que tienen un eje de simetría y una potencia superficial rotacionalmente simétrica continuamente variable alrededor de dicho eje.

Según una forma de realización de la invención, al menos uno de los elementos ópticos, preferiblemente más del 50%, más preferiblemente más del 80% de los elementos ópticos, son microlentes esféricas. En el sentido de la invención, las microlentes esféricas tienen una evolución de potencia continua sobre su superficie.

Una microlente esférica puede tener una asfericidad comprendida entre 0,1D y 3D. La asfericidad de una microlente esférica corresponde a la relación entre la potencia óptica medida en un primer punto del elemento óptico y la potencia óptica medida en un segundo punto del elemento de microlente, estando el primer y el segundo punto situados a distancia radial diferente desde el centro geométrico del elemento óptico.

Según una forma de realización de la invención, las microlentes esféricas tienen una potencia óptica en el primer punto comprendida entre 2,0D y 7,0D en valor absoluto, y una potencia óptica en el segundo punto comprendida entre 1,5D y 6,0D en valor absoluto.

La asfericidad de las microlentes esféricas antes del recubrimiento de la superficie del elemento de lente, en donde están dispuestos los elementos ópticos, puede variar en función de la distancia radial desde el centro óptico de dicho elemento de lente.

Además, la asfericidad de las microlentes esféricas después del recubrimiento de la superficie del elemento de lente sobre el que están dispuestos los elementos ópticos puede variar también en función de la distancia radial desde el centro geométrico de dicho elemento de lente.

Según una forma de realización de la invención, la al menos una microlente de refracción multifocal tiene una superficie tórica. Una superficie tórica es una superficie de revolución que puede crearse girando un círculo o arco alrededor de un eje de revolución (situado eventualmente en el infinito) que no pasa por su centro de curvatura.

Las lentes de superficie tórica tienen dos perfiles radiales diferentes perpendiculares entre sí, por lo que producen dos potencias focales diferentes.

Los componentes de superficie tórica y esférica de las lentes tóricas producen un haz de luz astigmático, en oposición a un foco puntual único.

Según una forma de realización de la invención, el al menos uno de los elementos ópticos que tiene una función óptica no esférica, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos es una microlente refractiva tórica. Por ejemplo, una microlente refractiva tórica con un valor de potencia esférica mayor o igual a 0 dioptrías (δ) y menor o igual a +5 dioptrías (δ), y un valor de potencia de cilindro mayor o igual a 0,25 dioptrías (δ).

En una forma de realización específica, la microlente refractiva tórica puede ser un cilindro puro, lo que significa que la potencia meridiana mínima es cero, mientras que la potencia meridiana máxima es estrictamente positiva, por ejemplo, inferior a 5 dioptrías.

Los elementos ópticos se pueden fabricar utilizando diferentes tecnologías, tales como el revestimiento directo, el moldeo, el vaciado o la inyección, el gofrado, la filmación o la fotolitografía, etc.

La invención se refiere, además, a un método de mecanizado de un elemento óptico destinado a llevarse delante del ojo de un usuario.

Tal como se ilustra en la Figura 9a, el método comprende una etapa S2 de proporcionar un elemento de lente inicial. El elemento de lente inicial comprende al menos una superficie de apoyo que comprende una pluralidad de al menos dos elementos ópticos que tienen la función óptica de no enfocar una imagen en la retina del ojo del usuario, por ejemplo, para ralentizar la progresión de la refracción anormal del ojo.

De manera ventajosa, la pluralidad de al menos dos elementos ópticos tiene al menos una primera superficie que difiere de la superficie de apoyo.

El método comprende, además, una etapa S4 durante la cual al menos parte, por ejemplo la totalidad, de la pluralidad de elementos ópticos se mecaniza de modo que tenga sobre parte de las superficies de los elementos ópticos una superficie paralela a la superficie de apoyo. Dicha etapa de mecanizado S4 se ilustra en la Figura 9b, en donde la traslación de una superficie 18 equivalente a la superficie de apoyo a lo largo del eje de simetría de dicha superficie de apoyo se representa mediante una superficie punteada.

De manera ventajosa, el método, según la invención, permite mejorar en términos de eficacia, reducción de costes y recursos necesarios, el proceso de obtención de un elemento de lente que reduce la progresión de la refracción anormal del ojo del usuario, manteniendo al mismo tiempo una buena agudeza visual para el mismo.

