

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 213**

51 Int. Cl.:

G02C 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2021** **PCT/GB2021/053337**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2022** **WO22129927**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2021** **E 21835357 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024** **EP 4168848**

54 Título: **Lentes de contacto para el control de la miopía y métodos relacionados con las mismas**

30 Prioridad:

18.12.2020 US 202063127242 P

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

22.10.2024

73 Titular/es:

**COOPERVISION INTERNATIONAL LIMITED
(100.0%)**

Delta Park Concorde Way Segensworth Nort

h

Fareham PO15 5RL, GB

72 Inventor/es:

**CHAMBERLAIN, PAUL;
ARUMUGAM, BASKAR;
WEBBER, MARTIN y
BRADLEY, ARTHUR**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 983 213 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Lentes de contacto para el control de la miopía y métodos relacionados con las mismas

- 5 La presente divulgación se refiere a lentes de contacto para su uso para prevenir o retardar el desarrollo o la progresión de la miopía. La presente divulgación también se refiere a métodos de fabricación de tales lentes. Adicionalmente, la presente divulgación se refiere a ciertas lentes de contacto y a métodos para proporcionar un contraste visual mejorado.

10 Antecedentes

- La miopía (cortedad de vista) afecta a un número importante de personas, incluyendo niños y adultos. Los ojos miopes enfocan la luz entrante de objetos distantes a un lugar delante de la retina. Por consiguiente, la luz diverge y se desenfoca al llegar a la retina. Las lentes convencionales (por ejemplo, lentes para gafas y lentes de contacto) para corregir la miopía provocan la divergencia de la luz entrante de objetos distantes antes de que llegue al ojo, de modo que la ubicación del foco se desplace hacia la retina.

- Hace varias décadas se sugirió que la progresión de la miopía en niños o jóvenes podría retardarse o prevenirse mediante una corrección insuficiente, es decir, moviendo el foco hacia la retina, pero no del todo sobre la misma. Sin embargo, ese enfoque necesariamente da como resultado una visión de lejos degradada en comparación con la visión obtenida con una lente que corrige completamente cualquier miopía. Además, ahora se considera dudoso que la corrección insuficiente sea eficaz para controlar la miopía en desarrollo. Un enfoque más reciente es proporcionar lentes que tengan regiones que proporcionen una corrección total de la visión a distancia y regiones que corrijan insuficientemente, o induzcan deliberadamente el desenfoque miope. Se ha sugerido que este enfoque puede prevenir o ralentizar el desarrollo o la progresión de la miopía en niños o jóvenes, al mismo tiempo que proporciona una buena visión a distancia. Las regiones que proporcionan una corrección total de la visión a distancia generalmente se denominan regiones de potencia base y las regiones que proporcionan una corrección insuficiente o que inducen deliberadamente un desenfoque miope generalmente se denominan regiones de potencia de adición o regiones de desenfoque miope (debido a que la potencia dióptrica es más positiva, o menos negativa, que la potencia de las regiones de distancia).

- Una superficie (normalmente la superficie anterior) de la región o regiones de potencia de adición tiene un radio de curvatura más pequeño que el de la región o regiones de potencia de distancia y, por lo tanto, proporciona una potencia más positiva o menos negativa al ojo. La región o las regiones de potencia de adición están diseñadas para enfocar la luz paralela entrante (es decir, luz desde una distancia) dentro del ojo frente a la retina (es decir, más cerca de la lente), mientras que las regiones de potencia de distancia están diseñadas para enfocar la luz y formar una imagen en la retina (es decir, más lejos de la lente).

- Otro tipo conocido de lente de contacto que reduce la progresión de la miopía es una lente de contacto de doble enfoque, disponible con el nombre de MISIGHT (CooperVision, Inc.). Esta lente de doble enfoque es diferente a las lentes de contacto bifocales o multifocales configuradas para mejorar la visión de los presbíteros, porque la lente de doble enfoque está configurada con ciertas dimensiones ópticas para permitir que una persona que sea capaz de adaptarse use la corrección de distancia (es decir, la potencia base) para ver tanto objetos lejanos como cercanos. Las zonas de tratamiento de la lente de doble enfoque que tienen la potencia de adición también brindan una imagen miope desenfocada tanto en distancias de visión lejanas como cercanas.

- Si bien se ha descubierto que estas lentes son beneficiosas para prevenir o ralentizar el desarrollo o la progresión de la miopía, las regiones anulares de potencia de adición pueden dar lugar a efectos secundarios visuales no deseados. La luz que es enfocada por las regiones anulares de potencia de adición delante de la retina diverge del foco para formar un anillo desenfocado en la retina. Por lo tanto, los usuarios de estas lentes pueden ver un anillo o "halo" que rodea las imágenes que se forman en la retina, especialmente para objetos pequeños y brillantes, tales como farolas y faros de automóviles. Asimismo, en lugar de utilizar la acomodación natural del ojo (es decir, la capacidad natural del ojo para cambiar la distancia focal) para enfocar los objetos cercanos, los usuarios pueden hacer uso del enfoque adicional delante de la retina que surge de la región anular de potencia de adición; en otras palabras, los usuarios pueden usar las lentes sin darse cuenta de la misma manera que se usan las lentes correctoras de la presbicia, lo cual es indeseable para sujetos jóvenes.

- Se han desarrollado otras lentes que pueden usarse en el tratamiento de la miopía y que están diseñadas para eliminar el halo que se observa alrededor de las imágenes enfocadas a distancia en las lentes MISIGHT (CooperVision, Inc.) y otras lentes similares descritas anteriormente. En estas lentes, la región anular está configurada de tal manera que no se forme ninguna imagen única en el eje delante de la retina, evitando de este modo que dicha imagen se utilice para evitar que el ojo se acomode a objetivos cercanos. En cambio, la región anular forma imágenes de fuentes de luz puntuales distantes en una línea focal en forma de anillo en una superficie focal de potencia cercana, lo que produce un pequeño tamaño de punto de luz, sin un efecto de "halo" circundante, sobre la retina a una distancia de la superficie focal. Otros documentos que divulgan lentes para prevenir la progresión de la miopía incluyen US2019227342A1, US2015124212A1, US2018275427A1 y WO2014198972A1.

La presente divulgación proporciona lentes mejoradas para su uso en sujetos jóvenes que previenen o retardan el empeoramiento de la miopía.

5 Sumario

La presente divulgación proporciona, de acuerdo con un primer aspecto, una lente de contacto para su uso para prevenir o retardar el desarrollo o la progresión de la miopía. La lente incluye una zona óptica. La zona óptica comprende una región central, teniendo la región central un primer eje óptico y una curvatura que proporciona una potencia base y centrada en un centro de curvatura que está en el primer eje óptico. La zona óptica comprende una región anular, en donde la región anular rodea la región central y está inclinada con respecto a la región central. La región anular comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del primer eje óptico. La región anular comprende al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia. La potencia de adición de la región anular varía continuamente entre al menos un meridiano de potencia de adición máxima y el al menos un meridiano de potencia de adición intermedia.

La presente divulgación proporciona, de acuerdo con un segundo aspecto, un método para fabricar una lente de contacto de acuerdo con el primer aspecto. El método comprende formar una lente de contacto. La lente de contacto comprende una región central, teniendo la región central una potencia base, y una región anular, en donde la región anular rodea la región central y está inclinada con respecto a la región central. La región anular comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del primer eje óptico. La región anular comprende al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima, y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia. La potencia de adición de la región anular varía continuamente entre al menos un meridiano de potencia de adición máxima y el al menos un meridiano de potencia de adición intermedia.

La presente divulgación proporciona, de acuerdo con un tercer aspecto (que no se reivindica), un método para reducir la progresión de la miopía. El método comprende proporcionar una lente oftálmica multifocal de acuerdo con el primer aspecto a una persona miope que es capaz de adaptarse a distancias cercanas variables.

Por supuesto, se apreciará que las características descritas en relación con un aspecto de la presente divulgación pueden incorporarse a otros aspectos de la presente divulgación. Por ejemplo, el método de la divulgación puede incorporar características descritas con referencia al aparato de la divulgación y viceversa.

40 Descripción de los dibujos

A continuación, se describirán ejemplos de realizaciones, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos.

La figura 1A es una vista superior esquemática de una lente de contacto que utiliza una zona de tratamiento que proporciona una imagen miope desenfocada para reducir la progresión de la miopía; la figura 1B es una vista lateral de la lente de contacto de la figura 1A. La figura 2A es un diagrama de rayos para la lente de las figuras 1A-B; la figura 2B muestra un patrón de luz en una superficie focal proximal de la lente de la figura 1A formado a partir de una fuente puntual distante; la figura 2C muestra un patrón de luz en una superficie focal distal de la lente de la figura 1A formado a partir de una fuente puntual distante; la figura 3A es una vista superior de una lente de contacto diferente que tiene óptica no coaxial para su uso en la prevención de la miopía; la figura 3B es una vista lateral de la lente de contacto de la figura 3A. La figura 4A es un diagrama de rayos para la lente de las figuras 3A-B; la figura 4B muestra un patrón de luz en una superficie focal proximal de la lente de las figuras 3A-B formado a partir de una fuente puntual distante; la figura 4C muestra un patrón de luz en una superficie focal distal de la lente de las figuras 3A-B formado a partir de una fuente puntual distante; la figura 4D es un diagrama de rayos parcial para la lente de las figuras 3A-B junto con círculos que indican los radios de curvatura de la región de distancia central (línea sólida) y la región de adición anular (línea discontinua) de la lente de contacto. La figura 5A es una vista superior de una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación, que muestra una convención para la variación de θ alrededor de la lente, y que muestra la posición de una línea A-A a lo largo de un meridiano de potencia de adición máxima y una línea B-B a lo largo de un meridiano de potencia

base;

la figura 5B es un diagrama de rayos para los rayos de luz que intersecan la lente de la figura 5A a lo largo de la línea A-A que muestra el eje óptico de la región central y el centro de curvatura de la superficie anterior a lo largo del meridiano de potencia de adición máxima.

5 La figura 5C es un diagrama de rayos para los rayos de luz que intersecan la lente de la figura 5A a lo largo de la línea B-B que muestra el eje óptico de la región central y el centro de curvatura de la superficie anterior a lo largo del meridiano de potencia base.

La figura 6A es una sección transversal vertical tomada a través de la lente de la figura 5A, que muestra rayos de luz enfocados en una superficie focal de potencia de adición máxima y en una superficie focal óptica distal;

10 la figura 6B muestra la lente de la figura 6A girada circunferencialmente 90 grados y muestra rayos de luz enfocados en la superficie focal óptica distal.

La figura 7A es un diagrama de rayos para la lente de la figura 5A que muestra los rayos de luz que intersecan la lente a lo largo de una línea A-A;

15 la figura 7B es un diagrama de rayos para la lente de la figura 5A que muestra los rayos de luz que intersecan la lente a lo largo de una línea C-C;

la figura 7C es un diagrama de rayos para la lente de la figura 5A que muestra los rayos de luz que intersecan la lente a lo largo de una línea B-B;

la figura 8 es un gráfico que muestra la variación en la potencia de adición de la región anular de la lente de la figura 5A con el ángulo θ ;

20 la figura 9 muestra un patrón de luz en una superficie focal distal de la lente de la figura 5A formada a partir de una fuente puntual distante;

la figura 10 es un diagrama de rayos parcial para una lente de potencia base negativa, junto con círculos que indican los radios de curvatura de la región de distancia central (línea sólida) y la región de adición anular (línea de puntos y rayas) de la lente de contacto.

25 La figura 11A es una vista superior de una lente de acuerdo con una realización de la divulgación que comprende dos regiones anulares concéntricas;

la figura 11B es una sección transversal vertical tomada a través de la lente de la figura 11A tomada a lo largo de la línea A-A;

30 la figura 12 es un gráfico que muestra la variación en la potencia sagital y basada en la curvatura para la lente mostrada en la figura 11A y 11B;

la figura 13 es una vista superior de una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación que muestra las líneas A-A, B-B, C-C y D-D a diferentes valores de θ ;

la figura 14 es un gráfico que muestra la variación en la potencia sagital con la posición radial para la lente mostrada en la figura 13;

35 la figura 15 es un gráfico bidimensional que muestra el modelado de la potencia sagital de una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La figura 16 es un gráfico que muestra P_s como una función de la distancia radial desde el centro de la lente para la lente modelada en la figura 15.

40 La figura 17 es una vista superior de una lente que tiene dos regiones anulares de acuerdo con una realización de la divulgación;

la figura 18 es un gráfico que muestra la variación en la potencia basada en la curvatura para la lente mostrada en la figura 17.

La figura 19 muestra una lente de acuerdo con una realización de la divulgación en un ojo.

45 La figura 20A es un gráfico que muestra la variación gradual en la potencia de adición con θ , para lentes de acuerdo con realizaciones de la divulgación.

La figura 20B es un gráfico que muestra una variación sinusoidal continua en la potencia de adición con θ , para lentes de acuerdo con realizaciones de la divulgación.

La figura 20C es un gráfico que muestra una variación en forma de diente de sierra en la potencia de adición con θ , para lentes de acuerdo con realizaciones de la divulgación.

50 La figura 21A muestra un patrón de luz formado por luz procedente de una fuente puntual distante en una superficie focal distal de una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación, teniendo la lente la potencia de adición máxima cada 180° ;

55 la figura 21B muestra un patrón de luz formado por luz procedente de una fuente puntual distante en una superficie focal distal de una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación, teniendo la lente la potencia de adición máxima cada 60° ;

la figura 21C muestra un patrón de luz formado por luz procedente de una fuente puntual distante en una superficie focal distal, para una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación, la lente tiene un único meridiano de potencia de adición máxima que abarca 180° , y los intermedios estrechos añaden meridianos de potencia que forman un límite suave con el meridiano de potencia base;

60 la figura 21D muestra un patrón de luz formado por luz procedente de una fuente puntual distante en una superficie focal distal para una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación, teniendo la lente la potencia de adición máxima cada 90° ;

la figura 22A es un gráfico que muestra la variación de potencia con θ para una lente de acuerdo con una realización de la presente divulgación, teniendo la lente dos meridianos de potencia de adición máxima que tienen potencias diferentes;

65 la figura 22B es un gráfico que muestra la variación de potencia con θ para una lente de acuerdo con una realización

de la presente divulgación, teniendo la lente un meridiano de potencia de adición máxima con un perfil de pico asimétrico, de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada

5 De acuerdo con un primer aspecto, la presente divulgación proporciona una lente de contacto para su uso para prevenir o retardar el desarrollo o la progresión de la miopía. La lente incluye una zona óptica que comprende una región central, teniendo la región central un primer eje óptico y una curvatura que proporciona una potencia base y centrada en un centro de curvatura que está en el primer eje óptico. La zona óptica comprende una región anular, en donde la
10 región anular rodea la región central. La región anular comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del primer eje óptico; y al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima, y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico
15 que la primera distancia.

Tal como se utiliza en el presente documento, la expresión lente de contacto se refiere a una lente oftálmica que se puede situar sobre la superficie anterior del ojo. Se apreciará que dicha lente de contacto proporcionará un movimiento de un ojo clínicamente aceptable y no se adherirá al ojo u ojos de una persona. La lente de contacto puede tener la
20 forma de una lente corneal (por ejemplo, una lente que descansa sobre la córnea del ojo). La lente de contacto puede ser una lente de contacto blanda, tal como una lente de contacto de hidrogel o una lente de contacto de hidrogel de silicona.

Una lente de contacto de acuerdo con la presente divulgación comprende una zona óptica. La zona óptica abarca partes de la lente que tienen funcionalidad óptica. La zona óptica está configurada para colocarse sobre la pupila de un ojo cuando está en uso. Para lentes de contacto de acuerdo con la presente divulgación, la zona óptica comprende la región central, y la región anular que rodea la región central. La zona óptica está rodeada por una zona periférica. La zona periférica no forma parte de la zona óptica, sino que se encuentra fuera de la zona óptica y encima del iris cuando se usa la lente, y proporciona funciones mecánicas, por ejemplo, aumenta el tamaño de la lente, lo que hace
30 que la lente sea más fácil de manipular, proporciona un lastre para evitar la rotación de la lente y/o proporciona una región conformada que mejora la comodidad para el usuario de la lente. La zona periférica puede extenderse hasta el borde de la lente de contacto.

Una lente de contacto de acuerdo con una realización de la divulgación puede incluir un lastre para orientar la lente cuando se coloca en el ojo de un usuario. Las realizaciones de la divulgación que incorporan un lastre en la lente de contacto, cuando se coloca en el ojo de un usuario, rotará por la acción del párpado del usuario hasta un ángulo de reposo predeterminado; por ejemplo, el lastre puede ser una cuña y la rotación puede resultar de la acción del párpado sobre la cuña. Es bien conocido en la técnica lastrar una lente de contacto para orientarla; por ejemplo, las lentes de contacto tóricas están lastradas para orientar la lente de modo que las correcciones cilíndricas ortogonales proporcionadas por la lente se alineen correctamente para el astigmatismo del ojo del usuario. Puede ser que la lente de contacto de la presente divulgación proporcione un beneficio especial al usuario en una orientación determinada. Por ejemplo, la lente de contacto puede proporcionar un beneficio especial al usuario cuando un meridiano de potencia de adición máxima está en una orientación concreta.

45 La lente de contacto puede tener una forma sustancialmente circular y tener un diámetro de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 20 mm. La zona óptica puede tener una forma sustancialmente circular y puede tener un diámetro de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 10 mm. En algunas realizaciones, la lente de contacto tiene un diámetro de 13 mm a 15 mm, y la zona óptica tiene un diámetro de 7 mm a 9 mm.

50 El primer eje óptico puede estar situado a lo largo de la línea central de la lente. La región central puede enfocar la luz desde un objeto puntual distante, en el primer eje óptico, hacia un punto en el primer eje óptico en una superficie focal distal. El término superficie, tal como se utiliza en el presente documento, no se refiere a una superficie física, sino a una superficie que podría dibujarse a través de puntos donde se enfocaría la luz de objetos distantes. Esta superficie también se denomina plano de imagen (aunque puede ser una superficie curva) o capa de imagen. El ojo enfoca la luz sobre la retina, que es curva y, en un ojo perfectamente enfocado, la curvatura de la capa de imagen coincidiría con la curvatura de la retina. Por lo tanto, el ojo no enfoca la luz en un plano matemático liso. Sin embargo, en la técnica, la superficie curva de la retina se denomina habitualmente plano.

