

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 982**

51 Int. Cl.:
G02C 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03250266 .8**
96 Fecha de presentación: **16.01.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1331505**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.07.2003**

54 Título: **Lentes de contacto y método de diseño para lentes de contacto**

30 Prioridad:
23.01.2002 JP 2002013747

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.10.2012

73 Titular/es:
MENICON CO., LTD.
3-21-19, AOI, NAKA-KU
NAGOYA-SHI, AICHI-KEN 460-0006, JP

72 Inventor/es:
Suzaki, Asaki y
Kobayashi, Atsushi

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 387 982 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 y método de diseño para lentes de contacto

5 La presente solicitud se refiere a la descripción de la Solicitud de Patente Japonesa N° 2002-013747 presentada el 23 de enero de 2002 incluyendo la especificación, dibujos y resumen.

10 La presente invención se refiere en general a lentes de contacto, más particularmente a una lente de contacto de estructura novedosa que durante su uso sobre una córnea de un ojo es capaz de minimizar los cambios que puedan notarse tras el descentrado de un eje óptico de una zona óptica de la lente de contacto con respecto a un eje óptico del ojo y a las técnicas relacionadas con tal lente de contacto.

15 Convencionalmente, las lentes de contacto blandas y las lentes de contacto duras (de aquí en adelante denominadas colectivamente como "lentes de contacto") como las descritas en las Patentes Japonesas N° 2.859.092 y 2.913.191, se diseñaron en general teniendo en consideración solamente una unidad de lente, como en las lentes ópticas para su uso en otros dispositivos ópticos, tales como cámaras. Concretamente, las lentes de contacto se diseñaron en general dando forma a la superficie de la lente de acuerdo con un método de trazado de rayos de modo que se consiga un poder de refracción deseado en todo el espacio. Sin embargo, una lente de contacto se lleva sobre una cornea de un ojo y por lo tanto ya no es posible ignorar factores tales como el sistema óptico del ojo per se, el efecto de lente resultante de una capa de fluido lacrimonal formada entre la lente de contacto y la córnea durante su uso (efecto de lente del fluido lacrimonal) y otros similares. Por esta razón, se han señalado recientemente los límites del diseño óptico descrito anteriormente basado solamente en la unidad de lentes de contacto. Se propone un método para acometer este problema en la Patente Japonesa N° 3.022.640, en la que se crea un modelo matemático del sistema compuesto por un ojo humano y una lente preliminar y el sistema óptico del ojo se considera usando este modelo matemático para de ese modo minimizar la aberración de modo que dé forma a la superficie de la lente con unas características ópticas mejoradas.

20

25

30 Sin embargo, independientemente de que el sistema óptico del ojo esté considerado o no, los métodos de diseño de lentes de contacto convencionales descritos en las Patentes Japonesas N° 2.859.092, 2.913.191 y 3.022.640 simplemente se requieren para optimizar las características ópticas en un eje óptico de la lente de contacto. En este sentido, una extensa investigación realizada por los presentes inventores, así como numerosos estudios y ensayos clínicos basados en ella han revelado que la presunción en el diseño de lentes que enfatiza las características ópticas sobre el eje óptico de la lente de contacto es en sí mismo elevadamente problemático, y que las lentes de contacto consideradas óptimas bajo métodos convencionales de diseño de lentes de contacto pueden en la práctica fracasar al proporcionar una óptima corrección de la visión de los usuarios de las lentes.

35

40 Las principales razones por las que la optimización de las características ópticas en el eje óptico de la lente de contacto (es decir, un eje central óptico de una zona óptica de la lente de contacto, de aquí en adelante denominado como un "eje óptico de la lente") no corrige necesariamente de modo óptimo la visión durante el uso de la lente de contacto, se dan en (1)-(3) a continuación en el presente documento:

45 (1) En primer lugar, una lente de contacto usada sobre una córnea tiende normalmente a reposar sobre la parte inferior del lado del oído de la córnea debido a los efectos de la gravedad, de la presión entre el fluido lacrimonal y la lente, de una curvatura de la superficie de la corona no uniforme y otros similares. Como resultado, la lente de contacto se lleva sobre la córnea en una posición en la que el eje óptico de lente de la lente de contacto, que se fija en un eje central geométrico de la lente de contacto, se desplaza respecto a un eje óptico que pasa a través de la pupila (de aquí en adelante denominado como una "línea central de la pupila").