El método, según la invención, permite ajustar la densidad de elementos ópticos en el elemento de lente ajustando el nivel de la altitud de corte de la superficie de línea de puntos representada en la Figura 9b.

La superficie de apoyo puede ser la misma independientemente de la graduación del usuario, ajustándose la función óptica del elemento de lente mediante la superficie opuesta, es decir, la que está libre de elementos ópticos. Dicha forma de realización es ventajosa en términos de coste y logística. En efecto, el elemento de lente proporcionado en la etapa S2 suele obtenerse mediante un molde cuya fabricación es muy costosa. Disponer de la misma superficie de apoyo para una gran gama de graduaciones permite reducir el número de moldes diferentes necesarios y, por tanto, reducir los costes y la logística. Durante la etapa de mecanizado, se elimina la parte de la primera superficie de los elementos ópticos, por ejemplo, mediante métodos de revestimiento, para obtener una segunda superficie que tenga la misma curvatura que la superficie de apoyo.

La invención se refiere, además, a un molde para un elemento de lente que comprende una pluralidad de elementos ópticos con una función óptica específica.

Tal y como se representa en la Figura 10, el molde 20 comprende un primer elemento de moldeo 21 que tiene una primera superficie de moldeo 24. La primera superficie de moldeo 24 puede ser una superficie esférica con una primera curvatura.

La primera superficie de moldeo 24 comprende una pluralidad de primeros elementos superficiales 26. Cada uno de los primeros elementos superficiales 26 tiene una superficie esférica con una curvatura sustancialmente idéntica a la primera curvatura.

Una parte, preferiblemente la totalidad, de la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 presenta un eje de simetría (Di).

La pluralidad de primeros elementos de superficie 26 tiene una forma de contorno que es inscribible en un círculo (C) con un diámetro mayor o igual a 0,8 mm y menor o igual a 3,0 mm. El círculo (C) puede ser una proyección plana de la superficie del elemento de superficie, por ejemplo, en un plano ortogonal al eje de simetría del elemento de superficie.

El eje de simetría de cada primer elemento de superficie 26 puede corresponder al centro del círculo en donde está inscrito respectivamente cada elemento de superficie.

La primera superficie de moldeo 24 comprende, asimismo, una pluralidad de segundos elementos de superficie 28. Cada segundo elemento de superficie 28 tiene una superficie esférica con una segunda curvatura que difiere de la primera curvatura, por ejemplo, la segunda curvatura es mayor que la primera curvatura.

La pluralidad de segundos elementos de superficie 28 del primer elemento de moldeo 21 puede corresponder a los elementos ópticos 14 colocados en la superficie del elemento de lente 10.

Aunque se describe en detalle con una primera superficie de moldeo 24, siendo los primero y segundo elementos de superficie de forma esférica, la invención no se limita a dichos formas de realización y cualquiera de dichas superficies, por ejemplo, la totalidad de las mismas, pueden ser superficies asféricas.

En el sentido de la invención, los elementos de superficie asféricos tienen una evolución continua de su elevación sobre su superficie.

A lo largo de una sección de un segundo elemento de superficie 28, una sección que pasa por el eje de simetría (Di) de dicho segundo elemento de superficie, la curvatura del segundo elemento de superficie aumenta desde la intersección entre el eje de simetría y la superficie del segundo elemento de superficie hasta un primer punto, y disminuye desde dicho primer punto hasta la periferia del segundo elemento de superficie.

Al menos uno, preferiblemente el 50%, más preferiblemente más del 80% de la pluralidad de segundos elementos de superficie 28 puede tener una superficie tórica. Una superficie tórica es una superficie de revolución que puede crearse girando un círculo o arco alrededor de un eje de revolución (situado eventualmente en el infinito) que no pasa por su centro de curvatura. Los elementos de superficie tórica tienen dos perfiles radiales diferentes perpendiculares entre sí. El elemento de superficie tórica puede ser un cilindro puro, lo que significa que el meridiano mínimo es cero, mientras que el meridiano máximo es estrictamente positivo.

Según una forma de realización de la invención, al menos dos de la pluralidad de segundos elementos de superficie 28 no son contiguos. En el sentido de la invención, dos segundos elementos de superficie no son contiguos si en todos los rutas que unen los dos elementos de superficie se puede medir, al menos en parte de cada ruta, la primera curvatura de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21.