60 Los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que pasan a través del al menos un meridiano anular de potencia de adición máxima pueden enfocarse lejos del primer eje óptico en una superficie focal de potencia de adición máxima. Los rayos de luz que pasan a través de la región central formarán un círculo borroso en el eje en la superficie focal de potencia de adición máxima. Los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que pasan a través de la al menos una región anular de potencia de adición máxima pueden enfocarse fuera del círculo de desenfoque.

65 La región central de la lente tiene la potencia base. La región anular de la lente tiene una potencia de adición, y la potencia cercana neta de la región anular es la suma de la potencia base y la potencia de adición.

La potencia base de la lente puede ser positiva, y la al menos una región de potencia de adición máxima puede tener una potencia que es más positiva que la potencia base. En este caso, la superficie focal de potencia de adición máxima estará más cerca de la lente que la superficie focal distal. Una imagen en el eje no se formará cuando la luz pase a través del al menos un meridiano de potencia de adición máxima. Por lo tanto, el usuario de la lente necesitará utilizar la acomodación natural de su ojo para enfocar los objetos cercanos. Puede ser que los rayos de luz enfocados por el al menos un meridiano de potencia de adición máxima no se intersequen en absoluto con el primer eje óptico de la lente de contacto, o no lo hagan hasta después de haber pasado la superficie focal de potencia de adición máxima.

La potencia base de la lente puede ser negativa, y la al menos una región de potencia de adición máxima puede tener una potencia que es menos negativa que la potencia de la región base, o la región de potencia de adición puede tener una potencia positiva. Considerando la lente colocada sobre la córnea, si la potencia de la región de potencia de adición máxima es menos negativa que la potencia base, una superficie focal de potencia de adición máxima será más anterior en el ojo que la superficie focal distal. Considerando la lente cuando no está colocada sobre la córnea, si la potencia de la región de potencia de adición máxima es positiva, una superficie focal de potencia de adición máxima estará en el lado opuesto (imagen) de la lente que la superficie focal distal (que será una superficie focal virtual en el lado del objeto de la lente); si la potencia de la región de potencia de adición máxima es negativa (pero menos negativa que la potencia base), una superficie focal virtual de potencia de adición máxima estará más alejada de la lente que una superficie focal virtual distal.

Los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que pasan a través del al menos un meridiano anular de potencia de adición intermedia pueden enfocarse en una superficie focal de potencia de adición intermedia. Para una lente que tiene una potencia base positiva y al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una potencia más positiva que la potencia base, la superficie focal de potencia de adición intermedia estará más cerca de la lente que la superficie focal distal pero más lejos de la lente que la superficie focal de potencia de adición máxima. Tampoco se formará una imagen en el eje cuando la luz pase a través del al menos un meridiano de potencia de adición intermedia. Puede ser que los rayos de luz enfocados por el al menos un meridiano de potencia de adición intermedia no se intersequen en absoluto con el primer eje óptico de la lente de contacto, o no lo hagan hasta después de haber pasado las superficies focales de potencia de adición intermedia y máxima. Considerando una lente colocada sobre la córnea, si la lente tiene una potencia base negativa, y al menos una región de potencia de adición intermedia tiene una potencia menos negativa que la potencia base, una superficie focal de potencia de adición intermedia estará más cerca de la lente que la superficie focal distal, pero más lejos que la superficie focal de potencia de adición máxima. Considerando una lente no colocada sobre la córnea, si la lente tiene una potencia base negativa y al menos una región de potencia de adición intermedia que tiene una potencia menos negativa que la potencia base, una superficie focal virtual de potencia de adición estará más lejos de la lente que la superficie focal distal virtual, pero más cerca que la superficie focal de potencia máxima virtual.

Para una lente que tiene una potencia base positiva, la al menos una región de potencia de adición máxima tendrá una curvatura mayor que la curvatura que proporciona la potencia base. En este caso, el radio de curvatura del al menos un meridiano de potencia de adición máxima será menor que el radio de curvatura de la región central. El centro de curvatura del al menos un meridiano de potencia de adición máxima puede estar más cerca de la lente que el centro de curvatura de la región central. Para una lente que tiene una potencia base negativa, la al menos una región de potencia de adición máxima puede tener una curvatura más pequeña que la curvatura que proporciona la potencia base. En este caso, el radio de curvatura del al menos un meridiano de potencia de adición máxima será mayor que el radio de curvatura de la región central.

El al menos un meridiano de potencia de adición intermedia puede tener una curvatura que está entre la curvatura de la al menos una región de potencia de adición máxima y la curvatura de la región central. En este caso, el radio de curvatura del al menos un meridiano intermedio será menor que el radio de curvatura de la región central pero mayor que el radio de curvatura del al menos un meridiano de potencia de adición máxima. El centro de curvatura del al menos un meridiano de potencia de adición intermedia puede estar más cerca de la lente que el centro de curvatura de la región central pero más lejos de la lente al centro de curvatura del al menos un meridiano de potencia de adición máxima.

Los rayos de luz de una fuente puntual distante que pasan a través de la región anular no forman una única imagen enfocada en una superficie focal frente a la retina. Como resultado de la variación de la potencia de adición alrededor de la circunferencia de la región anular, los rayos de luz de una fuente puntual distante que pasan a través de la región anular forman una forma de onda anular enfocada. La forma de onda varía en tres dimensiones, de modo que la distancia desde la lente al foco local de la forma de onda varíe alrededor del eje de la lente; por tanto, el desenfoque varía alrededor del eje de la lente. Cuando la lente se coloca en un ojo, diferentes partes de la retina estarán expuestas a diferentes cantidades de desenfoque como resultado de la potencia de adición variable de la región anular. Una lente que da lugar a diferentes cantidades de desenfoque en la retina, en particular un desenfoque que varía periódicamente, puede ser más eficaz para frenar el crecimiento de la miopía que una lente con un desenfoque miope constante.

La región central puede enfocar la luz desde un objeto puntual distante hacia un punto en el primer eje óptico en una

superficie focal distal. El al menos un meridiano de potencia de adición máxima y el al menos un meridiano de potencia intermedia pueden dirigir la luz desde objetos puntuales distantes hacia el punto. La luz de un objeto puntual distante que pasa a través de la región anular puede dar lugar a distintos niveles de borrosidad en una superficie focal distal, como resultado de la variación de la potencia de adición de la región anular. Un patrón borroso que varía meridionalmente puede ser producido por la luz procedente de una fuente puntual distante que pasa a través de la región anular, y el patrón depende de la disposición de los meridianos de potencia de adición, incluyendo el al menos un meridiano de potencia de adición máxima y el al menos un meridiano de potencia de adición intermedia. La región anular puede limitar la propagación de la luz fuera del eje en la superficie focal distal, por ejemplo actuando como un tope del haz óptico, lo que puede mejorar el contraste óptico de las imágenes generadas por la lente.

Al reducir la propagación de la luz en la superficie focal distal, es posible mejorar el contraste visual observado por el usuario de lentes en comparación con diseños de lentes como los ilustrados en la figura 1. Por tanto, con las lentes y métodos actuales, es posible lograr una desaceleración deseada de la progresión de la miopía al tiempo que se mejora el contraste y la calidad de la imagen en comparación con las lentes de contacto existentes adecuadas para reducir la progresión de la miopía.

La región anular puede comprender además al menos un meridiano de potencia base, teniendo la curvatura que proporciona la potencia base y centrada en el centro de curvatura de la región central. Como alternativa, la potencia de adición de la región anular puede variar entre una potencia de adición intermedia y una potencia de adición máxima (es decir, puede no estar presente un meridiano de potencia base). La potencia de adición de la región anular puede ser más positiva o menos negativa, que la potencia base para todos los meridianos.

El al menos un meridiano de potencia base puede enfocar la luz desde un objeto puntual distante hasta un punto en el primer eje óptico en una superficie distal. El punto puede coincidir con el punto formado por la luz que pasa por la región central.

Las curvaturas que proporcionan la potencia base, la potencia de adición máxima y la potencia de adición intermedia pueden ser curvaturas de la superficie anterior de la lente. Las curvaturas que proporcionan la potencia base, la potencia de adición máxima y la potencia de adición intermedia pueden ser curvaturas de la superficie posterior de la lente. Las curvaturas que proporcionan la potencia base, la potencia de adición máxima y la potencia de adición intermedia pueden ser curvaturas de la superficie anterior y la superficie posterior de la lente que proporcionan un efecto combinado.

La potencia de la lente se puede definir como potencia sagital o basada en la pendiente. La potencia P_s basada en la pendiente es una función de la primera derivada del frente de onda y varía con la pendiente del frente de onda. La región anular de la lente puede estar inclinada con respecto a la región central y, dado que la potencia sagital es una función de la pendiente de la superficie de la lente, la inclinación de la región anular con respecto a la región central da lugar a una potencia sagital que es una rampa que comienza más negativa que la potencia en el borde interior de la región anular y aumenta al aumentar el radio hasta una potencia menos negativa que la potencia en el borde exterior de la región anular.

La región anular puede estar inclinada radialmente con respecto a la región central, en diferentes cantidades en diferentes meridianos, para igualar la potencia sagital en el punto medio de la región anular en cada meridiano con la potencia que tendría la región central si se extendiera hasta el punto medio. La lente puede tener una potencia sagital en el punto medio de la región anular en el al menos un meridiano de potencia de adición máxima que coincide con la potencia que tendría la región central si se extendiera hasta el punto medio. La lente puede tener una potencia sagital en el punto medio de la región anular en al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que coincide con la potencia que tendría la región central si se extendiera hasta el punto medio.

La región anular puede comprender una disposición periódica de meridianos de potencia de adición máxima separados por meridianos de potencia de adición intermedia. La potencia de adición de la región anular puede variar continuamente entre los meridianos de potencia de adición máxima y los meridianos de potencia de adición intermedia. La potencia de adición de la región anular puede ser más positiva o menos negativa, que la potencia base para todos los meridianos. La región anular puede comprender una disposición periódica repetida de meridianos de potencia de adición máxima, meridianos de potencia de adición intermedia y meridianos de potencia base. La potencia de adición de la región anular puede variar continuamente entre los meridianos de potencia de adición máxima, los meridianos de potencia de adición intermedia y los meridianos de potencia base. La posición alrededor de la circunferencia de la lente puede estar definida por un ángulo θ de entre 0 y 360° , con una línea a lo largo de $\theta = 180^\circ$ a lo largo del diámetro de la lente. La región anular puede comprender meridianos de potencia de adición máxima que coinciden con $\theta=0^\circ$ y $\theta=180^\circ$. La región anular puede comprender meridianos de potencia de adición máxima que coinciden con $\theta=0^\circ$, 90° , 180° y 270° , o cualquier otro ángulo. La región anular puede comprender meridianos de potencia de adición máxima cada 10° , cada 20° o cada 30° alrededor de la circunferencia de la lente. Como alternativa, la región anular puede comprender una disposición aperiódica de meridianos de potencia de adición máxima alrededor de la circunferencia de la lente. Si están presentes una pluralidad de meridianos de potencia de adición máxima, cada meridiano de potencia de adición máxima puede tener la misma potencia o pueden tener potencias diferentes. Si está presente una pluralidad de meridianos de potencia de adición máxima, pueden estar dispuestos a intervalos irregulares alrededor

de la circunferencia de la región anular. Cada uno de los al menos un meridiano de potencia de adición máxima puede tener un perfil de potencia simétrico o un perfil de potencia asimétrico. El perfil de potencia de la región anular puede ser simétrico o asimétrico entre los meridianos de potencia de adición máxima.

- 5 La potencia de la región anular puede variar de manera sinusoidal alrededor de la circunferencia de la región anular. La potencia de la región anular puede variar de manera gradual alrededor de la circunferencia de la región anular. La potencia de la región anular puede variar de forma triangular o en forma de diente de sierra alrededor de la circunferencia de la región anular. La potencia de la región anular puede variar entre la potencia del al menos un meridiano de potencia de adición máxima y la potencia base, o entre la potencia del al menos un meridiano de potencia de adición máxima y la potencia del al menos un meridiano de potencia de adición intermedia. La periodicidad de la variación puede ser de 180°, 90°, 45° o 30°, por ejemplo.

- 15 La región central puede tener una forma sustancialmente circular y puede tener un diámetro de entre aproximadamente 2 y 9 mm, y preferiblemente puede tener entre 2 y 7 mm. La región central puede tener una forma sustancialmente elíptica. La región anular puede extenderse radialmente hacia afuera desde un perímetro de la región central entre aproximadamente 0,1 y 4 mm, preferiblemente entre aproximadamente 0,5 y 1,5 mm. Por ejemplo, la anchura radial de la región anular puede ser de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 4 mm, y preferiblemente puede ser de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 1,5 mm. El perímetro de la región central puede definir un límite entre la región central y la región anular y, por lo tanto, la región anular puede ser adyacente a la región central.

- 20 La región anular puede lindar con la región central. Puede proporcionarse una región de fusión entre la región central y la región anular. La región de fusión no debería afectar sustancialmente a la óptica proporcionada por la región central y la región anular, y la región de fusión puede tener una anchura radial de 0,05 mm o menos, aunque también puede tener una anchura de hasta 0,2 mm, o una anchura de hasta 0,5 mm en algunas realizaciones.

- 25 La región central tiene una potencia base, que en el contexto de la presente divulgación, se define como la potencia refractiva absoluta promedio de la región central. Cualquier meridiano de potencia base también tendrá la potencia base. La potencia base corresponderá a la potencia de refracción etiquetada de la lente de contacto tal como se indica en el envase de la lente de contacto (aunque en la práctica puede no tener el mismo valor). Por tanto, las potencias de las lentes indicadas en el presente documento son potencias nominales. Estos valores pueden diferir de los valores de potencia de la lente obtenidos mediante medición directa de la lente y reflejan las potencias de la lente que se utilizan para proporcionar la potencia de prescripción requerida cuando se usan en tratamientos oftálmicos.

- 30 Para lentes utilizadas en el tratamiento de la miopía, la potencia base será negativa o cercana a cero, y la región central corregirá la visión a distancia. La potencia base puede estar entre 0,5 dioptrías (D) y -15,0 dioptrías. La potencia base puede ser de -0,25 D a -15,0 D.

- 35 La potencia de adición máxima es distinta de cero; es decir, cada uno de los al menos un meridiano de potencia de adición máxima tendrá una potencia de lente que es mayor (es decir, más positiva o menos negativa que) la potencia base de la región central. La potencia del meridiano de potencia de adición máxima puede describirse como una potencia de adición máxima, que es la diferencia entre la potencia base y la potencia del meridiano de potencia de adición máxima. La potencia de adición máxima puede estar entre aproximadamente +0,5 y +20,0 D, preferiblemente entre aproximadamente +0,5 y +10,0 D. Para una lente que tiene una potencia base positiva, la potencia de cada uno de al menos un meridiano de potencia de adición máxima será más positiva que la potencia base. Para una lente que tiene una potencia base negativa, la potencia de cada uno del al menos un meridiano de potencia de adición máxima puede ser menos negativa que la potencia base, o la potencia de cada uno del al menos un meridiano de potencia de adición máxima puede ser una potencia positiva. La potencia neta de la región anular en el(los) meridiano(s) de potencia de adición máxima será la suma de la potencia base y la potencia de adición máxima.

- 40 Cada uno de los al menos un meridiano de potencia de adición intermedia puede tener una potencia de lente que es mayor (es decir, más positiva o menos negativa que) la potencia base de la región central. La potencia del meridiano de potencia de adición intermedia puede describirse como una potencia de adición intermedia, que es la diferencia entre la potencia base y la potencia del meridiano de potencia de adición intermedia. La potencia de adición intermedia puede ser menor que la potencia de adición máxima y puede estar entre aproximadamente +0,1 y +10,0 D, preferiblemente entre aproximadamente +0,1 y +3,0 D. Para una lente que tiene una potencia base positiva, la potencia de cada uno del al menos un meridiano de potencia de adición intermedia será más positiva que la potencia base. Para una lente que tiene una lente que tiene una potencia base negativa, la potencia de cada uno del al menos un meridiano de potencia de adición intermedia puede ser menos negativa que la potencia base, o la potencia de cada uno del al menos un meridiano de potencia de adición intermedia puede ser una potencia positiva. La potencia neta de la región anular en el(los) meridiano(s) de potencia de adición intermedia será la suma de la potencia base y la potencia de adición intermedia.

- 45 La lente puede comprender al menos dos regiones anulares concéntricas, en donde cada una de las regiones anulares comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del eje óptico, y al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una curvatura que proporciona una potencia de

adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia.

5 Cada una de las regiones anulares puede ser una región anular que incorpora cualquiera de las características expuestas anteriormente. Los meridianos de potencia de adición máxima de cada región anular pueden tener los mismos valores θ alrededor de la circunferencia de la región anular, y cada uno de los meridianos de potencia de adición intermedia puede tener los mismos valores θ alrededor de la circunferencia de la región anular. Como alternativa, los meridianos de potencia de adición máxima de cada una de las regiones anulares pueden tener diferentes valores de θ alrededor de la circunferencia. Los meridianos de potencia de adición máxima de cada una de las regiones anulares pueden tener la misma potencia de adición máxima. Cada una de las regiones anulares puede tener la misma potencia de adición intermedia. Como alternativa, los meridianos de potencia de adición máxima de cada una de las regiones anulares serán diferentes. Cada región anular puede tener una pluralidad de meridianos de potencia de adición máxima, y cada uno de la pluralidad de meridianos de potencia de adición máxima puede tener la misma potencia o una potencia diferente. La potencia de adición intermedia de cada región anular puede ser diferente.

15 Preferiblemente, la región anular o regiones anulares no incluyen lentillas, o la(s) región(es) anular(es) está(n) libre(s) de lentillas (es decir, lentes pequeñas proporcionadas en una superficie de la lente de contacto que tienen diámetros que son más pequeños que el diámetro de la zona óptica de la lente de contacto). La potencia de adición de la región anular puede ser proporcionada por una superficie de lente continua. La superficie de la lente puede proporcionar una potencia de adición que varía suavemente.

La lente de contacto puede ser una lente de contacto tórica. Por ejemplo, la lente de contacto tórica puede incluir una zona óptica conformada para corregir el astigmatismo de una persona.