50 (2) En segundo lugar, una lente de contacto se diseña para moverse apropiadamente sobre la córnea durante el parpadeo con la finalidad de intercambiar el fluido lacrimonal y otros similares y en consecuencia el eje óptico de la lente no se mantiene en alineación con la línea central de la pupila durante tales frecuentes movimientos.

55 (3) En tercer lugar, la visión humana está afectada significativamente no sólo por la acuosidad en el punto de fijación sobre la línea central de la pupila, sino también por la acuosidad en las localizaciones periféricas separadas de la línea central de la pupila (de aquí en adelante denominadas como "visión periférica"). Por lo tanto, la cirugía correctiva de la córnea realizada con el objetivo de eliminar la aberración en las imágenes sobre la línea central de la pupila, por ejemplo, puede producir posiblemente una aberración adicional fuera de la línea central de la pupila, que en cambio y se incrementa debido a la falta de aberración de la línea central de la pupila, dando como resultado efectos adversos tales como una pobre visión y dolores de cabeza.

60

65 En los últimos años, por otro lado, se ha propuesto también dar una forma esférica a las superficies posteriores de las lentes de contacto, con la finalidad de tener la forma de la superficie posterior de la lente de contacto adaptaba a la forma de la córnea, así como proporcionar un intercambio del fluido ocular de modo que mejore el confort de uso de las lentes de contacto. Extensivos estudios de las lentes esféricas de esta clase por los presentes inventores han revelado que cuando se diseña la superficie frontal de una lente usando métodos convencionales de diseño de

lentes que optimizan las características ópticas sobre el eje óptico de la lente como se ha descrito anteriormente, la aberración en el campo visual separado del eje del óptico de la lente tiende a incrementarse más. En consecuencia, cuando las lentes de contacto llegan a reposar típicamente en posiciones con los ejes ópticos de la lente desplazados respecto a las líneas centrales de la pupila como se ha descrito anteriormente, las lentes que se han diseñado óptimamente de acuerdo con métodos convencionales de diseño de lentes tienden a producir problemas tales como una visión significativamente dañada en el transcurso del uso real.

Es por lo tanto un objetivo de esta invención proporcionar una lente de contacto de estructura novedosa que sea capaz de asegurar un confort de uso excelente por medio de una superficie posterior de la lente de forma esférica diseñada considerando una forma de una córnea y que sea capaz también de mostrar unas características ópticas excelentes incluso cuando la línea central de la pupila está descentrada con respecto al eje óptico de la lente, asegurando de ese modo consistentemente una buena visión.

Es otro objetivo de esta invención proporcionar un método de diseño novedoso para producir tal lente de contacto.

La lente de contacto es de estructura novedosa y capaz de asegurar un confort de uso excepcional por medio de una superficie posterior de la lente de forma esférica diseñada en consideración a la forma de la córnea y capaz de mostrar unas características ópticas excelentes incluso cuando la línea central de la pupila está descentrada con respecto al eje óptico de la lente para asegurar de modo consistente una buena visión. Tales lentes de contacto se combinan en series de modo que se proporcionen apropiadamente a los consumidores que requieran esas lentes de contacto.

El anterior y/u otros objetivos se pueden alcanzar de acuerdo con el siguiente aspecto de la invención. Las formas preferidas siguientes de los aspectos respectivos de la invención se pueden adoptar en cualquier combinación de opciones posible. Se ha de entender que la presente invención no está limitada a las siguientes formas o combinaciones de estas formas, sino que por el contrario se pueden reconocer en base a las enseñanzas de la presente invención descritas en la especificación completa y sus dibujos o pueden ser reconocidas por los expertos en la materia a la luz de la descripción en la especificación completa y sus dibujos.