Según una forma de realización de la invención, al menos dos de la pluralidad de segundos elementos de superficie

28 son contiguos. En el sentido de la invención, dos elementos de superficie son contiguos si en al menos una ruta que une los dos elementos de superficie no se puede medir, a lo largo de dicha al menos una ruta, la primera curvatura de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21.

- 5 Al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o de segundos elementos de superficie 28 puede colocarse sobre una malla estructurada.

10 Según una forma de realización de la invención, la disposición de al menos parte, por ejemplo la totalidad, de la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o segundos elementos de superficie 28 sobre la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21, presenta simetría de revolución alrededor de un eje, por ejemplo, centrado en el centro geométrico de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21. Dicho de otro modo, al menos parte de la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o segundos elementos de superficie 28 sobre la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21 presenta simetría de revolución alrededor de un eje, por ejemplo, centrado en el centro geométrico de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21. Dicho de otro modo, al menos una parte de la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o de segundos elementos de superficie 28 pueden estar distribuidos de manera regular a lo largo de al menos un círculo centrado en el centro geométrico de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21.

20 Según una forma de realización de la invención, al menos parte, por ejemplo la totalidad, de la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o de segundos elementos de superficie 28, están colocados en al menos un anillo de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21.

25 La pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o de segundos elementos de superficie 28 pueden organizarse, además, en anillos concéntricos en la primera superficie del primer elemento de moldeo. Por ejemplo, la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o de segundos elementos de superficie 28 se colocan a lo largo de un conjunto de 11 anillos concéntricos sobre toda la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21. Los anillos concéntricos de elementos de superficie pueden estar centrados en el centro geométrico de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21.

30 La curvatura media de la pluralidad de segundos elementos de superficie 28 puede ser idéntica para todos los segundos elementos de superficie del mismo anillo concéntrico. En particular, las curvaturas medias de la zona central de los segundos elementos de superficie 28 del mismo anillo concéntrico son idénticas.

35 Según otras formas de realización de la invención, la pluralidad de primeros elementos de superficie 26 y/o segundos elementos de superficie 28 pueden estar organizados en diferentes patrones, tales como por ejemplo, patrón de forma hexagonal, patrón de forma triangular, patrón de forma cuadrada, patrón de Voronoi.

40 La pluralidad de segundos elementos de superficie 28 puede estar configurada de modo que, a lo largo de al menos una sección del primer elemento de moldeo 21, la curvatura media de la pluralidad de segundos elementos de superficie aumente desde un punto de la sección hacia la parte periférica de dicha sección.

45 La pluralidad de segundos elementos de superficie 28 puede estar configurada de modo que, a lo largo de al menos una sección del primer elemento de moldeo 21 que pasa por un centro geométrico de la primera superficie 24 de dicho primer elemento de moldeo, la curvatura media de la pluralidad de segundos elementos de superficie 28 aumente desde dicho centro geométrico hacia la parte periférica de dicha sección.

50 La pluralidad de segundos elementos de superficie 28 puede estar configurada de modo que a lo largo de al menos una sección del primer elemento de moldeo 21, por ejemplo, una sección que pasa por el centro geométrico de la primera superficie del primer elemento de moldeo, la curvatura media de la pluralidad de segundos elementos de superficie 28 aumente desde un primer punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección y disminuya desde un segundo punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección, estando el segundo punto más próximo de la parte periférica de dicha sección que el primer punto.

55 Para cada zona circular con un radio comprendido entre 4 y 8 mm que comprenda un centro geométrico de la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo 21 a una distancia mayor o igual que dicho radio + 5 mm, la relación entre la suma de áreas de la pluralidad de segundos elementos de superficie situados dentro de dicha zona circular y el área de dicha zona circular está comprendida entre el 20% y el 70%.

60 De manera preferible, los primeros elementos de superficie 26 son elementos independientes en forma de isla.

Preferiblemente, los segundos elementos de superficie 28 tienen forma anular. Más preferiblemente, cada segundo elemento de superficie 28 rodea a un primer elemento de superficie 26.

65 El molde 20 comprende, además, un segundo elemento de moldeo 22 que tiene una segunda superficie. La segunda superficie 25 del segundo elemento de moldeo 22 no se representa en la Figura 10, ya que está orientada hacia la primera superficie 24 del primer elemento de moldeo.