25 La lente de contacto puede comprender un material elastómero, un material elastómero de silicona, un material de hidrogel, un material de hidrogel de silicona o combinaciones de los mismos. Tal como se entiende en el campo de las lentes de contacto, un hidrogel es un material que retiene agua en un estado de equilibrio y no contiene ninguna sustancia química que contenga silicona. Un hidrogel de silicona es un hidrogel que incluye una sustancia química que contiene silicona. Los materiales de hidrogel y los materiales de hidrogel de silicona, como se describen en el contexto de la presente divulgación, tienen un contenido de agua en equilibrio ("equilibrium water content", EWC) de al menos el 10 % a aproximadamente el 90 % (peso/peso). En algunas realizaciones, el material de hidrogel o el material de hidrogel de silicona tiene un EWC de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 70 % (peso/peso). En comparación, un material elastómero de silicona, como se describe en el contexto de la presente divulgación, tiene un contenido de agua de aproximadamente el 0 % a menos del 10 % (peso/peso). Normalmente, los materiales elastómeros de silicona usados con los presentes métodos o aparatos tienen un contenido de agua del 0,1 % al 3 % (peso/peso). Algunos ejemplos de formulaciones de lentes adecuadas incluyen aquellas que tienen los siguientes nombres adoptados en los Estados Unidos ("United States Adopted Names", USAN): methafilcon A, ocuafilcon A, ocuafilcon B, ocuafilcon C, ocuafilcon D, omafilcon A, omafilcon B, comfilcon A, enfilcon A, stenfilcon A, fanfilcon A, etafilcon A, senofilcon A, senofilcon B, senofilcon C, naraafilcon A, naraafilcon B, balafilcon A, samfilcon A, lotrafilcon A, lotrafilcon B, somofilcon A, riofilcon A, delefilcon A, verofilcon A, kalifilcon A y similares.

45 Como alternativa, la lente puede comprender, consistir fundamentalmente o consistir en un material elastómero de silicona. Por ejemplo, la lente puede comprender, consistir fundamentalmente o consistir en un material elastómero de silicona que tenga una dureza Shore A de 3 a 50. La dureza Shore A se puede determinar utilizando métodos convencionales, tal como lo entienden las personas con experiencia ordinaria en la técnica (por ejemplo, utilizando un método DIN 53505). Se pueden obtener otros materiales de elastómero de silicona de NuSil Technology o Dow Chemical Company, por ejemplo.

50 A modo de ejemplo, la lente puede comprender una lente de contacto de hidrogel o de hidrogel de silicona que tiene un diámetro de lente de entre 13 y 15 mm. La zona óptica de la lente puede tener un diámetro de entre 7 y 9 mm. La región anular de la zona óptica puede tener un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una potencia de adición máxima de entre +2 y +20 D. La región anular de la zona óptica puede tener un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una potencia de adición intermedia de entre +1 y +10 D.

55 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente divulgación proporciona un método para fabricar una lente. El método puede comprender formar una lente de contacto, en donde la lente comprende una región central, teniendo la región central una potencia base, y una región anular, en donde la región anular rodea la región central. La región anular comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del primer eje óptico. Las regiones anulares también comprenden al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima y centrado en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia.

65 La lente puede incluir cualquiera de las características expuestas anteriormente.

El método de fabricación puede comprender formar un miembro de molde hembra con una superficie formadora de lente cóncava y un miembro de molde macho con una superficie formadora de lente convexa. El método puede comprender llenar un espacio entre los miembros de molde hembra y macho con material de lente a granel. El método puede comprender además curar el material de lente a granel para formar la lente.

La lente de contacto puede ser una lente de contacto moldeada. La lente puede formarse mediante procesos de moldeo por fundición, procesos de moldeo por centrifugación, procesos de torneado o una combinación de los mismos. Tal como lo entiende un experto en la técnica, el moldeo por fundición se refiere al moldeo de una lente colocando un material formador de lente entre un miembro de molde hembra, que tiene una superficie de formación de miembro de lente cóncava, y un miembro de molde macho, que tiene una superficie de formación de miembro de lente convexa.

En un aspecto adicional de la divulgación (que no se reivindica) se proporciona un método para usar la lente de contacto descrita en el presente documento. Los métodos pueden ser eficaces para reducir la progresión de un error refractivo, tal como reducir la progresión de la miopía. Cuando las lentes actuales se utilizan para reducir la progresión de la miopía, los métodos incluyen una etapa de proporcionar las lentes de contacto a una persona cuyos ojos sean capaces de adaptarse a distancias cercanas variables (por ejemplo, en un intervalo de aproximadamente 15 cm a aproximadamente 40 cm). Algunos ejemplos de los métodos incluyen una etapa de proporcionar lentes oftálmicos a una persona que tiene desde aproximadamente 5 años hasta aproximadamente 25 años. La provisión puede ser realizada por un oftalmólogo, tal como un óptico u optómetra. Como alternativa, el suministro puede ser realizado por un distribuidor de lentes que organiza el suministro de las lentes oftálmicas al usuario de las lentes.

La figura 1A muestra una vista superior esquemática de una lente para usar en la progresión más lenta de la miopía (por ejemplo, el control de la miopía). La lente 1 comprende una zona óptica 2, que cubre aproximadamente la pupila, y una zona periférica 4 que se asienta sobre el iris. La zona periférica 4 proporciona funciones mecánicas, incluyendo el aumento del tamaño de la lente haciendo de este modo que la lente 1 sea más fácil de manipular, proporciona un lastre para evitar la rotación de la lente 1, y proporciona una región conformada que mejora la comodidad para el usuario de la lente 1. La zona óptica 2 proporciona la funcionalidad óptica de la lente 1, y la zona óptica comprende una región anular 3 y una región central 5. Esta lente 1 tiene una potencia base positiva, y el radio de curvatura de la superficie anterior de la región anular 3 es menor que el radio de curvatura de la superficie anterior de la región central 5. (Esto se muestra de forma esquemática exagerada en la Figura 1B y en el diagrama de rayos correspondiente de la Figura 2A). La zona anular 3 tiene por tanto una potencia mayor que la potencia base de la zona central 5. El foco 11 de la región anular 3 se encuentra en una superficie focal proximal 13, y el foco 15 de la región central 5 se encuentra en una superficie focal distal 17, que está más alejada de la superficie posterior de la lente 1. El foco 11 de la región anular 3 y el foco 15 de la región central 5 comparten un eje óptico común 19. Tal como se muestra en la figura 2C, para una fuente puntual en el infinito, los rayos de luz enfocados por la región central 5 forman una imagen enfocada 23 en la superficie focal distal 17. Los rayos de luz enfocados por la región central 5 también producen un punto borroso desenfocado 27 en la superficie focal proximal 13.

Tal como se muestra en la figura 2B, los rayos de luz enfocados por la región anular 3 forman una imagen enfocada 21 en la superficie focal proximal 13. Los rayos de luz enfocados por la región anular 3 divergen después de la superficie focal proximal 13, y los rayos de luz divergentes producen un anillo desenfocado 25 en la superficie focal distal 17. Como se ha analizado anteriormente, la imagen anular desenfocada 25 puede dar como resultado que los usuarios de la lente 1 vean un "halo" alrededor de las imágenes enfocadas a distancia.

La figura 3A muestra un esquema de otra lente conocida 101 que se usa en el tratamiento de la miopía, que está diseñada para eliminar el halo que se observa alrededor de las imágenes enfocadas a distancia. Similar a la lente 1 mostrada en las figuras 1A y 1B, la lente 101 comprende una zona óptica 102 y una zona periférica 104 que rodea la zona óptica 102. La zona óptica 102 comprende una región central 105 y una región anular 103 que rodea la región central 105. Tal como se muestra en la figura 3B y el diagrama de rayos correspondiente de las figuras 4A y 4D, esta lente 101 es una lente de potencia base positiva y la superficie anterior de la región anular 103 tiene una curvatura mayor que la superficie anterior de la región central 105, y por lo tanto proporciona una potencia mayor que la potencia base de la región central 105. Tal como se muestra en la figura 4D, la superficie anterior de la región central 105 define una porción de una superficie de una esfera de mayor radio 109. La superficie anterior de la región anular 103 define una superficie anular curvada con un radio más pequeño 106.

En la superficie focal distal 117, se enfocan los rayos de luz que pasan a través de la región central 105. La región anular 103 actúa como un tope del haz óptico, lo que conduce a un tamaño de punto pequeño 133 de luz en la superficie focal distal 117, tal como se muestra en la figura 4C.

No se forma una única imagen en la superficie focal proximal 113. Tal como se muestra en la figura 4B, en la superficie focal proximal 113, para una fuente puntual en el infinito, los rayos de luz que pasan a través de la región central 105 generan un círculo borroso 128, al igual que la lente de las figuras 1A-B y 2A-B. Sin embargo, los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que pasan a través de la región anular 103 generan un anillo enfocado 122, tal como se muestra en la figura 4B, que rodea el círculo borroso 128. La figura 4B muestra el patrón de luz generado para una fuente puntual distante. A diferencia de la lente 1 de la figura 1, la lente 101 de las figuras 3 y 4 no genera una imagen única o una imagen en el eje en la superficie focal proximal 113 que podría usarse para evitar la

necesidad de que el ojo se acomode a objetos cercanos. Para un objeto extendido a distancia, la imagen enfocada formada en la superficie focal proximal 113 es una convolución de (i) la imagen enfocada del objeto extendido que se obtendría con una lente convencional que tenga la potencia óptica de la región anular 103 y (ii) una función de transferencia óptica que representa el efecto óptico de la región anular 103.

5 En comparación con la lente de las figuras 1 y 2, no se produce un efecto de anillo o "halo" en la superficie focal distal 117.

10 La figura 5A muestra una vista superior de una lente esquemática de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La posición alrededor de la circunferencia de la lente se puede indicar mediante un ángulo θ , donde theta varía entre 0° y 360° . En este ejemplo, la línea A-A se encuentra a lo largo de $\theta=0^\circ$ y la línea B-B se encuentra a lo largo de $\theta=90^\circ$. La figura 5B muestra un diagrama de rayos parcial esquemático, para rayos de luz que intersecan la lente a lo largo de una línea A-A, y la figura 5C muestra un diagrama de rayos parcial para los rayos de luz que intersecan la lente a lo largo de una línea B-B. De manera similar a las lentes 1 y 101 mostradas en las figuras 1A, 1B, 15 3A y 3B, la lente 201 comprende una zona óptica 202 y una zona periférica 204 que rodea la zona óptica 202. La zona óptica 202 comprende una región central 205 y una región anular 203 que rodea la región central 205. La región central 205 tiene una potencia base que está determinada al menos en parte por la curvatura de la superficie anterior. La lente 205 tiene una potencia base positiva.

20 La curvatura de la superficie anterior de la región anular 203 difiere en diferentes puntos alrededor de la circunferencia, y esto conduce a una potencia de adición que varía circunferencialmente de la región anular 203. La potencia de adición de la región anular 203 varía de manera oscilatoria alrededor de la circunferencia, entre un valor máximo (como se muestra en la figura 5B), donde la potencia de adición de la región anular 203a es comparable a la de la región anular mostrada para la lente de la figura 3A, y una potencia de adición cero (como se muestra en la figura 5C), donde la potencia de la región anular 203b es la misma que la potencia base de la región central 205. Para la lente 201 mostrada en la figura 5A, la potencia de adición de la región anular 203 es un máximo a lo largo de la línea A-A ($\theta=0^\circ$) y la potencia de adición es 0 D a lo largo de la línea B-B ($\theta=90^\circ/270^\circ$), es decir, la potencia de adición varía con un período de 180° . Entre las líneas A-A y B-B la potencia sumada tiene valores intermedios.

30 El eje óptico de la región central 205 se muestra mediante la línea 219 en las figuras 5B y 5C, y el centro de curvatura, indicado por X de la superficie anterior de la región central 205 se encuentra en el eje óptico 219. La región anular 203 tiene un meridiano de potencia de adición máxima 203a a lo largo de la línea A-A, y un meridiano de potencia base 203b a lo largo de la línea B-B. La superficie anterior del meridiano de potencia de adición máxima 203a tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y está centrada en un centro de curvatura, indicada por X', esa es una primera distancia, indicada por la línea 220, desde el primer eje óptico. La superficie anterior del meridiano de potencia base 203b a lo largo de la línea B-B tiene una curvatura que proporciona la potencia base y está centrada en el mismo centro de curvatura A que la región central 205.

40 La figura 6A muestra una sección transversal vertical tomada a través de una lente 201 a lo largo de la línea A-A (es decir, a lo largo del meridiano de potencia de adición máxima 203a), de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente divulgación. La figura 6B muestra la misma lente, girada circunferencialmente 90° , de modo que la sección transversal esté a lo largo de la línea B-B (es decir, a lo largo del meridiano de potencia base 203b).

45 La figura 7A muestra un diagrama de rayos de luz que intersecan la lente 201 de la figura 5A a lo largo de la línea A-A. En esta línea, la potencia de adición de la región anular 203a es máxima, la superficie anterior de la región anular 203a tiene una curvatura mayor que la superficie anterior de la región central 205, y por lo tanto proporciona una potencia mayor que la potencia base de la región central 205. La superficie anterior de la región central 205 define una porción de una superficie de una esfera de un primer radio y la superficie anterior de la región anular 203a define una superficie anular curvada con un radio de curvatura más pequeño, de manera similar a la lente mostrada en la figura 4D.

50 Los rayos de luz que intersecan la lente 201 a lo largo de la línea A-A y que pasan a través de la región central 205 se enfocan en una superficie focal distal 217, tal como se muestra en las figuras 6A, 6B y 7A-7C. Con una superficie focal de potencia máxima de 230a, los rayos de luz procedentes de una fuente puntual en el infinito que intersecan la lente 201 a lo largo de una línea A-A y que pasan a través de la región central 205 no formarán un foco, mientras que los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que intersecan la lente 201 a lo largo de una línea A-A y que pasan a través de la región anular de potencia de adición máxima 203a se enfocarán lejos del eje óptico de la región central 219.

60 La figura 7C muestra un diagrama de rayos de luz que intersecan la lente 201 a lo largo de la línea B-B. En esta línea, la potencia de adición de la región anular 203b es cero. La superficie anterior de la región anular 203b tiene la misma curvatura en dirección radial que la superficie anterior de la región central 205. Los rayos de luz que intersecan la lente 201 a lo largo de la línea B-B y que pasan a través de la región central 205 se enfocan en una superficie focal distal 217, tal como se muestra en las figuras 6A, 6B y 7A-7C. Los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que intersecan la lente a lo largo de una línea B-B y que pasan a través de la región anular de potencia de adición cero 203b también se enfocan en la superficie focal distal 217.

La figura 7B muestra un diagrama de rayos de luz que intersecan la lente a lo largo de una línea C-C, que es una línea a lo largo de $\theta=45^\circ$. A lo largo de esta línea, la potencia de adición de la región anular 203c es un valor intermedio entre la de la zona anular 203a a lo largo de la línea A-A y la zona anular 203b a lo largo de la línea B-B. La superficie anterior de la región anular 203c define una superficie anular curvada con un radio de curvatura menor que la región anular 203b pero un radio de curvatura mayor que la región anular 203a. Los rayos de luz que intersecan la lente 201 a lo largo de la línea C-C y pasan a través de la región central 205 se enfocan en una superficie focal distal 217. En una superficie focal de potencia de adición intermedia 230a, los rayos de luz procedentes de una fuente puntual en el infinito que intersecan la lente 201 a lo largo de una línea C-C y que pasan a través de la región central 205 no formarán un foco, mientras que los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que intersecan la lente 201 a lo largo de una línea C-C y que pasan a través de la región anular 203c se enfocarán. La superficie focal intermedia 230c está más cerca de la lente 201 que la superficie focal de potencia de adición máxima 230a. La figura 8 muestra la variación en la potencia de adición con θ para la región anular 203 de la lente 201 mostrada en las figuras 5A-C, 6A-B y 7A-C. Para la lente 201 mostrada en las figuras 5A-7C, se determina la potencia de adición, al menos en parte, por la curvatura de la superficie anterior de la región anular 203. La potencia de adición se define en relación con la potencia base de la región central 205, y por lo tanto una potencia de adición de cero significa que la curvatura en una dirección radial, de la superficie anterior de la región anular 203 coincide con la curvatura de la región central 205. Para la lente 201 mostrada en las figuras 5A-7C, la curvatura radial de la superficie anterior de la región anular 203 y por lo tanto la potencia de adición de la región anular 203 varía continuamente, de manera oscilatoria con el ángulo meridiano theta (θ).

Los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que intersecan la lente 201 y que pasan a través de la región anular 203 no formarán una única imagen delante de la superficie focal distal 217, pero crearán una forma de onda anular enfocada lejos del eje óptico de la región central 219, con un desenfoque que varía alrededor del eje óptico central 219 con un ángulo θ . En la superficie focal distal 217, un patrón borroso 250 que varía meridionalmente se produce mediante rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que intersecan la lente 201 y que pasan a través de la región anular 203, tal como se muestra en la figura 9. El patrón borroso 250 rodea un punto enfocado 251 producido por los rayos de luz que pasan a través de la región central 205. La borrosidad es mayor a lo largo de una línea A-A que coincide con el meridiano de potencia de adición máxima 203a.

Por tanto, considerando el anillo en su conjunto y moviéndose alrededor de los meridianos, los rayos de luz de una fuente puntual distante que intersecan la lente 201 y pasan a través de la región anular forman una línea focal que gira hacia la retina desde la superficie focal de potencia de adición máxima (donde la línea está más cercana al frente del ojo) a 0 grados (12 en punto), hacia la superficie focal de potencia de adición intermedia a 45 grados, hacia la superficie focal de potencia de adición mínima a 90 grados (3 en punto, donde la línea está más cercana a la retina) y luego nuevamente hacia el frente del ojo, a través de la superficie focal de potencia de adición intermedia a 135 grados hacia la superficie focal de potencia de adición máxima a 180 grados (6 en punto). El ciclo se repite entre 180 grados y 360 grados; el bucle es simétrico con respecto a las líneas A-A y B-B. Los rayos de luz de una fuente puntual en el infinito que intersecan la lente y que pasan a través de la región central se enfocan en la superficie focal distal.