Un primer modo de la presente invención se refiere a un método de diseño de lente de contacto para el diseño de una lente de contacto cuyas características ópticas no cambien apreciablemente cuando la lente de contacto se desplaza sobre la córnea teniendo un poder de refracción que varíe desde -15,0 a +15,0 dioptrías en una zona óptica de la misma, comprendiendo las etapas de: diseño de una superficie posterior de dicha zona óptica como una superficie cónica que tiene un coeficiente de conicidad que varía desde -0,04 a -0,49 en consideración a una forma de la superficie de la córnea; y diseño de una superficie frontal de dicha zona óptica como una superficie cónica a la vista de la superficie posterior diseñada de modo que un coeficiente de conicidad de dicha superficie frontal se seleccione entre un intervalo de -0,02 a -0,50 de modo que se optimicen las características ópticas de dicha lente de contacto determinadas por un método de evaluación de las características ópticas seleccionado de entre un grupo que consiste en una aberración de onda interrelacionada, PSF, MTF y un valor numérico para la resolución en consideración al sistema óptico de un ojo cuando dicha lente de contacto está situada en una posición de reposo durante el uso en la que un eje óptico de dicha zona óptica está descentrado con respecto a un eje óptico de dicho ojo en una cantidad predeterminada; en la que dicha superficie cónica sobre dicha superficie frontal de dicha zona óptica se determina para que tenga un coeficiente de conicidad que sea de 0,4 a 1,6 veces dicho coeficiente de conicidad de la superficie cónica de la superficie posterior de la zona óptica y dicho eje óptico de dicha zona óptica está descentrado en 5 a 10° con respecto a un eje óptico de dicho ojo.

La lente de contacto diseñada con una estructura de acuerdo con este modo de la invención, se proporciona con una superficie posterior esférica de la zona óptica, reduciendo o eliminando de ese modo la compresión localizada de la córnea, así como permitiendo un movimiento apropiado de la lente de contacto sobre la córnea, proporcionando así ventajosamente oxígeno a la córnea a través del intercambio de fluido lacrimonal, proporcionando de ese modo un confort de uso superior. También, la lente de contacto de este modo de la invención se proporciona adicionalmente con la superficie frontal de la zona óptica esférica, asegurando de ese modo, de modo consistente con facilidad una buena visión, incluso si la línea central de la pupila está descentrada con respecto al eje óptico de la lente o se cambia la línea central de la pupila por desplazamiento respecto al eje óptico de la lente.

La lente de contacto de acuerdo con el presente modo de la invención tiene un coeficiente de conicidad de la superficie cónica sobre la superficie frontal de la zona óptica que es 0,4 a 1,6 veces el coeficiente de conicidad de la superficie cónica de la superficie posterior de la zona óptica. Esta disposición permite a la lente de contacto conseguir un buen confort de uso y las características ópticas requeridas dentro del intervalo de descentrado predicho normalmente que tiene lugar típicamente en el ojo humano durante el uso de la lente de contacto.

Concretamente, la lente de contacto diseñada con una estructura de acuerdo con este modo de la invención emplea una combinación de la superficie posterior de la lente que es de superficie cónica que tiene un coeficiente de conicidad en la zona óptica de -0,04 a -0,49 y una superficie frontal de la lente que es una superficie cónica que tiene un coeficiente de conicidad de -0,02 a -0,50, por lo que se puede conseguir simultáneamente un buen confort de uso así como una excelente visión. En particular, la lente de contacto de este modo de la invención permite una

forma de lente deseada que hace posible conseguir las características ópticas requeridas determinadas teniendo en cuenta el descentrado estimado del eje óptico de la lente y de la línea central de la pupila durante el uso, y el sistema óptico del ojo.