El molde 20 comprende, además, una junta 23. La junta 23 tiene una forma anular que comprende una superficie exterior 23a y una superficie interior 23b. La junta 23 comprende, además, una abertura 27.

5 La junta 23 sella los elementos de moldeo primero y segundo 21 y 22 entre sí para formar una cavidad de moldeo 30. La cavidad de moldeo 30 está definida por la primera superficie 24, que comprende los primeros elementos de superficie 26 y los segundos elementos de superficie 28 del primer elemento de moldeo 21, siendo la segunda superficie 25 del segundo elemento de moldeo 22 y la superficie interior 23a de la junta 23.

10 La cavidad de moldeo 30 del molde 20 para un elemento de lente 10 se rellena con un material de moldeo a través de la abertura 27. A pesar de estar representada en la junta 23, la abertura 27 puede colocarse de manera alternativa en el primer elemento de moldeo o en el segundo elemento de moldeo. Por ejemplo, el material de moldeo puede ser un material de fundición vertido en la cavidad de moldeo a través de la abertura 27 de la junta 23. El material fundido en la cavidad de moldeo se polimeriza posteriormente en un material de lente, formando de este modo el elemento de
15 lente 10.

De manera alternativa, el material de moldeo puede ser un material termoplástico. El material termoplástico, que se encuentra en un primer estado líquido a una primera temperatura, se inyecta en la cavidad del molde 30 a través de la abertura 27. Durante el proceso de enfriamiento, el material termoplástico pasa desde un primer estado líquido a un
20 segundo estado sólido correspondiente al material de la lente del elemento de lente 10.

Los expertos en esta técnica podrán apreciar muchas otras modificaciones y variaciones al hacer referencia a las formas de realización ilustrativas anteriores, que se dan únicamente a modo de ejemplo y que no pretenden limitar el alcance de la invención, que queda determinado exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

25 En las reivindicaciones, el término "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que se indiquen características diferentes en reivindicaciones dependientes mutuamente distintas no indica que no pueda utilizarse de manera ventajosa una combinación de estas características. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como una limitación del
30 alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de lente destinado a ser llevado delante del ojo de un usuario que comprende:

- una zona de refracción que tiene una potencia refractiva basada en una prescripción para dicho ojo del usuario; y
- una pluralidad de al menos dos elementos ópticos cuya función óptica es no enfocar una imagen en la retina del ojo del usuario,

caracterizado porque

la zona de refracción comprende una pluralidad de zonas en forma de isla, respectivamente independientes, estando la zona de refracción formada como la zona distinta de los elementos ópticos y cada zona en forma de isla de refracción está dentro de un elemento óptico,

los al menos dos elementos ópticos son contiguos, y

en donde la función óptica no enfocada de los al menos dos elementos ópticos ha de entenderse como que no tienen un único punto de enfoque en condiciones de uso estándar y para la visión periférica.

2. El elemento de lente según la reivindicación 1, en donde al menos parte de los elementos ópticos tienen forma anular alrededor de una zona de refracción.

3. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los elementos ópticos tienen una forma de contorno que es inscribible en un círculo que tiene un diámetro mayor o igual a 0,8 mm y menor o igual a 3,0 mm.

4. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los elementos ópticos están colocados sobre una malla estructurada que es una malla cuadrada o una malla hexagonal o una malla triangular o una malla octagonal.

5. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los elementos ópticos, por ejemplo la totalidad, tiene la función óptica de enfocar una imagen en una posición distinta de la retina en condiciones de uso estándar.

6. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los elementos ópticos, por ejemplo la totalidad, tiene una función óptica no esférica en condiciones de uso estándar.

7. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los elementos ópticos, por ejemplo la totalidad, tiene una potencia de cilindro.

8. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los elementos ópticos están configurados de modo que, a lo largo de al menos una sección de la lente, la esfera media de los elementos ópticos varía desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección.

9. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los elementos ópticos están configurados de modo que a lo largo de al menos una sección de la lente el cilindro de elementos ópticos varía desde un punto de dicha sección hacia la parte periférica de dicha sección.

10. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados en la superficie frontal del elemento de lente.

11. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados entre las superficies anterior y posterior de la lente oftálmica.