Las lentes descritas anteriormente tienen una potencia base positiva. En otras realizaciones de la presente divulgación, la potencia base de la lente 701 es negativa. La figura 10 muestra un diagrama de rayos parcial para una lente de potencia base negativa 701, para una sección transversal que corta a través de un meridiano de potencia de adición máxima. La región central 705 de la lente 701, indicada por el círculo sólido en la figura 10 tiene una potencia base negativa, y la región anular 703, indicada por el círculo de puntos y rayas, tiene una potencia menos negativa. La región central 705 de la lente tiene una curvatura mayor y un radio de curvatura más pequeño que la región anular 703. El centro de curvatura de la región central 705 está enfocado en el eje óptico 719. El centro de curvatura de la región anular 703 está desplazado del eje óptico de la región central 719. Un punto focal virtual para los rayos de luz que pasan a través de la región central está en la superficie focal distal virtual 717. En una superficie focal de potencia máxima virtual, los rayos de luz 730 procedentes de una fuente puntual distante que pasan a través de la región anular 703 forman un anillo virtual enfocado.

La potencia de las lentes de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación se puede definir como (i) una potencia basada en la curvatura, P_c , o (ii) una potencia P_s basada en sagital (o pendiente).

Para un frente de onda W , en un punto a una distancia radial r (radio de la pupila) de una línea normal al centro del frente de onda, $W(r) = A \cdot r^2$, en donde A es una función.

La curvatura del frente de onda o potencia basada en curvatura, P_c , es una función de la segunda derivada del frente de onda. La pendiente del frente de onda, o potencia basada en la pendiente P_s , es una función de la primera derivada del frente de onda y varía con la pendiente del frente de onda.

Para una lente esférica simple, la potencia basada en la curvatura, P_c , se define como:

$$P_c = \frac{\partial^2 W}{\partial r^2} = \frac{\partial(2Ar)}{\partial r} = 2A$$

La potencia basada en la pendiente P_s se define de la siguiente forma,

$$P_s = \frac{1}{r} \frac{\partial W}{\partial r} = \frac{2Ar}{r} = 2A$$

es decir, $P_c = P_s$ para una lente simple con supuestos paraxiales.

Para lentes de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación, como P_c es una función de la segunda derivada del frente de onda, el perfil de potencia basado en la curvatura proporciona la potencia de las regiones anular y central de las presentes lentes, independientemente de las orientaciones relativas de las regiones. Sin embargo, dado que en las presentes lentes la(s) región(es) anular(es) están "inclinadas" radialmente hacia afuera o hacia adentro con respecto a la región central, su pendiente S cambia de su valor "sin inclinación", mientras que su curvatura no cambia, por lo que la potencia de la lente basada en la pendiente P_s no da el mismo valor que la potencia P_c .

Las figuras 11A y 11B muestran una lente 301 de acuerdo con una realización de la divulgación. La lente 301 es similar a la lente mostrada en las figuras 5A-7C, pero con una región anular concéntrica adicional 303' que actúa como una segunda zona de potencia de adición. El perfil de potencia de la lente 301 varía de manera oscilatoria en función de la distancia radial para diferentes valores de θ . La potencia de adición de la segunda región anular 303' varía de la misma manera (incluso con máximos y mínimos en los mismos valores theta, es decir, meridianos) que la primera región anular 303. La figura 12 muestra la potencia como una función del radio de una línea A-A, con $\theta=0^\circ$, que es una línea de potencia de adición máxima, con 0 en el eje x correspondiente al centro de la región central 305.

En la figura 12, la curva continua 331 muestra la potencia P_s basada en la pendiente, y la curva punteada 333 muestra la potencia P_c basada en la curvatura.

La lente de las figuras 11A y 11B tiene una potencia base nominal de -0,75 dioptrías (D). Tal como se muestra en la figura 12, las potencias basadas en la pendiente y la curvatura, P_s y P_c son aproximadamente constantes (e iguales) en toda la región central de la lente 305. Para la lente de las figuras 11A y 11B, el centro de un círculo que define el radio de curvatura de la superficie anterior de la región anular 303a se desplaza con respecto al centro de un círculo que define el radio de curvatura de la superficie anterior de la región central 305, al igual que la lente que se muestra en la figura 4D. Dado que P_s es una función de la pendiente de la superficie de la lente, la inclinación y la curvatura combinadas de la región anular 303a con respecto a la región central 305 da lugar a una potencia sagital P_s , es decir, una rampa que comienza más negativa que la potencia de distancia (una potencia de "suma negativa") en el borde interior de la región anular 303a y que aumenta al aumentar el radio hasta una potencia menos negativa que la potencia de distancia (una potencia de adición) en el borde exterior de la región anular 303a. La inclinación de la región anular 303a se ha elegido para asegurar que la potencia sagital P_s de la lente 301 en el punto medio radial de la región anular 303a coincide con la potencia de la región central 305 (en particular, la potencia que tendría la región central si se extendiera hasta ese punto medio, como lo indica la flecha 306 en la figura 12 y la línea discontinua 306' en la figura 11A). Por tanto, la inclinación de la región anular 303a se elige de modo que la potencia de adición promedio sea (al menos aproximadamente) 0 D, de acuerdo con el método sagital de cálculo de la potencia óptica.

La región de distancia 308 entre la primera región anular 303a y la segunda región anular 303a' tiene nominalmente la misma potencia que la región central 305, pero dependiendo de la elección de asfericidad y de las prácticas comunes de diseño de lentes, puede tener la misma, o más o menos, potencia negativa que la zona central.

Como se ha analizado anteriormente, la verdadera potencia P_c es una función de la curvatura de la lente, es decir, la segunda derivada del frente de onda, y no se ve afectada por la inclinación de las regiones anulares 303a/303a'. Como puede observarse en la figura 12, la potencia basada en la curvatura de las regiones anulares 303a/303a' es positiva, es decir, las regiones proporcionan una potencia de adición en toda su anchura, que en este ejemplo aumenta al aumentar la distancia radial desde el centro de la lente.

La figura 13 muestra otra lente 401 de acuerdo con una realización de la presente divulgación con una potencia nominal de -0,75 D y una única región anular 403. La figura 14 muestra la variación en la potencia sagital para esta lente 401 tomada a lo largo de diferentes valores θ . La variación de la potencia sagital tiene una forma similar a la que se muestra en la figura 12. La potencia sagital se vuelve menos negativa al aumentar el radio, y la pendiente de esa rampa a través de la región anular 403 es diferente en los diferentes valores de θ . La curva discontinua 431 muestra la potencia sagital a lo largo de una línea A-A ($\theta=0^\circ$), que interseca una región anular de potencia de adición máxima 403a. El aumento de potencia sagital con el radio tiene una pendiente relativamente pronunciada. La curva punteada 433 y la curva continua 435 muestran la potencia sagital a lo largo de las líneas C-C y D-D respectivamente. La línea C-C interseca una región de potencia de adición intermedia 403c y, por lo tanto, la potencia sagital tiene una pendiente menos profunda entre la región central 405 y la región anular 403c. La línea D-D interseca una región de potencia de adición baja 403d y, por tanto, la potencia sagital tiene una pendiente aún menor entre la región central 405 y la región

anular 403d. A lo largo de la línea B-B ($\theta=90^\circ$), la potencia de adición de la zona anular 403b es cero, y el perfil de potencia sería una extensión suave de la potencia de la región de distancia central 405. El valor medio de las potencias sagitales, en el punto medio del anillo 403, es el mismo en todos los valores de θ . Es igual a la potencia que tendría la región distante si se extendiera hasta ese punto; es decir, la potencia de adición sagital promedio es de 0 D. Sin embargo, a partir de la discusión anterior se entenderá que la potencia real, la potencia basada en la curvatura, de la región de distancia proporciona una potencia de adición, que es un máximo a lo largo de la línea A-A, menos a lo largo de la línea C-C, menos aún a lo largo de la línea D-D, y 0 D a lo largo de la línea B-B.

La figura 15 es un gráfico bidimensional que muestra la variación en P_s para una lente 901 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La región anular 903 comprende un meridiano de potencia de adición máxima 903a en la parte superior de la lente ($\theta=0^\circ$). El meridiano de potencia de adición intermedia con la potencia de adición mínima está en la parte inferior de la lente ($\theta=180^\circ$) 903b.

La figura 16 muestra P_s como una función de la distancia radial desde el centro de la lente, para la lente 901 de la figura 15 (con un radio de 0 correspondiente al centro de la lente 901). La curva punteada 931 muestra P_s promediada alrededor de la circunferencia de la lente. P_s muestra poca variación a través de la zona central 905, y similar a las figuras 12 y 14, en la región anular, la variación P_s es una rampa que comienza desde una potencia de adición negativa en el borde interior de la región anular 903 y aumenta con el aumento del radio a cada lado del centro de la lente hasta una potencia de adición positiva en el borde exterior de la región anular 903. La curva promedio P_s (curva punteada 931) es simétrica con respecto al centro de la lente (el valor del radio 0). La curva sólida discontinua 933 muestra P_s tomada a lo largo de una línea vertical V-V (mostrada en la figura 15). Esta línea interseca el meridiano de potencia de adición máxima 903a en $\theta=0$ y pasa a través del meridiano de potencia de adición intermedia en $\theta=180$ 903b. Como estos meridianos tienen diferentes potencias de adición, la curva sólida 933 es asimétrica con respecto al centro de la lente, mostrando una rampa mayor a lo largo del meridiano de potencia de adición máxima 903a en $\theta=0^\circ$ y una rampa menos profunda en $\theta=180^\circ$. Una curva tomada a lo largo de una línea horizontal (H-H) mostrada en la figura 15 no se puede ver en la figura 16, porque coincide con la curva de P_s promedio.

La figura 17 muestra una lente 501 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La lente 501 tiene una zona central 505, dos zonas anulares 503, 503' separadas por una zona adicional 505' que tiene la potencia base y una potencia nominal de -7 D. La figura 18 muestra P_c para esta lente 501 para dos valores diferentes de θ . Para la línea A-A, que corresponde a $\theta_1=0^\circ$ y la curva discontinua 531 y una región de potencia de adición máxima 503a/503a', la potencia basada en la curvatura es significativamente menos negativa en las regiones anulares 503a y 503a', que muestra el efecto de potencia de adición de la región anular 503a/503a' en comparación con la región central 505. La línea C-C corresponde a $\theta_2=45^\circ$, la curva sólida 533 y una región de potencia de adición intermedia 503c/503c'. La diferencia entre la potencia basada en la curvatura de la región central 505 y las regiones anulares 503c y 503c' es menor que a lo largo de la línea A-A y, por tanto, la potencia de adición es menor. La línea B-B corresponde a $\theta_3=90^\circ$ y la curva discontinua negra 535, y una potencia de adición mínima para la región anular 503b/503b'. Para esta lente, la potencia de adición mínima es distinta de cero.

Tal como se muestra en la figura 19, mientras que las figuras 5B, 5C, 6A, 6C, 7A-7C, 10 y 11B muestran superficies focales planas, como se ha analizado anteriormente, en realidad, estas superficies de imagen serán "conchas" de imagen curvadas como resultado de que una lente 601 trabaje en conjunto con la lente natural 659 del ojo 661. La superficie focal distal 617 es una superficie curva que coincide sustancialmente con la retina 657. La figura 19 muestra rayos de luz que intersecan la lente 601 a lo largo de una línea C-C, que es una línea a lo largo de $\theta=45^\circ$, y corresponde a una región de potencia de adición intermedia 603c de la lente 601. En una superficie focal 630c de potencia de adición intermedia, los rayos de luz procedentes de una fuente puntual en el infinito que intersecan la lente a lo largo de una línea C-C y que pasan a través de la región central 605 no están enfocados, mientras que los rayos de luz procedentes de una fuente puntual distante que intersecan la lente a lo largo de una línea C-C y que pasan a través de la región anular 603c están enfocados; sin embargo, dado que la luz que interseca la lente a lo largo de otros meridianos y que pasa a través de la región anular 603c no está enfocada, no se forma una sola imagen en la superficie focal de potencia de adición intermedia 630c. Como resultado de la potencia de adición variable de la región anular de la lente 601, diferentes áreas de la retina 657 estarán expuestas a diferentes niveles de desenfoque. Con respecto a la figura 19 y figura 20A-C, las referencias a las líneas A-A, B-B y C-C se relacionan con las líneas correspondientes que se muestran en las figuras anteriores (véase la figura 13 y figura 17).

En las realizaciones de la presente divulgación mostradas en las figuras, todas las lentes tienen al menos un meridiano de potencia de adición máxima, al menos un meridiano de potencia base, y al menos un meridiano de potencia de adición intermedia entre los meridianos de potencia de adición máxima y los meridianos de potencia base. En otras realizaciones, es posible que la lente no tenga un meridiano de potencia base.

En las realizaciones de la presente divulgación descritas anteriormente, las regiones de potencia de adición máxima coinciden con una línea a lo largo de $\theta=0^\circ$ y las regiones de potencia de adición cero coinciden con una línea a lo largo de $\theta=90^\circ$. La potencia de adición varía de forma sinusoidal continua, como se muestra en la figura 20B, y por lo tanto tiene valores intermedios entre las líneas A-A y B-B. En otras realizaciones, la potencia de adición puede variar con θ de manera gradual, tal como se muestra en la figura 20A, o como una función de diente de sierra, tal como se muestra en la figura 20C.

El período de variación de la potencia de adición también puede variar, por ejemplo, los máximos en la potencia de adición pueden ocurrir cada 45° , cada 30° o cada 20° , correspondientes a diferentes valores enteros de n en las figuras 20A-C. Las figuras 21A-D muestran patrones borrosos producidos en una superficie focal distal por rayos de luz desde una fuente puntual distante que intersecan una lente y que pasan a través de la región anular para lentes de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación. La figura 21A muestra el patrón de desenfoque para una lente que tiene una potencia de adición máxima cada 180 grados. La figura 21B muestra el patrón de desenfoque para una lente que tiene una potencia de adición máxima cada 60° . La figura 21C muestra el patrón de desenfoque para una lente que tiene un meridiano de potencia de adición máxima que abarca 180° . El resto de la región anular tiene la potencia base, y los meridianos de potencia de adición intermedia estrechos suavizan el límite entre el meridiano de potencia de adición máxima y la región de potencia base. La figura 21D muestra el patrón de desenfoque para una lente que tiene un meridiano de potencia de adición máxima cada 90° .

En las realizaciones de la presente divulgación descritas anteriormente, cuando están presentes una pluralidad de meridianos de potencia de adición máxima, ocurren a intervalos regulares alrededor de la circunferencia de la región anular. En otras realizaciones, los meridianos de potencia de adición máxima pueden estar espaciados irregularmente alrededor de la circunferencia de la lente. Cada uno de la pluralidad de meridianos de potencia de adición máxima puede tener una potencia diferente, tal como se muestra en las figuras 22A. Tal como se muestra en la figura 22B, los meridianos de potencia de adición máxima pueden tener perfiles de potencia asimétricos.

Las realizaciones de la presente divulgación también proporcionan una lente de contacto para su uso para prevenir o retardar el desarrollo o progresión de la miopía. La lente incluye una zona óptica que comprende una región central, teniendo la región central un primer eje óptico y una potencia base que enfoca la luz hacia un punto focal que está en el primer eje óptico. La lente incluye una región anular, en donde la región anular rodea la región central y comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que proporciona una potencia de adición máxima y enfoca la luz a una pluralidad de puntos focales que están a una primera distancia del primer eje óptico. La lente incluye al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima que enfoca la luz a una pluralidad de puntos focales que están a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia.

Si bien en la descripción anterior, se mencionan elementos esenciales o elementos que tienen equivalentes obvios o previsibles conocidos, y dichos equivalentes se incorporan en el presente documento como si se mencionasen individualmente. Se debe hacer referencia a las reivindicaciones para determinar el verdadero alcance de la presente divulgación, que debe interpretarse de manera que abarque cualquiera de dichos equivalentes. El lector también apreciará que las entidades o características de la invención que se describen como ventajosas, convenientes o similares son opcionales y no limitan el alcance de las reivindicaciones independientes. Además, debe entenderse que dichas entidades o características opcionales, aunque puedan ser beneficiosas en algunas realizaciones de la invención, pueden no ser deseables y, por lo tanto, pueden estar ausentes en otras realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una lente de contacto (201, 301, 401, 501, 601, 701, 901) para su uso para prevenir o retardar el desarrollo o la progresión de la miopía, incluyendo la lente una zona óptica (202) que comprende:

una región central, teniendo la región central (205, 305, 405, 505, 605, 705, 905) un primer eje óptico y una curvatura que proporciona una potencia base y centrada en un centro de curvatura que está en el primer eje óptico (219, 719); y

una región anular, en donde la región anular (203, 303, 403, 503, 603, 703, 903) rodea la región central, está inclinada con respecto a la región central, y comprende:

al menos un meridiano de potencia de adición máxima (203a, 403a, 503a, 903a), que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y está centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del primer eje óptico; y

al menos un meridiano de potencia de adición intermedia (203c, 403c, 503c, 603c, 903b) que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia, en donde la potencia de adición de la región anular varía continuamente entre el al menos un meridiano de potencia de adición máxima y el al menos un meridiano de potencia de adición intermedia.

2. La lente de contacto de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la región anular comprende además al menos un meridiano de potencia base (203b, 403b), teniendo la curvatura que proporciona la potencia base y centrada en el centro de curvatura de la región central.

3. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde las curvaturas que proporcionan la potencia base, la potencia de adición máxima y la potencia de adición intermedia son curvaturas de la superficie anterior de la lente.

4. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la región anular está inclinada con respecto a la región central de manera que la lente tiene una potencia sagital, es decir, basada en la pendiente en el punto medio del al menos un meridiano de potencia de adición máxima que coincide con la potencia que tendría la región central si se extendiera hasta ese punto medio.

5. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la región anular comprende una disposición periódica de meridianos de potencia de adición máxima separados por meridianos de potencia de adición intermedia.

6. La lente de contacto de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la potencia de la región anular varía en forma sinusoidal, escalonada, triangular o de diente de sierra alrededor de la circunferencia de la región anular.

7. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la región central tiene una forma sustancialmente circular y tiene un diámetro de entre 2 y 7 mm.

8. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la región anular se extiende radialmente hacia afuera desde un perímetro de la región central de entre 0,5 y 1,5 mm.

9. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la potencia base está entre 0,5 y -15,0 dioptrías.

10. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el meridiano de potencia de adición máxima de la región anular tiene una potencia de adición de entre +0,5 y +10,0 dioptrías.

11. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende al menos dos regiones anulares concéntricas (303, 303', 503, 503'), en donde cada una de las regiones anulares comprende al menos un meridiano de potencia de adición máxima que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del eje óptico, y al menos un meridiano de potencia de adición intermedia que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia.

12. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la lente comprende un material elastómero, un material elastómero de silicona, un material de hidrogel, un material de hidrogel de silicona o mezclas de los mismos.

13. La lente de contacto de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la lente es una lente de contacto

moldeada.

14. Un método para fabricar una lente de contacto (201, 301, 401, 501, 601, 701, 901) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, comprendiendo el método:

5 formar una lente de contacto, en donde la lente incluye una zona óptica (202) que comprende:

una región central (205, 305, 405, 505, 605, 705, 905), teniendo la región central una potencia base; y
una región anular (203, 303, 403, 503, 603, 703, 903), en donde la región anular rodea la región central, está inclinada radialmente con respecto a la región central, y comprende:

10 al menos un meridiano de potencia de adición máxima (203a, 403a, 503a, 903a) que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición máxima y está centrada en un centro de curvatura que está a una primera distancia del primer eje óptico; y

15 al menos un meridiano de potencia de adición intermedia (203c, 403c, 503c, 603c, 903b) que tiene una curvatura que proporciona una potencia de adición intermedia de entre cero dioptrías de potencia de adición y la potencia de adición máxima y centrada en un centro de curvatura que está a una distancia diferente del eje óptico que la primera distancia, en donde la potencia de adición de la región anular varía continuamente entre el al menos un meridiano de potencia de adición máxima y el al menos un meridiano de potencia de adición intermedia.

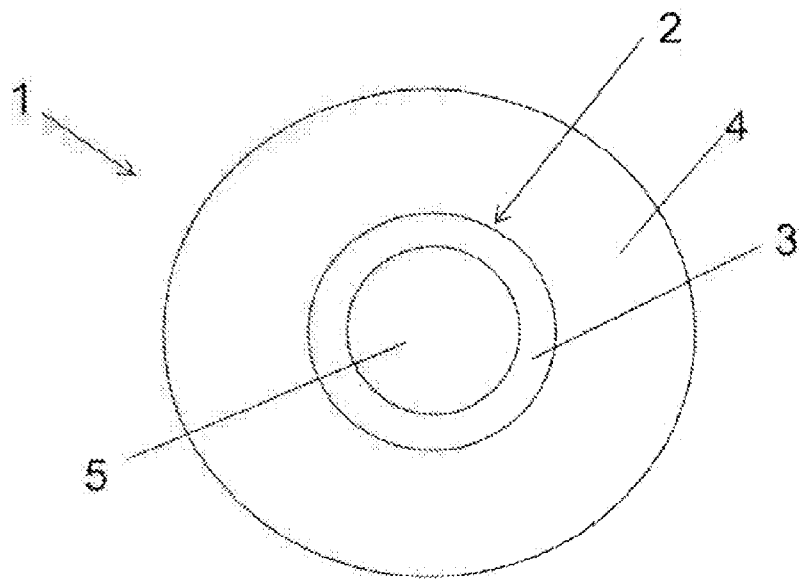


FIG. 1A

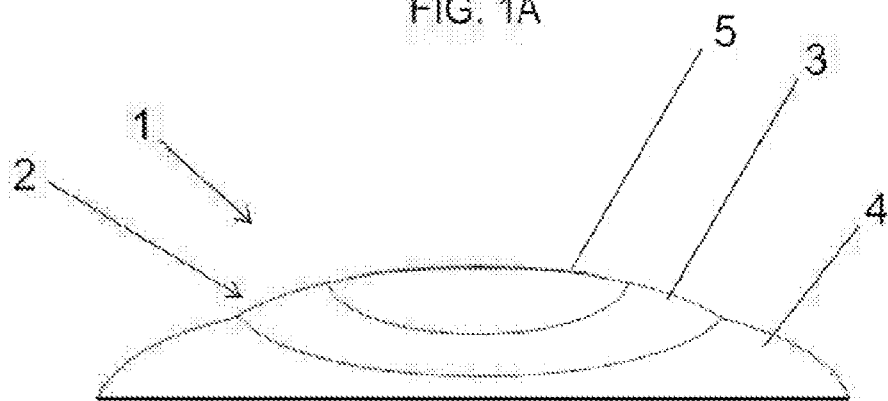
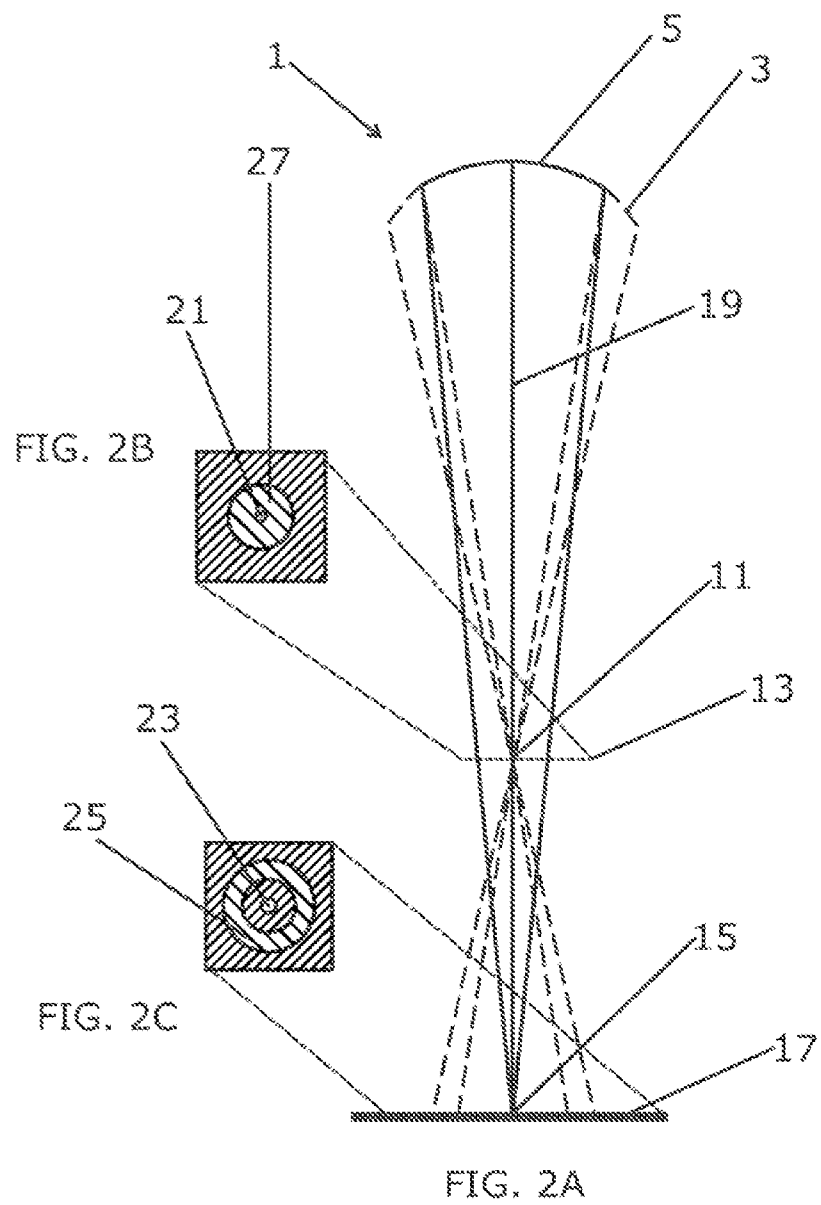


FIG. 1B



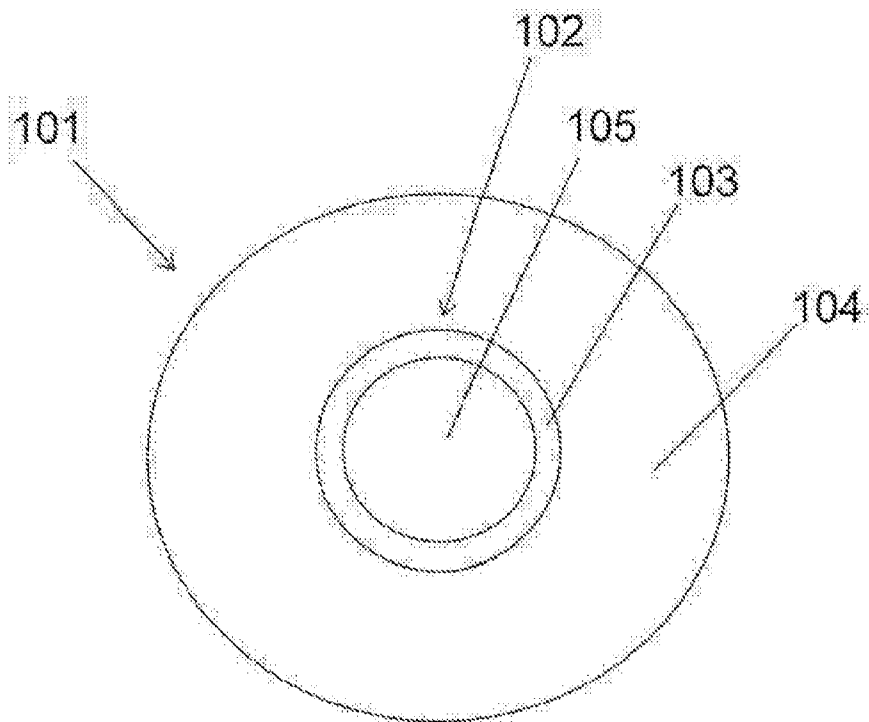


FIG. 3A

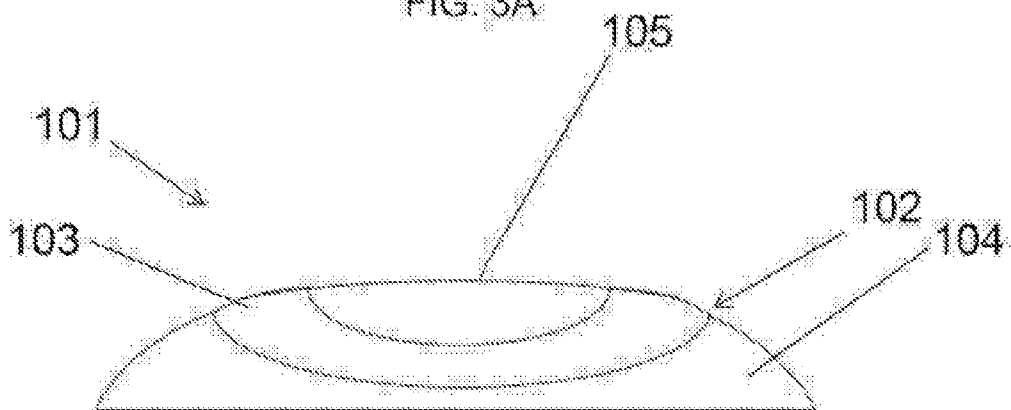
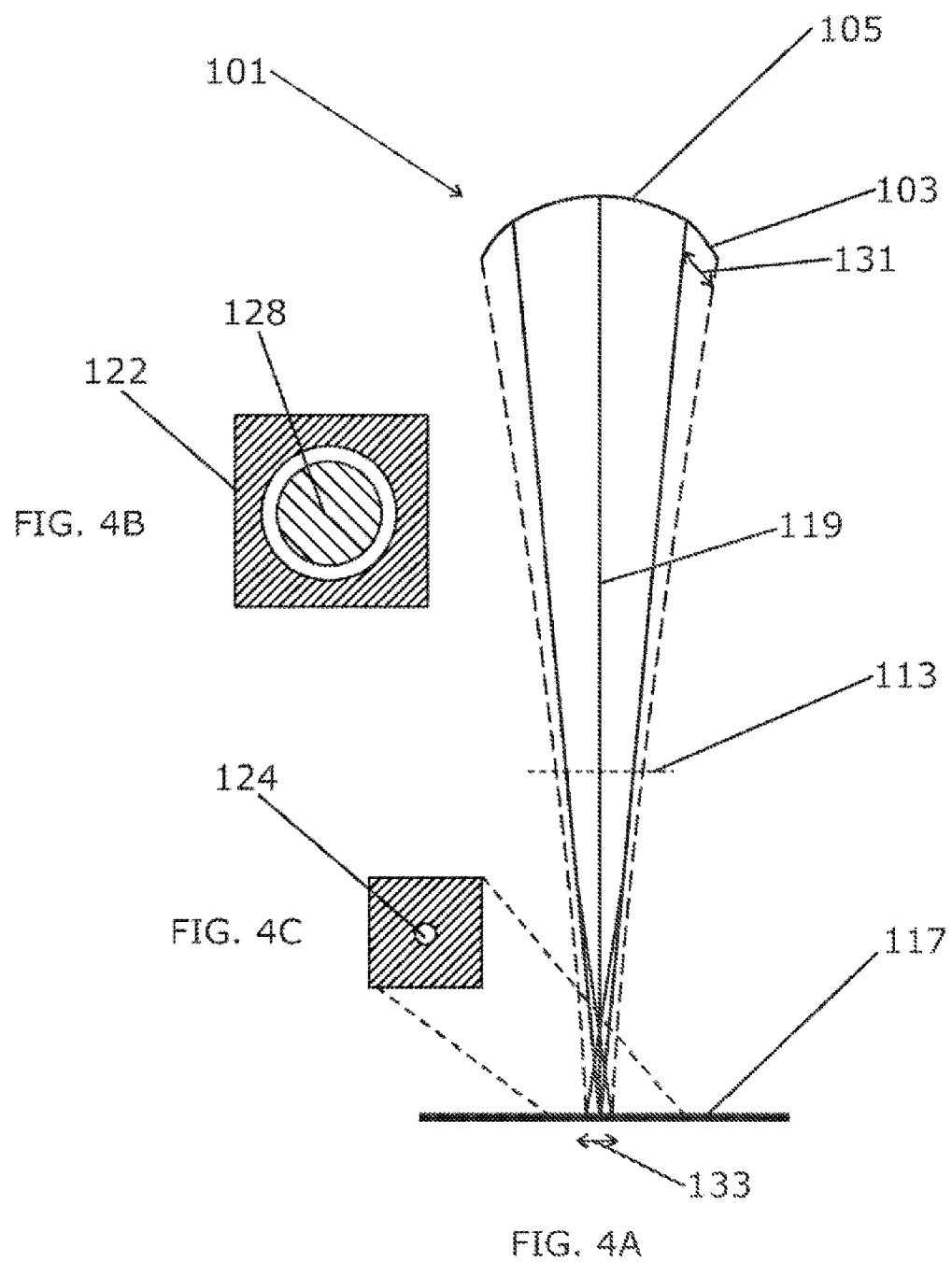