5 Se selecciona un intervalo de dioptrías de -15,0 a +15,0 para el poder de refracción en la zona óptica en esta realización debido a que este intervalo de poder de refracción es un intervalo práctico requerido típicamente en la práctica real y también debido a que fuera de este intervalo, particularmente donde el poder óptico de la lente es adicional en el lado negativo a -15,0 dioptrías, puede ser demasiado grande el efecto de un radio de curvatura de la superficie posterior de la lente, haciendo difícil conseguir unas buenas características ópticas. Se selecciona un intervalo de -0,04 a -0,49 para el coeficiente de conicidad de la superficie cónica que forma la superficie posterior de la zona óptica debido a que la capacidad de la superficie posterior de la zona óptica para adaptarse a una forma de una córnea de un ojo humano típico disminuye fuera de este intervalo, dando como resultado la creación localizada no deseable de compresión de la correa en su zona central y periférica, y posiblemente dando como resultado un intercambio de fluido lacrimonal inadecuado. Un intervalo más preferido para el coeficiente de conicidad de la superficie cónica que forma la superficie posterior de la zona óptica es de -0,09 a -0,36. Se selecciona un intervalo de 0,02 a -0,50 para el coeficiente de conicidad de la superficie cónica que forma la superficie frontal de la zona óptica debido a que fuera de este intervalo, es difícil que la superficie frontal de la zona óptica, en combinación con la superficie posterior específica de la zona óptica anteriormente descrita, permita que la lente de contacto durante su uso proporcione las mejores características ópticas en términos de rendimiento de visión estable y acuosidad.

20 La lente de contacto diseñada con una estructura de acuerdo con este modo de la invención, tiene preferiblemente una superficie cónica sobre la superficie posterior de la zona óptica cuyo coeficiente de conicidad es de -0,09 a -0,36. Esta disposición permite que la superficie posterior de la lente de contacto se adapte a la forma de la córnea del ojo humano típico con más precisión, estableciendo de modo efectivo adicionalmente tanto la eliminación de la compresión localizada de la córnea como permitiendo un intercambio adecuado de los fluidos lacrimales.

30 Como base para el ojo humano típico, se puede seleccionar, por ejemplo, los ojos Gullstrand Scuedutic conocidos en la técnica. La posición de reposo de la lente de contacto se predice en donde la superficie posterior de la lente de contacto seleccionada es la superficie redonda cónica que tiene un radio de curvatura de 6,0 a 9,0 mm en el vértice, y una desviación en el ángulo de intersección del eje óptico de la lente de contacto y la línea central de la pupila de 5 a 10° durante el uso.

35 Las características ópticas requeridas conseguidas por medio de una lente de contacto de acuerdo con esta realización se utilizan preferiblemente dentro de sus intervalos medidos o calculados. Las características ópticas de la lente de contacto, por ejemplo, se evalúan teniendo en cuenta la morfología, estructura e índice de refracción del sistema óptico del ojo del usuario así como la forma y el índice de refracción de la lente de contacto, en base a análisis cuantitativos que usan la aberración del frente de onda y valores numéricos calculados para PSF (del inglés Point Spread Function, Función de Dispersión del Punto), MTF (del inglés Modulation Transfer Function, Función de Transferencia de Modulacion), poder de resolución u otra similar. Por "eje óptico del ojo" se indica una variedad de los denominados ejes del ojo que incluyen un eje de visión, un eje óptico, una línea central de la pupila, una línea de observación y una línea de visión, que puede funcionar como una referencia en el sistema óptico del ojo del usuario. Esto es, mientras que el eje visual denominado como la "línea de visión" define un punto de visión fija, la medición objetiva del eje de visión no es posible típicamente. Esto permite seleccionar otro eje, por ejemplo, la línea central de la pupila como el "eje óptico del ojo", dado que la línea central de la pupila se mide objetivamente con facilidad.

45 Preferiblemente, la superficie frontal de la zona óptica que es una superficie cónica tiene un coeficiente de conicidad que varía desde -0,04 a -0,20. La zona óptica está descentrada en 5 a 10° con respecto a un eje óptico del ojo.