12. El elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la esfera de al menos parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos aumentan dentro de dicho elemento óptico con la excentricidad.

13. Un molde para un elemento de lente que comprenda una pluralidad de elementos ópticos que tengan una función óptica determinada, que comprenda:

- un primer elemento de moldeo que tenga una primera superficie, teniendo la primera superficie una primera curvatura y comprendiendo una pluralidad de primeros elementos de superficie que tienen una curvatura prácticamente idéntica a la primera curvatura y una pluralidad de segundos elementos de superficie que tienen al menos una segunda curvatura que difiere de la primera, siendo cada uno de los primeros elementos

de superficie, respectivamente, elementos independientes en forma de isla y dentro de un segundo elemento de superficie,

5

- un segundo elemento de moldeo que tenga una segunda superficie,
- una junta que tiene una superficie interior y otra exterior,

10

en donde la primera superficie del primer elemento de moldeo, la segunda superficie del segundo elemento y la superficie interior de la junta forman una cavidad de moldeo en donde se va a rellenar de un material de moldeo, y

al menos dos de los segundos elementos de superficie son contiguos.

15

14. Un método de mecanizado de un elemento de lente destinado a ser llevado delante del ojo de un usuario, en donde el método comprende:

20

- proporcionar un elemento de lente inicial que comprenda al menos una superficie de apoyo que comprenda una pluralidad de al menos dos elementos ópticos que tengan una función óptica de no enfocar una imagen en la retina del ojo del usuario, en donde la función óptica de no enfocar de los al menos dos elementos ópticos debe entenderse como que no tienen un único punto de enfoque en condiciones de uso estándar y para la visión periférica,
- mecanizar al menos parte de la pluralidad de elementos ópticos de modo que tengan sobre una parte de las superficies de los elementos ópticos una superficie paralela a la superficie de apoyo.