FIG. 3B



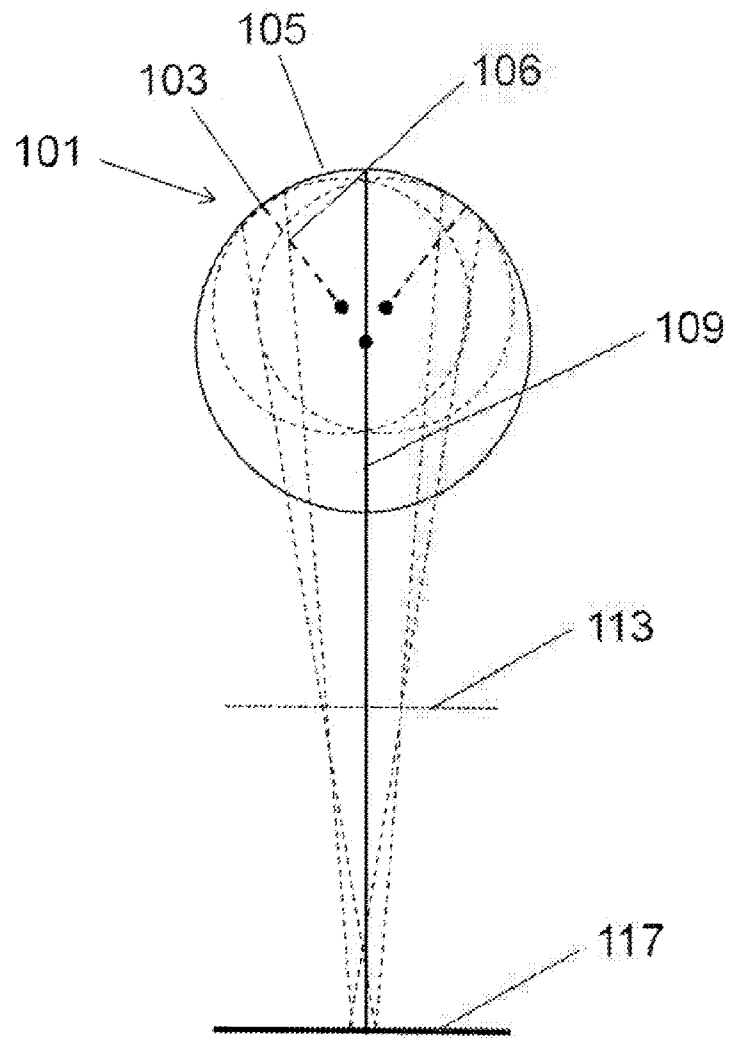


FIG. 4D

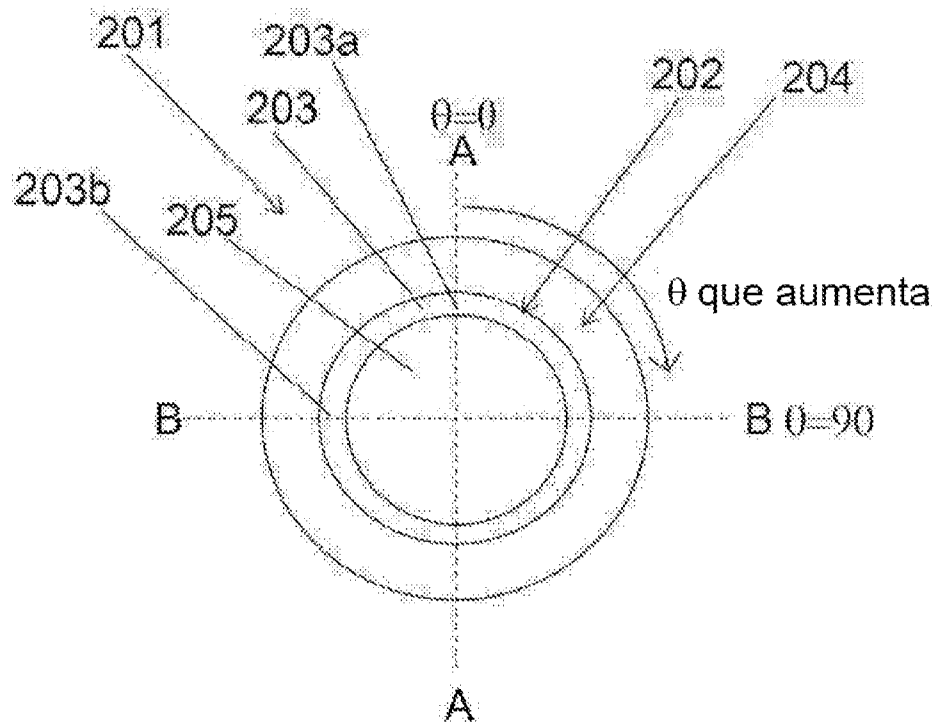


FIG. 5A

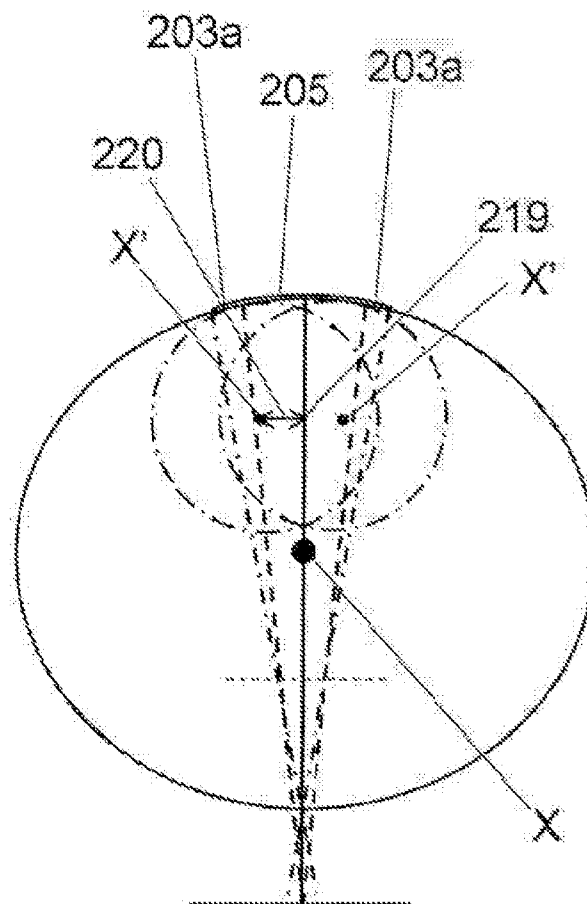


FIG. 5B

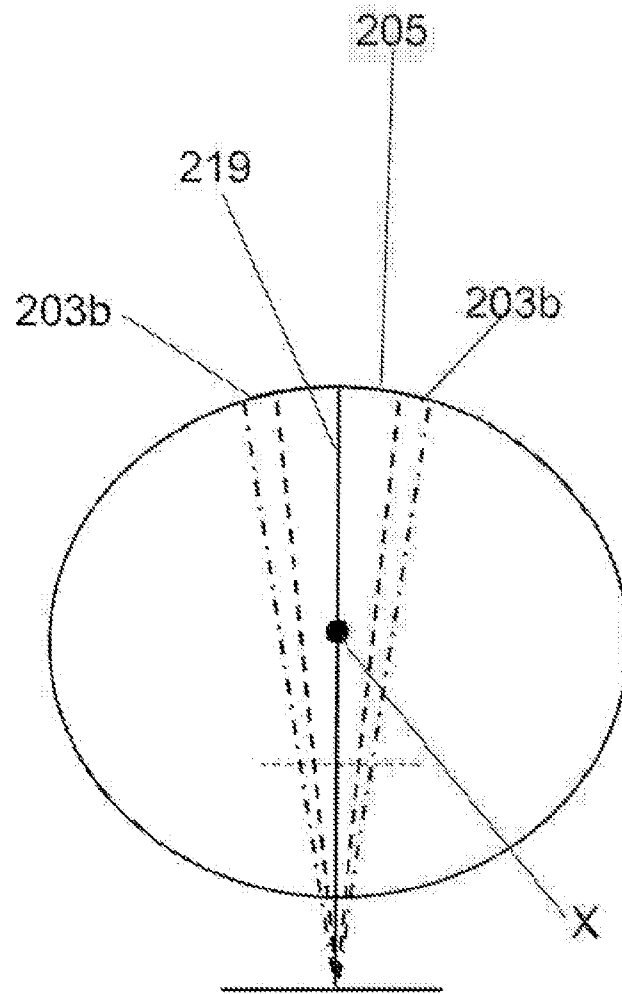


FIG. 5C

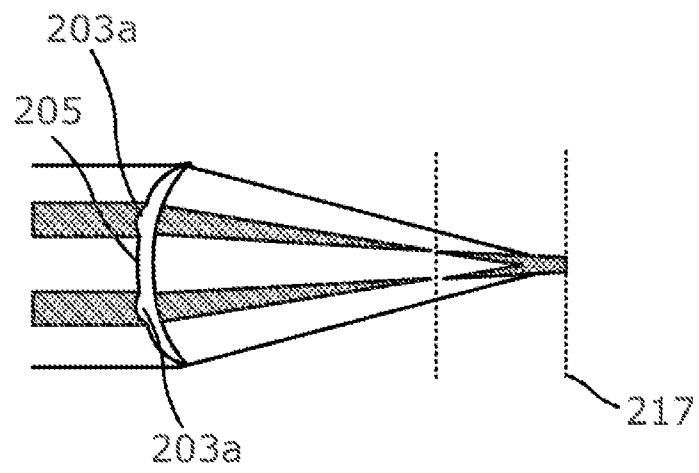


FIG. 6A

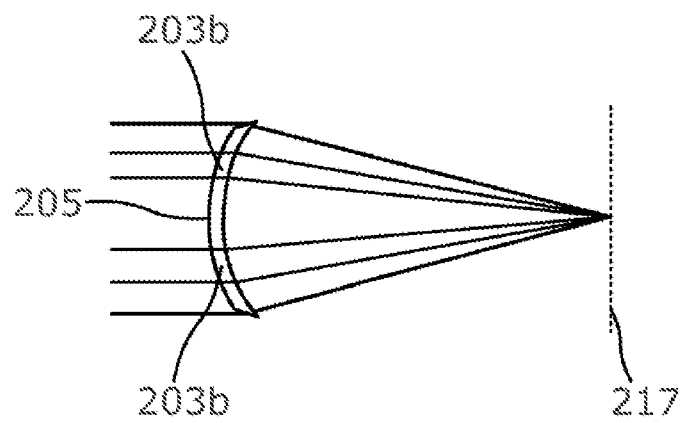
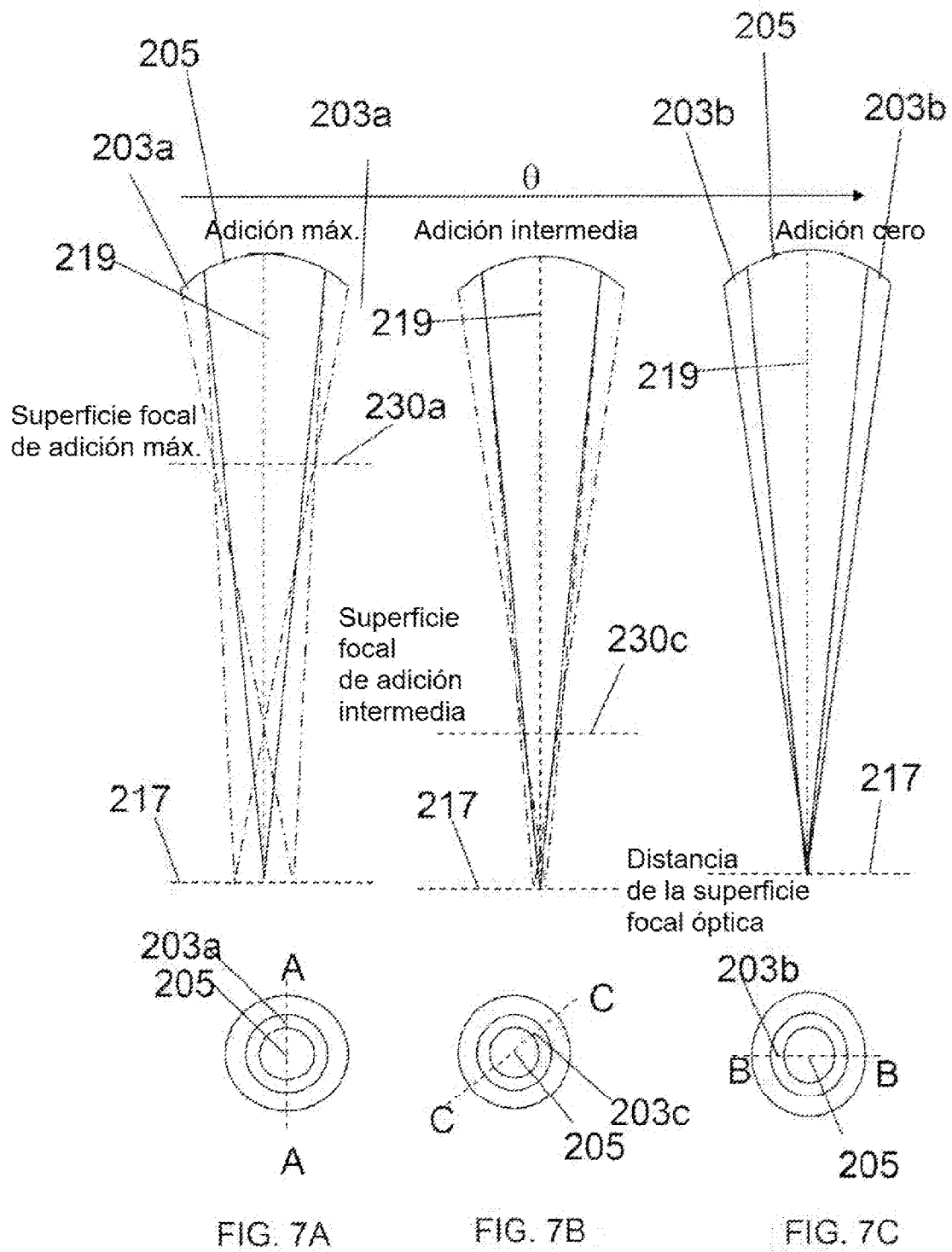