50 En la lente de contacto diseñada con una estructura de acuerdo con este modo de la invención, se diseña un intervalo reducido apropiadamente para el ajuste del coeficiente de conicidad con un intervalo predicho del descentrado que tiene lugar típicamente en el ojo humano durante el uso de la lente de contacto, por lo que se puede realizar más fácil y ventajosamente una lente de contacto que tenga tanto un buen confort de uso como características ópticas óptimas.

55 Preferiblemente tanto la superficie posterior como la superficie frontal de la zona óptica son superficies curvas descritas al menos aproximadamente por la siguiente ecuación que representa una superficie cónica:

$$Y = (C \cdot X^2) / (1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot X^2})$$

60 en la que C es el inverso de un radio de curvatura de la lente, Y es la distancia a lo largo de una dirección de un eje óptico desde un origen de la lente, X es una distancia en una dirección radial desde un origen de la lente y K es el coeficiente de conicidad; y en la que un valor del coeficiente de conicidad K en la ecuación anterior que se aproxima al menos a la superficie frontal de la zona óptica es 0,4 a 1,6 veces un valor del coeficiente de conicidad K en la ecuación anterior que se aproxima al menos a la superficie posterior de la zona óptica.

65

En la lente de contacto diseñada con una estructura de acuerdo con esta disposición de la invención, se puede obtener más fácil y ventajosamente tanto un buen confort de uso como unas características ópticas requeridas óptimas. La lente de contacto de esta disposición de la invención proporciona ventajosamente un buen ajuste a la forma de la córnea del ojo humano típico, dado que el valor del coeficiente de conicidad K en la ecuación anterior que se aproxima al menos a la superficie posterior de la zona óptica se fija dentro del intervalo de -0,04 a -0,49, particularmente.

De acuerdo con el método de la presente invención, se proporciona una lente de contacto que permite un buen confort de uso cuando se lleva sobre una córnea de un ojo de un usuario humano típico específico. Además, la lente de contacto diseñada con el método de la presente invención tiene características ópticas óptimas en la posición de reposo de la lente sobre la córnea, dado que se diseña en base a la toma en consideración de una estimación del descentrado de la lente durante el uso. Para esta disposición, la lente de contacto diseñada con el método de la presente invención puede proporcionar consistentemente una buena visión cuando la lente se sitúa en la posición de reposo en la que el eje óptico de la lente está desplazado respecto a la línea central de la pupila, o cuando cambia una cantidad de descentrado del eje óptico de la lente y de la línea central de la pupila, como sucede durante el parpadeo, por ejemplo. Más aún, la aberración en el campo visual separado del eje óptico de la lente se reduce, haciendo posible proporcionar una buena visión próxima a la visión normal humana, en todo el intervalo de visión amplio completo que incluye el eje central de la pupila.

El método puede incluir adicionalmente la etapa de fabricación de la lente.

En una serie de combinaciones de lentes de contacto diseñadas con el método de acuerdo con la presente invención, se diseñan lentes de contacto proporcionadas en números que corresponden a alguna distribución adecuada del poder óptico de la lente (por ejemplo, incrementos de 0,25 dioptrías o incrementos del 0,5 dioptrías) para una pluralidad de valores diferentes para el descentrado estimado del eje óptico de la lente con relación a la línea central de la pupila (ángulo de descentrado) durante el uso, variando la forma de la superficie frontal de la lente de contacto para cada nivel de descentrado de modo que dé unas características ópticas óptimas, para proporcionar una serie de una pluralidad de combinaciones de lentes. Cuando se seleccionan lentes de contacto para un usuario específico a partir de esta combinación de series de lentes de contacto, se calcula la posición de reposo de la lente cuando se lleva por un usuario (ángulo de descentrado del eje óptico de la lente con relación a la línea central de la pupila) y, en base a este valor, se selecciona la serie de lentes de contacto y se elige entonces el poder óptico de lente apropiado requerido para el usuario de entre la serie seleccionada, de modo que se seleccione y proporcione una lente de contacto que permita una visión óptima al usuario particular. En las series de combinaciones de lentes de contacto de acuerdo con la presente invención, las lentes de contacto clasificadas de acuerdo con el poder de refracción deseado al impartir una forma mutuamente diferente de la superficial frontal con referencia a la pluralidad del conjunto de niveles de ángulos de descentrado se proporcionará en la práctica preferida adicionalmente con una pluralidad de formas de superficie posterior diferentes en la parte óptica y clasificadas de acuerdo con cada una de las diferentes formas de las superficies exteriores.