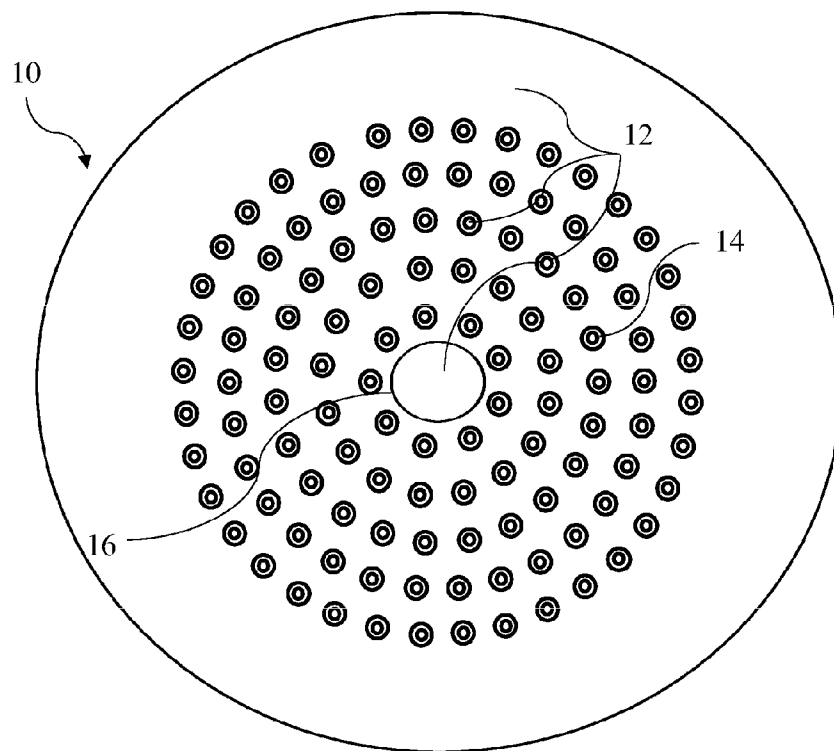


FIG. 1

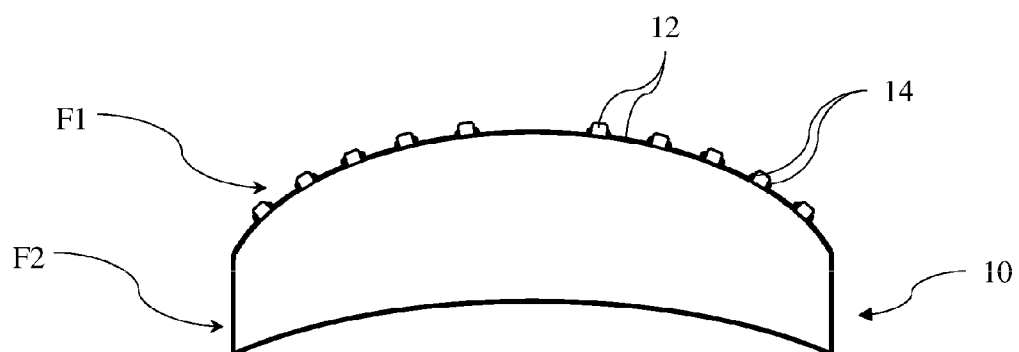


FIG. 2

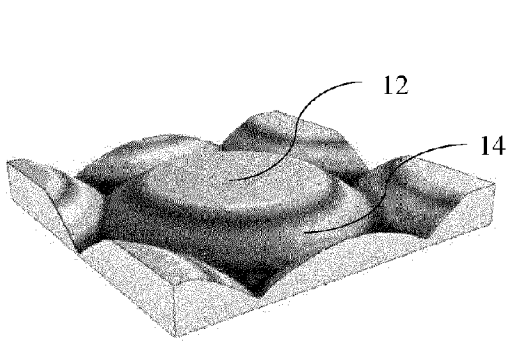


FIG. 3

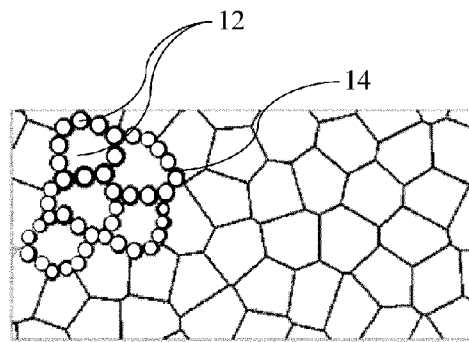


FIG. 5

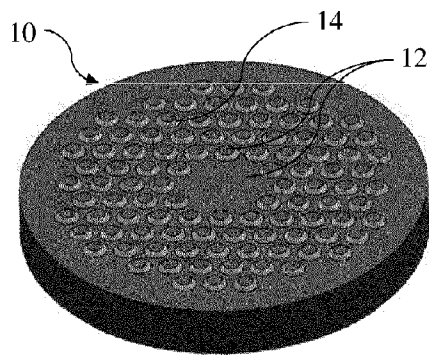


FIG. 4a