FIG. 6B



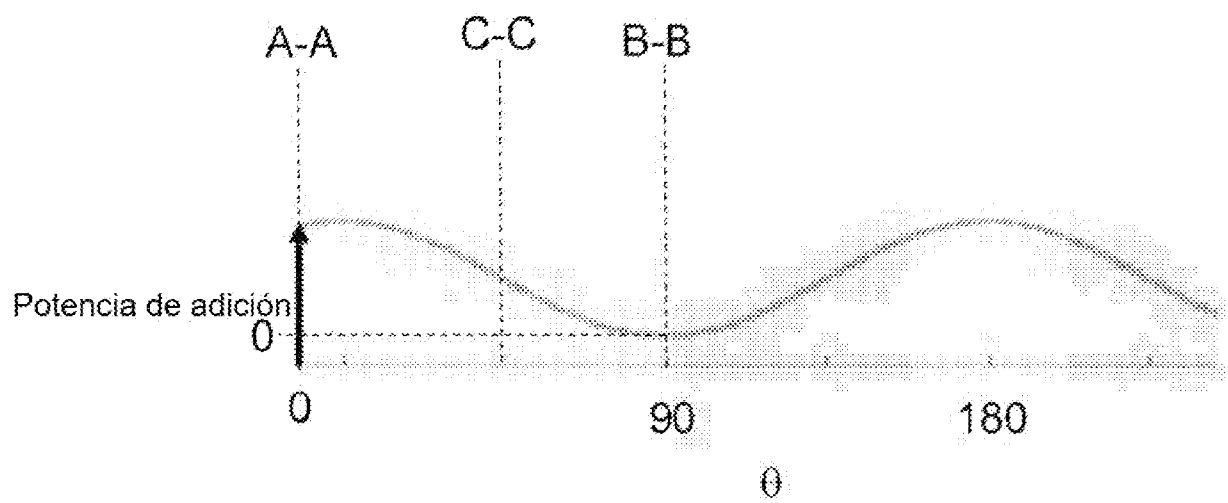


FIG. 8

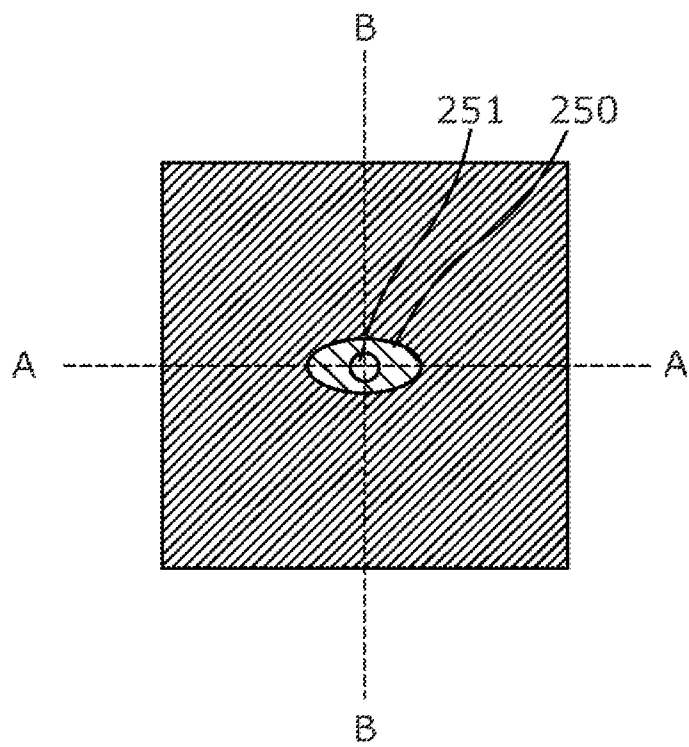


FIG. 9

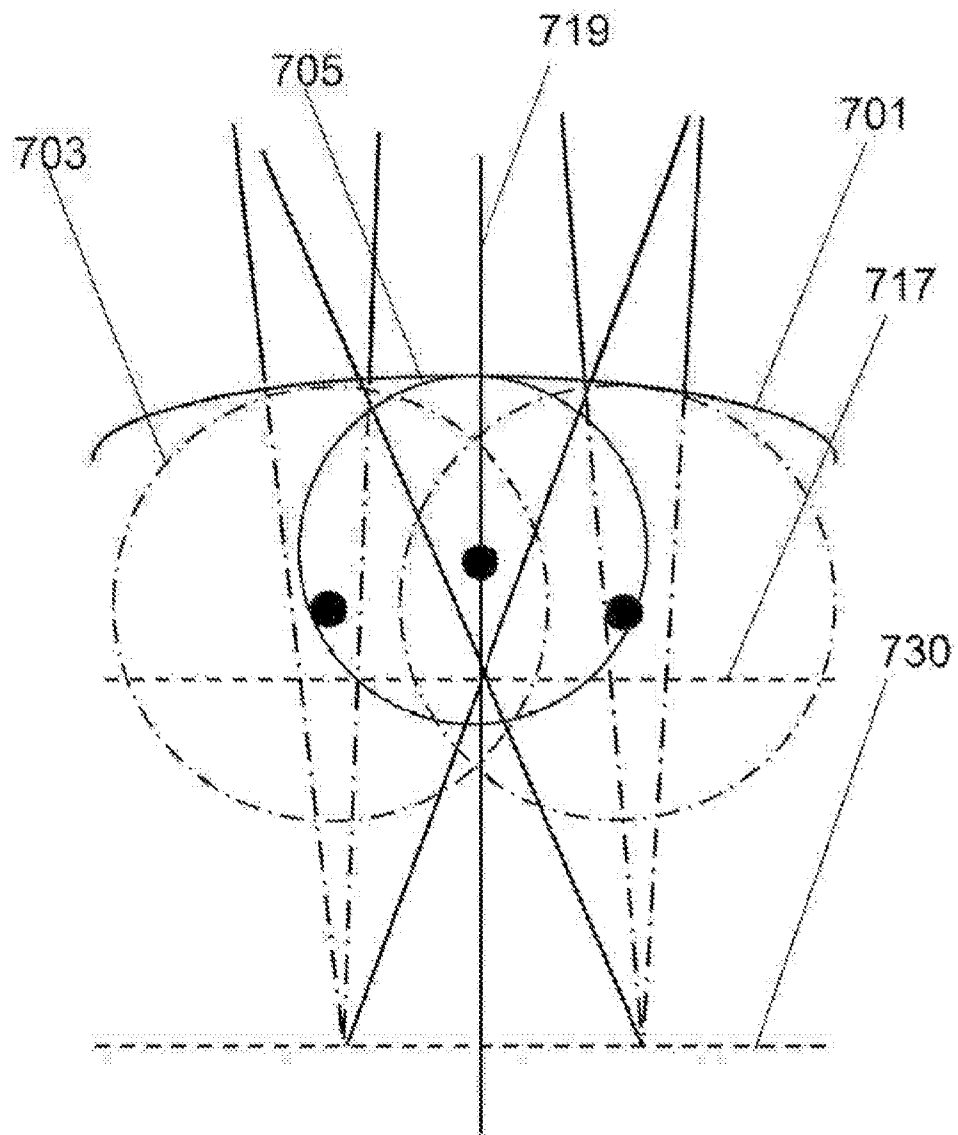


FIG. 10

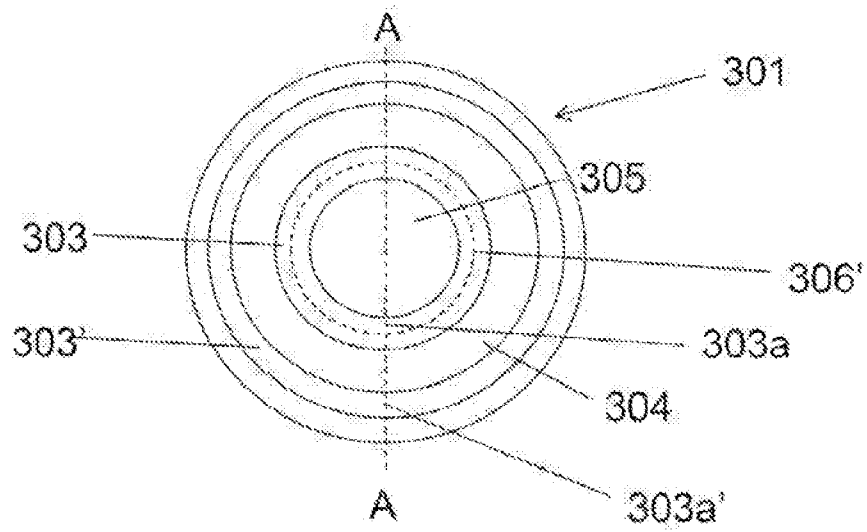


FIG. 11A

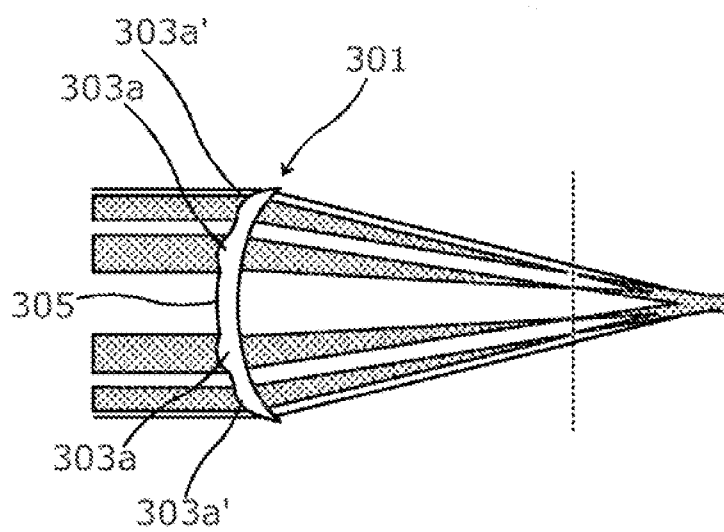


FIG. 11B

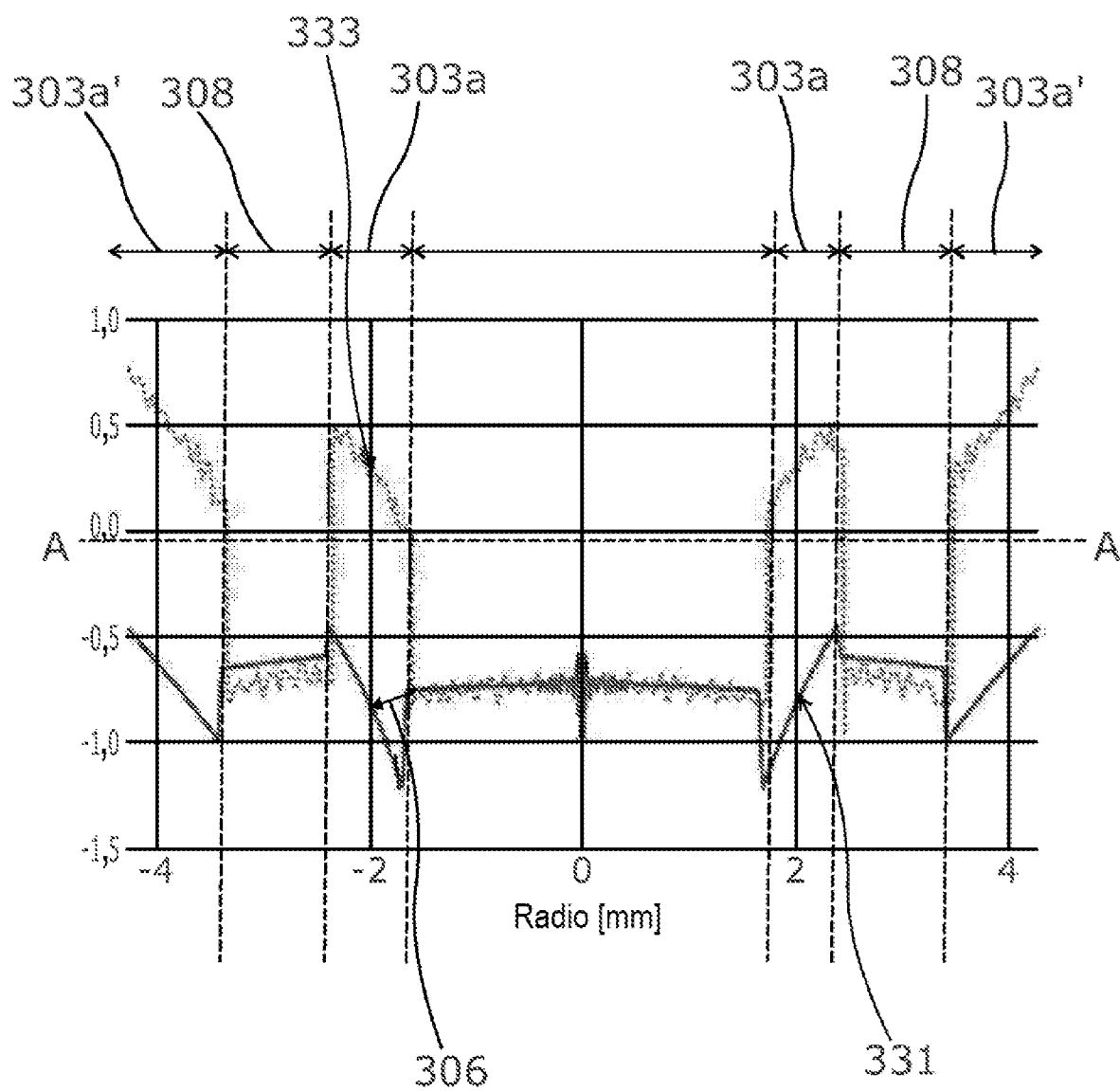


FIG. 12

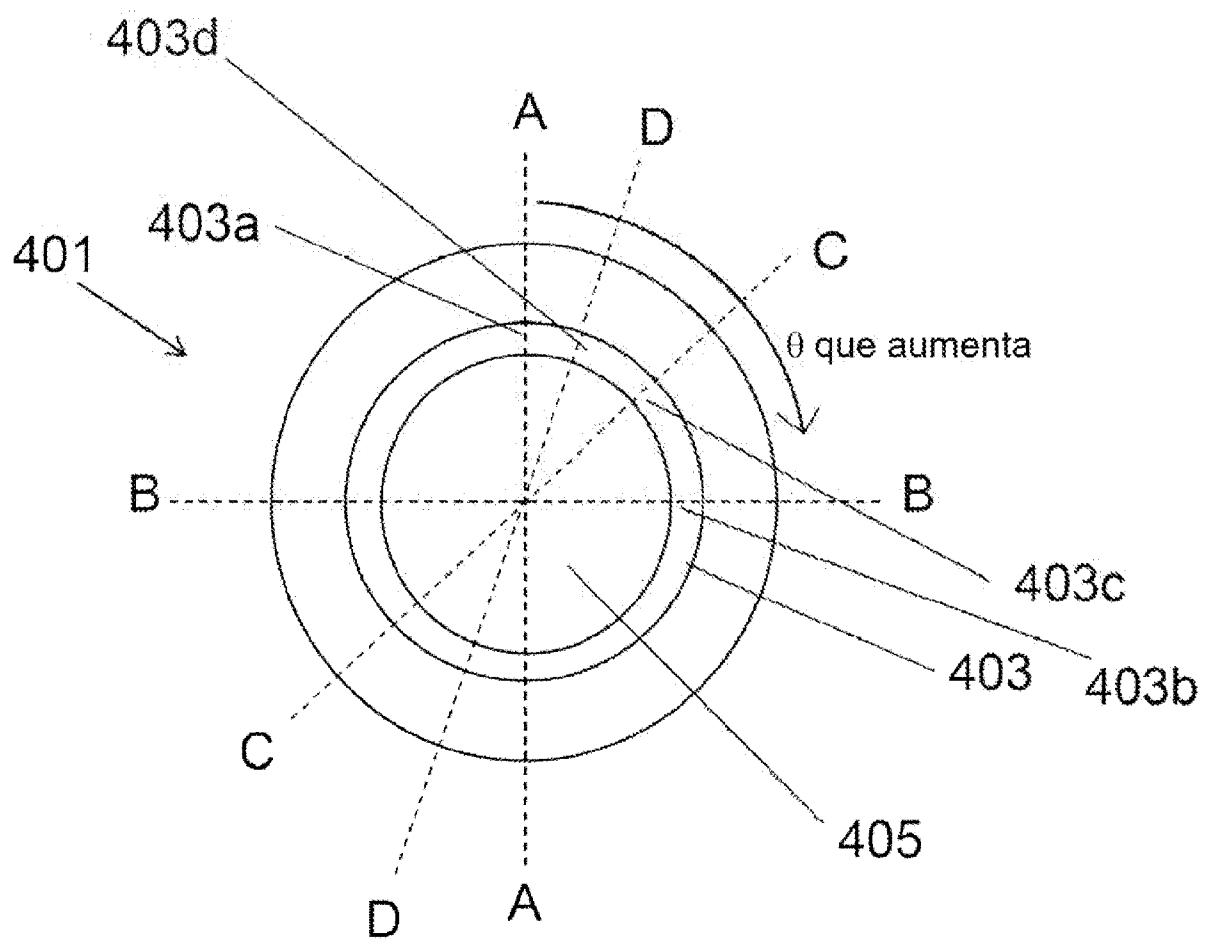


FIG. 13

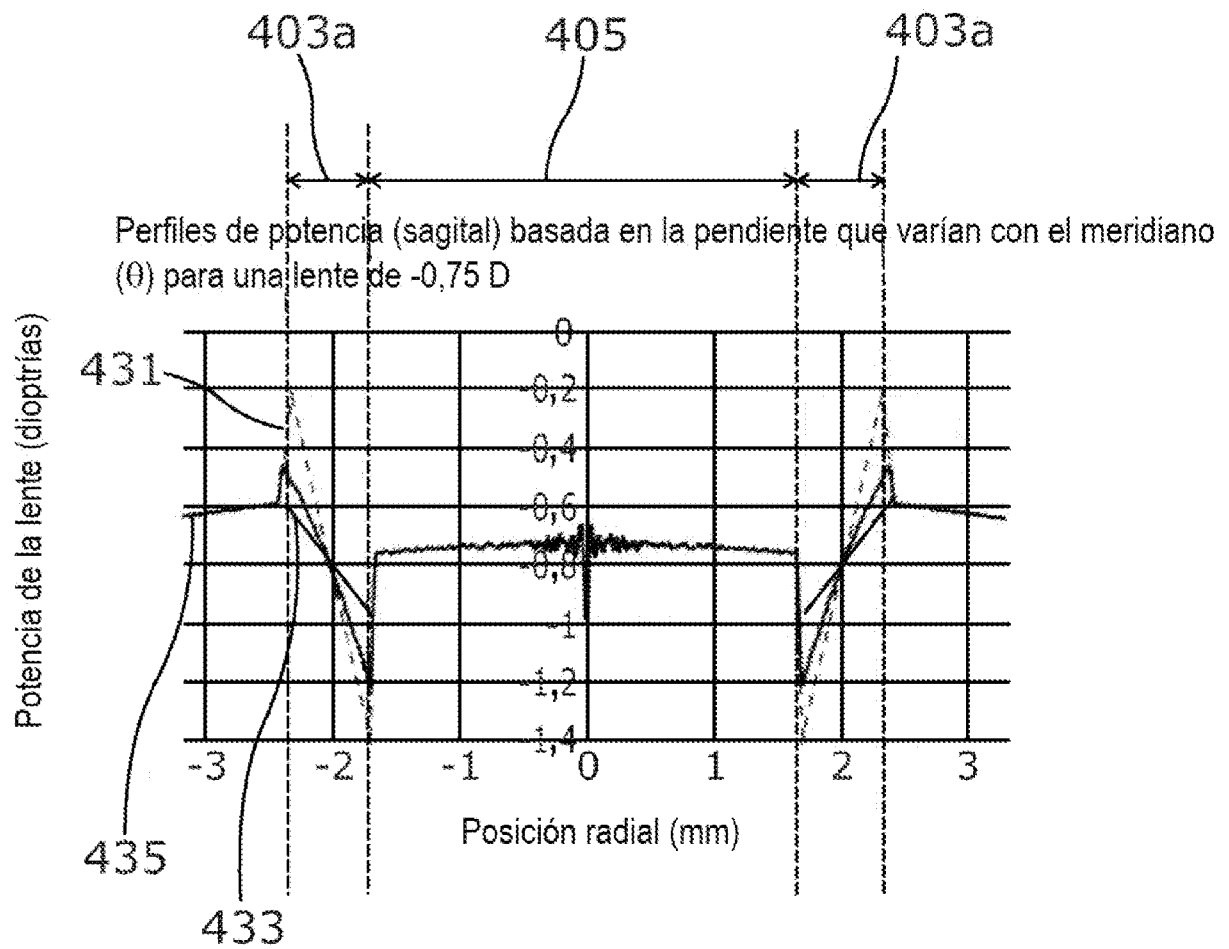


Figura 14

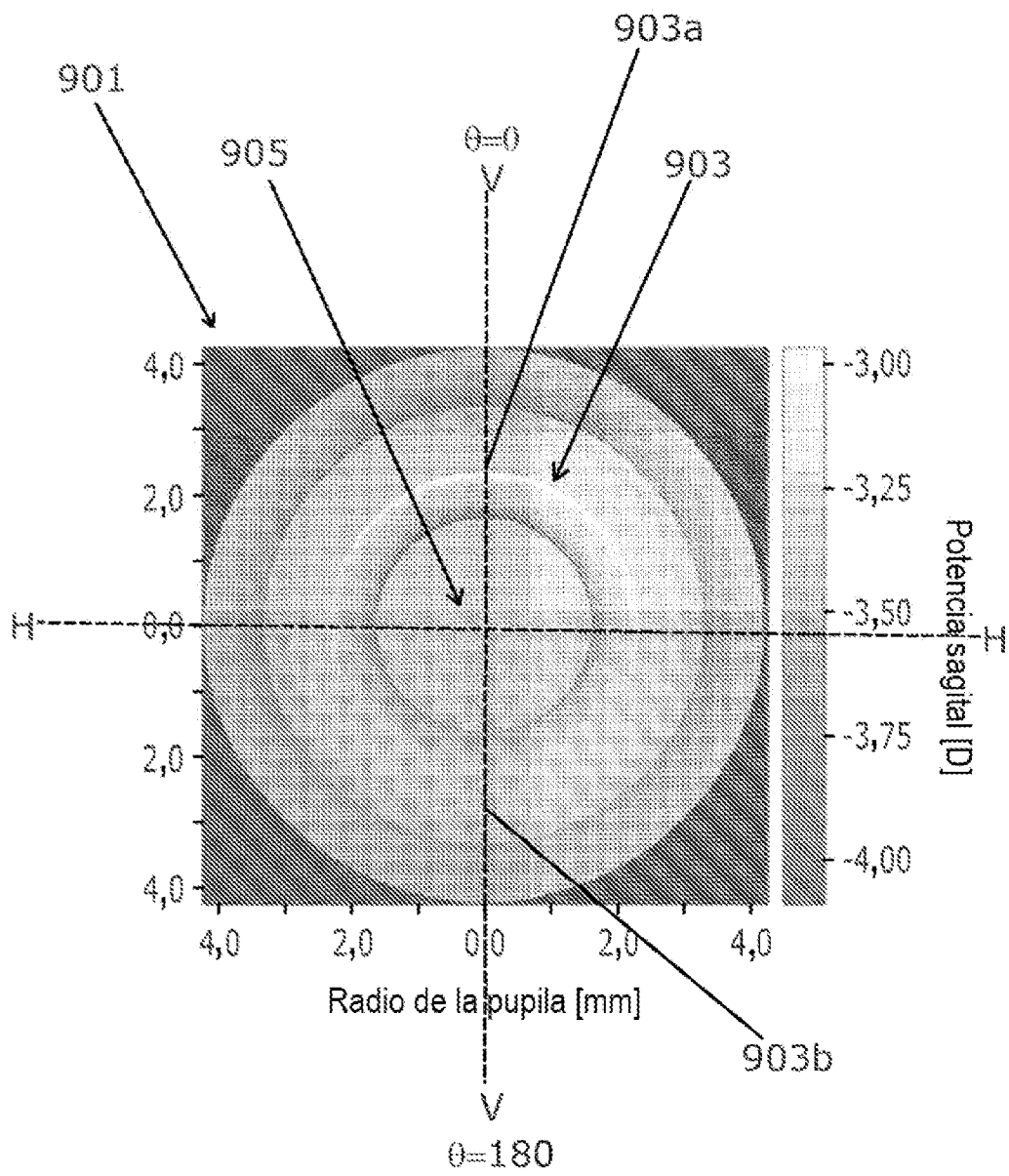


FIG. 15

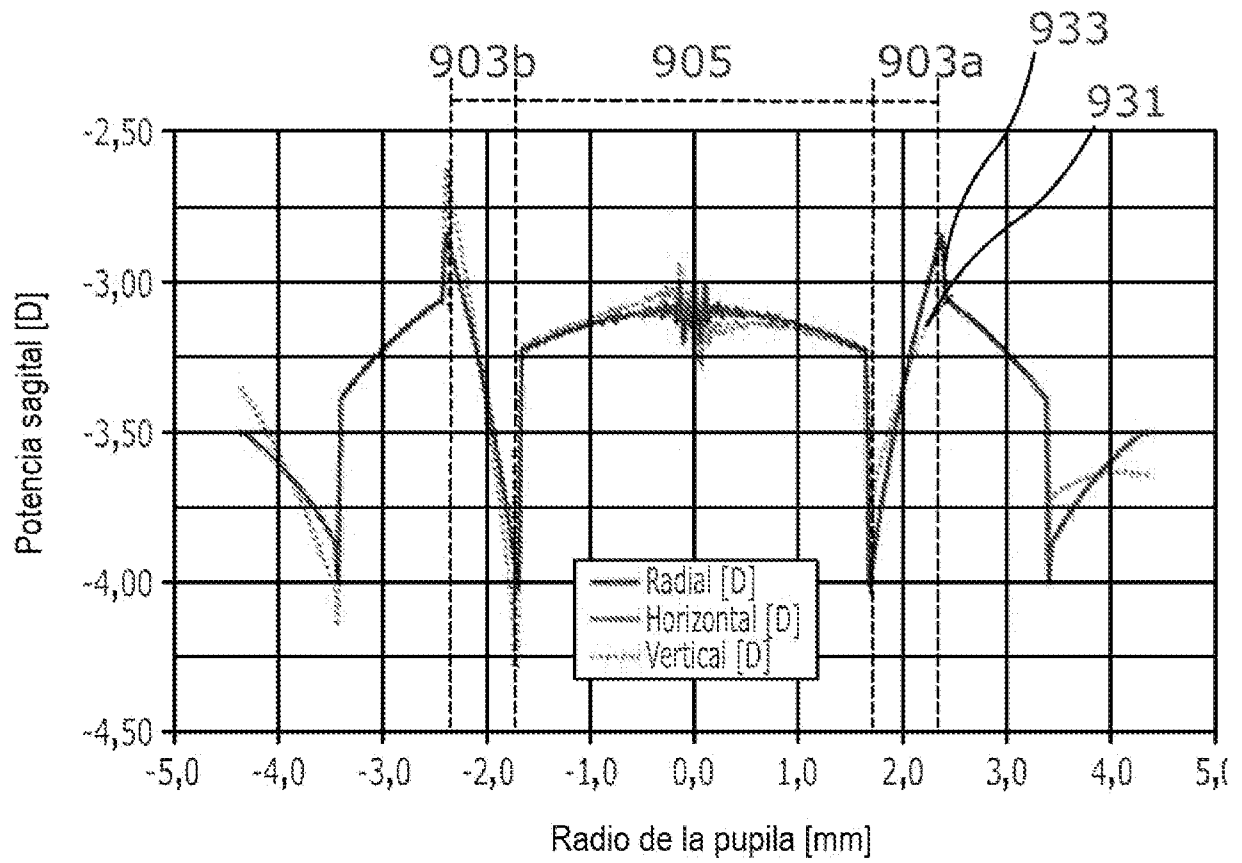