Preferiblemente en las series de combinaciones de lentes de contacto, las lentes clasificadas por formas diferentes de superficie frontal para niveles diferentes del ángulo de descentrado para proporcionar el poder de refracción deseado, se proporcionan adicionalmente con una pluralidad de formas diferentes de superficie posterior de la zona óptica, y se clasifican por las diferentes formas de la superficie posterior.

La forma de la superficie frontal de la lente de contacto que proporciona una visión óptima, difiere no solamente con la extensión del descentrado del eje óptico de la lente con relación a la línea central de la pupila con la lente de contacto en la posición de reposo, sino también con la forma de la superficie posterior de la lente o de un radio de curvatura en el vértice de la lente en la zona óptica, como se determina en base a la forma de la córnea del usuario. Por lo tanto, es posible mediante el ajuste de la forma de la superficie posterior de la lente en un número de niveles dentro de un intervalo predicho y produciendo series de combinaciones de lentes de contacto para diferentes niveles de la forma de la superficie posterior de la lente, proporcionar lentes de contacto capaces de proporcionar una visión óptima mientras cooperan fácil y satisfactoriamente con otros tipos de factores que varían entre los usuarios individuales.

Lo precedente y/u otras características y ventajas de los objetivos de la invención serán más evidentes a partir de la descripción a continuación de una realización preferida con referencia a los dibujos adjuntos en los que los números de referencia iguales designan elementos iguales y en los que:

la FIG. 1 es una vista en alzado frontal para la ilustración esquemática de una estructura completa de una lente de contacto construida de acuerdo con una primera realización;
 la FIG. 2 es una vista en sección transversal vertical de la lente de contacto de la FIG. 1;
 las FIGS. 3A-3F son vistas explicativas que demuestran el concepto básico del diseño de lente de contacto de la primera realización en comparación con el enfoque convencional;
 la FIG. 4 es un gráfico que demuestra las características de las superficies de las lentes de contacto de acuerdo con los ejemplos de la presente invención, junto con los ejemplos comparativos;
 las FIGS. 5A y 5B son vistas en las que se evalúan las características ópticas de una lente de contacto de

acuerdo con un ejemplo de la presente invención en valores como resultado del cálculo PSF; y las FIGS. 6A y 6B son vistas que corresponden a las FIGS. 5A y 5B, en las que se evalúan las características ópticas de una lente de contacto de acuerdo con el ejemplo comparativo en valores como resultado del cálculo PSF.

5 Las FIGS. 1 y 2 muestran esquemáticamente una lente de contacto 10 diseñada con una estructura construida de acuerdo con una realización de la presente invención. La lente de contacto 10 incluye: una superficie posterior 12 que tiene en general una forma cóncava aproximadamente esférica y una superficie frontal 14 que tiene generalmente una forma convexa aproximadamente esférica y tiene en general una forma de cúpula en su globalidad. La sección central de la lente de contacto 10 es una zona óptica 12 que es circular vista desde el frente y se adapta para proporcionar al usuario un efecto predeterminado de corrección de la visión. La sección periférica de la lente de contacto 10 que rodea la zona óptica 18 es una zona periférica 20 en la forma de una banda anular vista desde el frente y se diseña de modo que la lente de contacto 10 se mantenga establemente en una posición predeterminada en una córnea de un usuario por medio de la zona periférica 20. El borde periférico de la zona periférica 20 constituye una forma de borde 21 que conecta las superficies posterior y frontal de la lente. En la presente realización, la lente de contacto completa 10, incluyendo la zona óptica 18 y la zona periférica 20, tiene óptica y geoméricamente una forma de un sólido de revolución generado por rotación alrededor de un eje central 16 de la lente como un eje central geométrico de la lente de contacto 10.