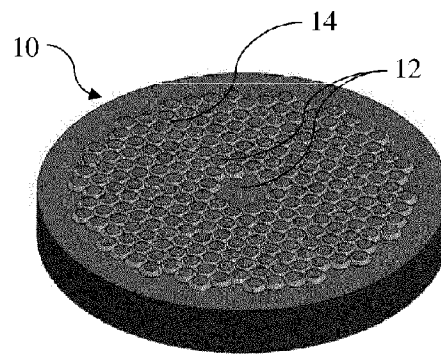


FIG. 4b

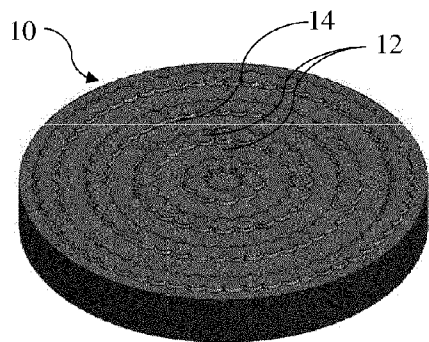


FIG. 4c

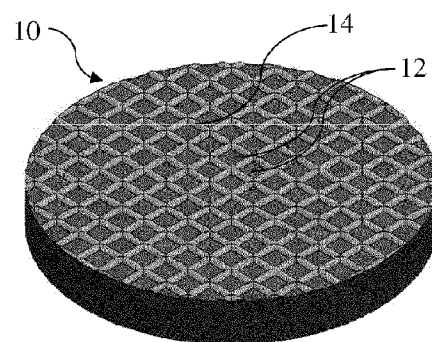


FIG. 4d

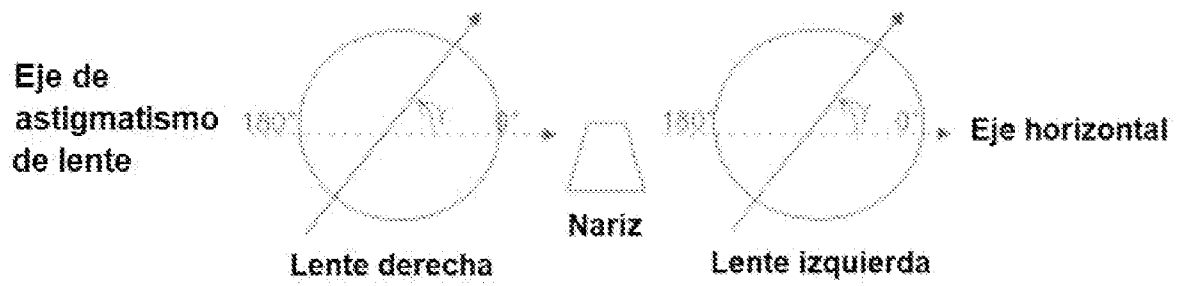


FIG. 6a

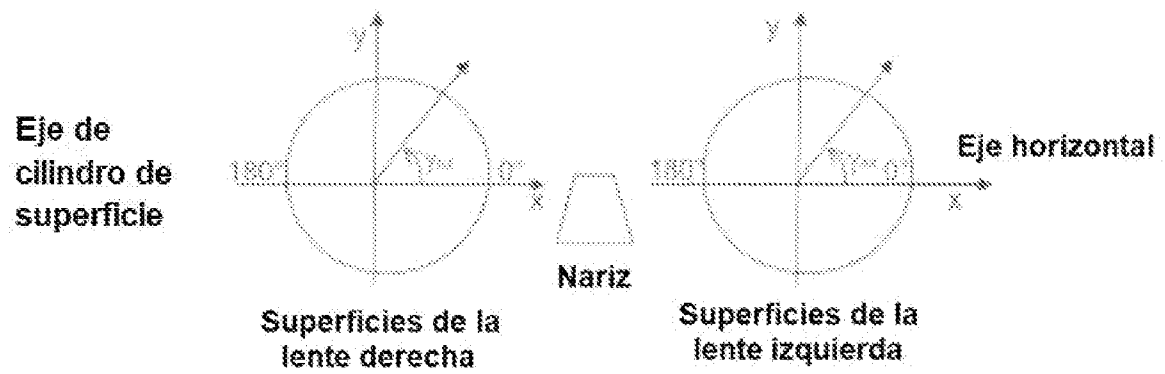


FIG. 6b