FIG. 16

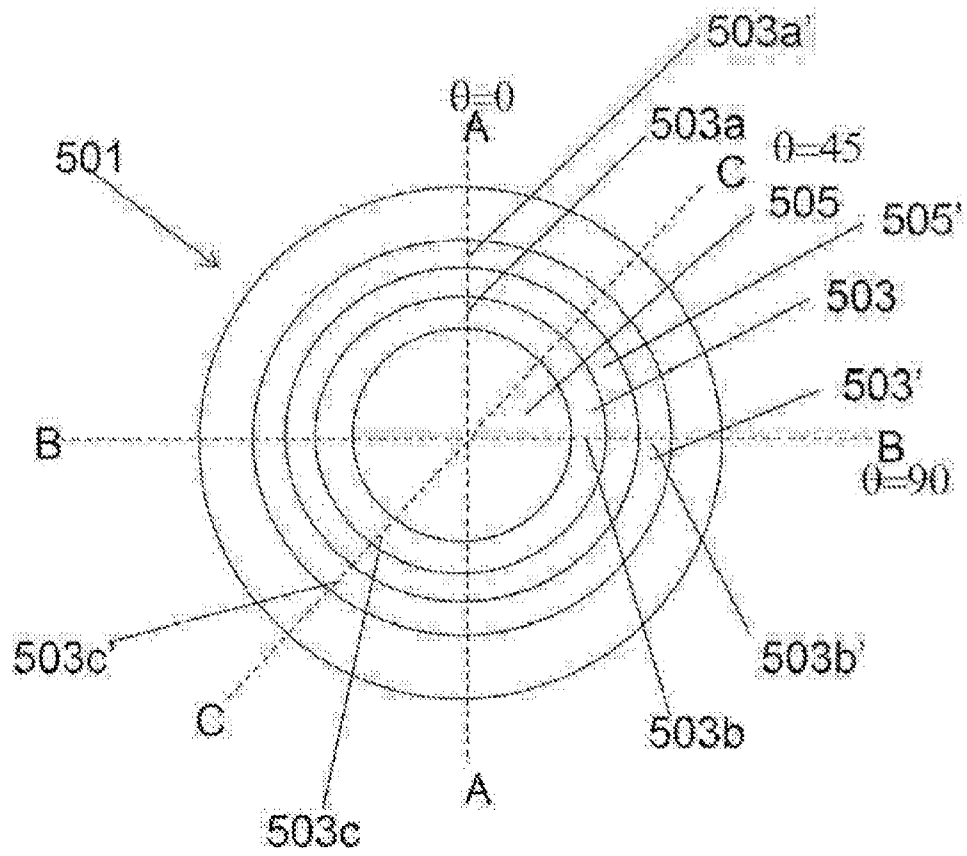


FIG. 17

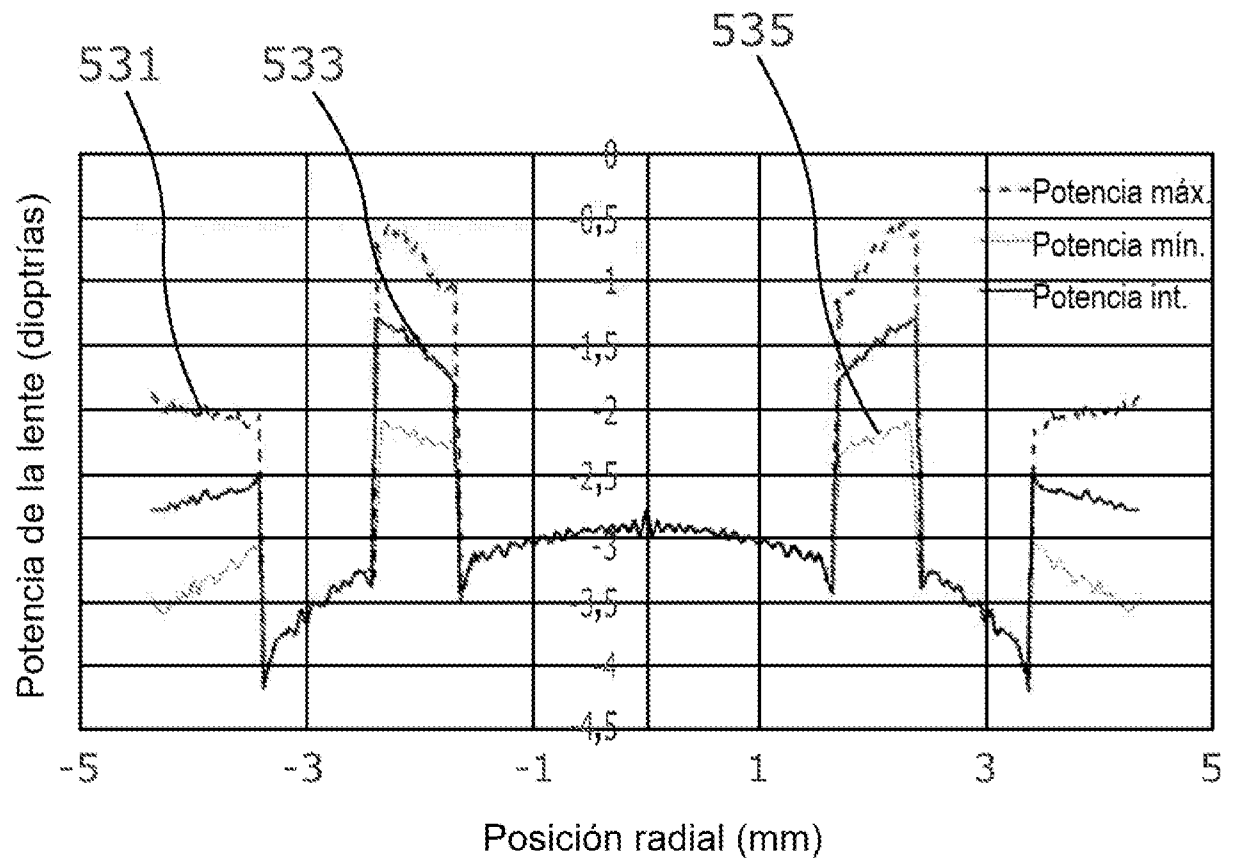


FIG. 18

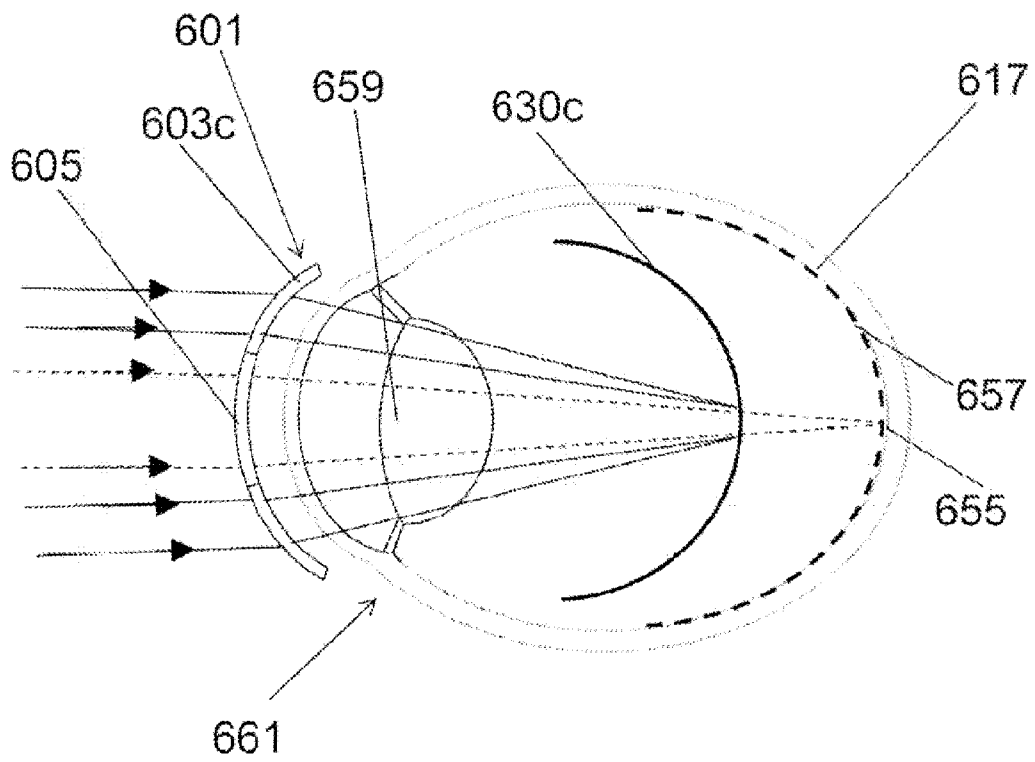
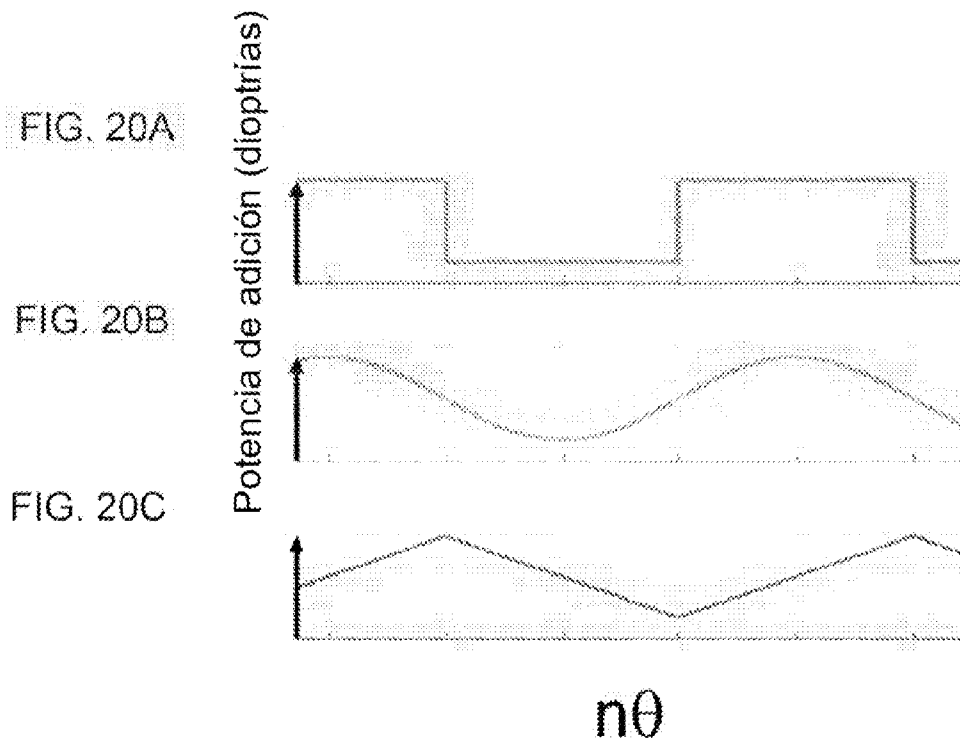


FIG. 19



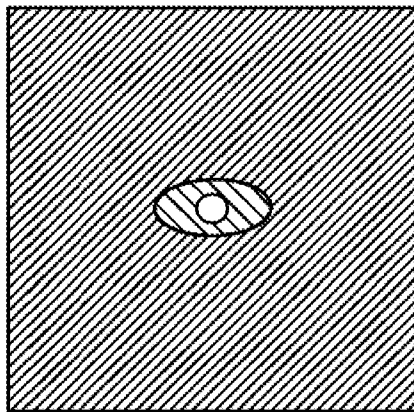


FIG 21A

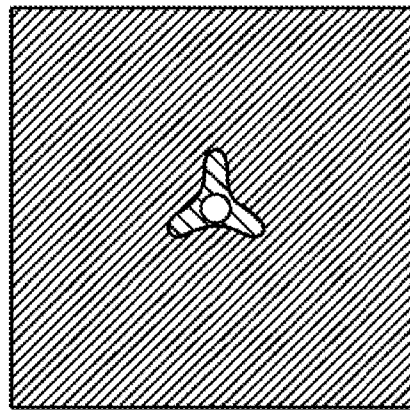


FIG 21B

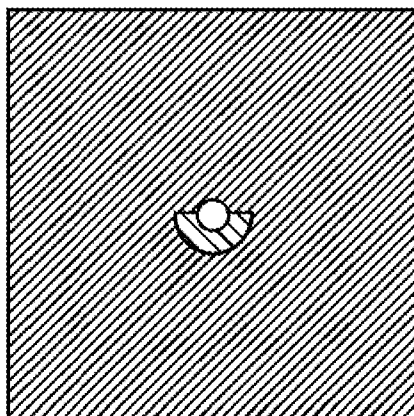


FIG 21C

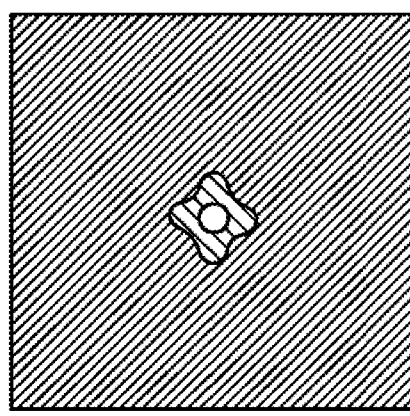


FIG 21D

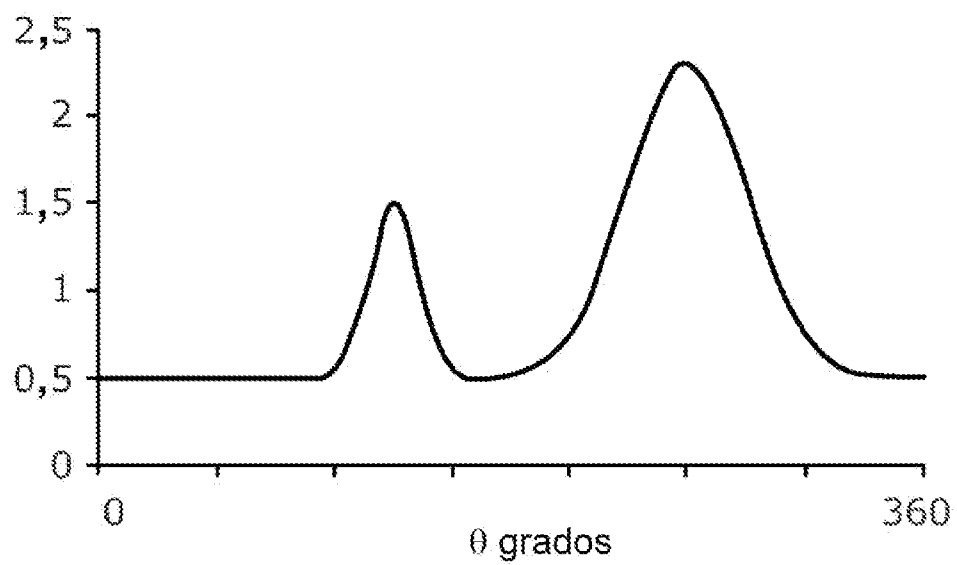


FIG 22A

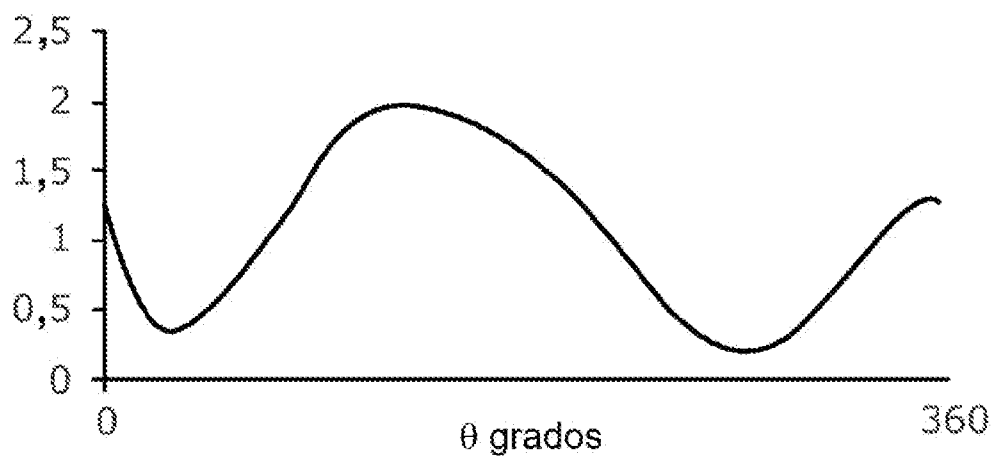


FIG 22B