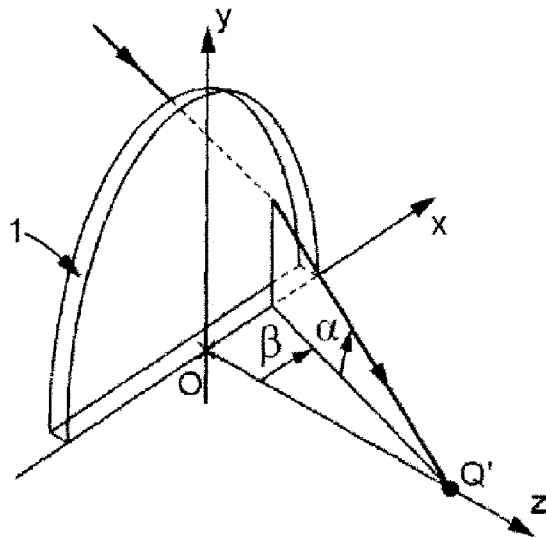


FIG. 7

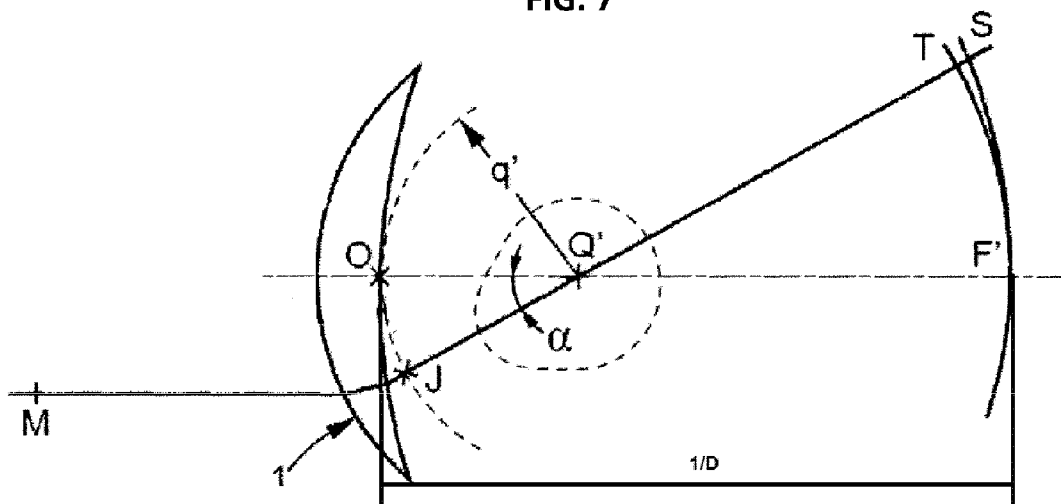


FIG. 8

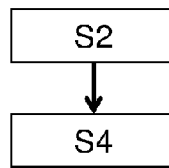


FIG. 9a

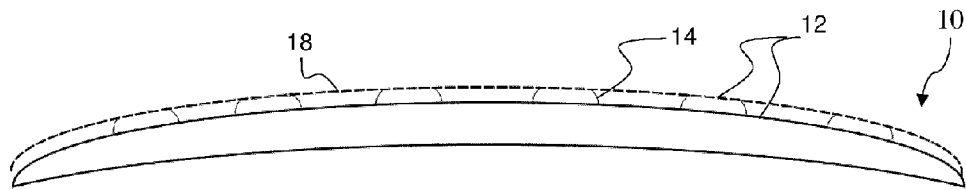


FIG. 9b

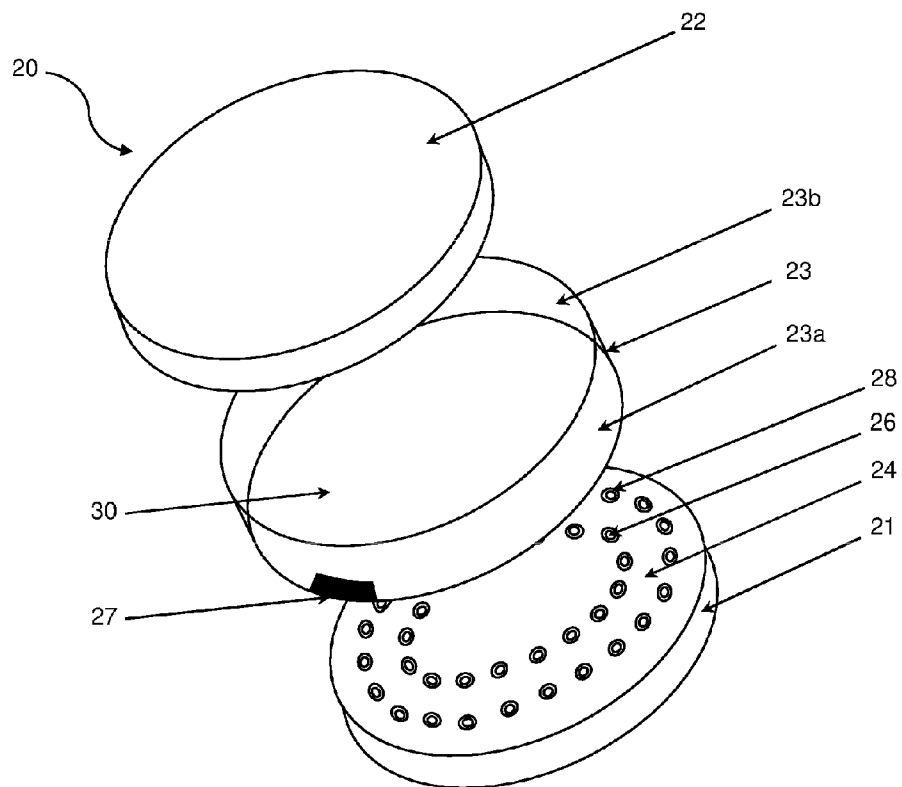


FIG. 10