20 En esta lente de contacto 10, la superficie posterior de la zona óptica 18 (de aquí en adelante denominada como la "zona óptica posterior 12a") y la superficie frontal de la zona óptica 18 (de aquí en adelante denominada como una "zona óptica frontal 14a") se definen ambas mediante superficies cónicas que tienen el eje central de la lente 16 en su eje central. La superficie cónica de la zona óptica posterior 12a tiene un valor del coeficiente de conicidad específico K_a diseñado para proporcionar un uso confortable, mientras que la superficie cónica de la zona óptica frontal 14a tiene un valor del coeficiente de conicidad específico K_b diseñado para proporcionar una buena visión por medio de unas características ópticas óptimas durante el uso. El "coeficiente de conicidad" se refiere en el presente documento a un coeficiente que aparece en la ecuación usada comúnmente para representar una superficie cónica, que es una superficie esférica. Una vez se hay seleccionado el coeficiente de conicidad, una superficie cónica generada mediante la selección del radio de curvatura en un vértice (es decir, una intersección del eje óptico de la lente y la superficie de la lente) que sirve como una superficie esférica estándar se puede deducir fácilmente como una superficie de revolución que tiene el eje óptico de la lente (el eje del centro de geometría de la lente) como un eje del objeto. Se describirá más específicamente la selección de los coeficientes de conicidad K_a , K_b que definen las formas de las zonas ópticas posterior y frontal 12a, 14a de acuerdo con la invención.

35 La forma de la superficie cónica de la zona óptica posterior 12a se diseña básicamente para adaptarse a la forma superficial de la córnea del usuario. Una vez se ha determinado la forma superficial de la córnea del usuario, se puede usar un método tal como el descrito en el documento WO94/10599 por ejemplo para calcular valores para el coeficiente de conicidad K_a y el radio del vértice de curvatura r_a para una superficie esférica que proporcione un buen confort de uso. Un buen confort de uso se proporcionará por una forma que evite la compresión localizada de la córnea en sus áreas central y periférica durante el uso de la lente de contacto 10 y que proporcione un movimiento apropiado sobre la correa de modo que permita un intercambio de fluido lacrimal apropiado por medio del desplazamiento a una posición adecuada sobre la correa durante el parpadeo, u otros similares.

45 Considerando la forma del ojo humano típico, el coeficiente de conicidad K_a de la superficie cónica empleada en la zona óptica posterior 12a de la lente de contacto 10 se selecciona preferiblemente para satisfacer la siguiente expresión: $-0,04 \geq K_a \geq -0,49$. De modo similar, considerando la forma del ojo humano típico, el valor del radio de curvatura del vértice r_a para la zona óptica posterior 12a se selecciona preferiblemente para satisfacer la siguiente expresión: $5,0 \text{ mm} \leq r_a \leq 10,0 \text{ mm}$. El radio de curvatura de la córnea del usuario se puede determinar en base a las mediciones realizadas usando métodos conocidos. En la práctica real, la prescripción involucra la selección de varios valores numéricos en intervalos de valores numéricos adecuados dentro de los intervalos numéricos dados anteriormente, la preparación de las lentes de contacto 10 teniendo varios tipos de zonas ópticas posteriores 12a, y la selección de entre éstas de una que sea la más adecuada para el usuario particular. Para proporcionar unas lentes de contacto 10 que se acomoden al mayor número de individuos con el menor número de tipos de lentes, el coeficiente de conicidad K_a de la zona óptica posterior 12a se seleccionará preferiblemente para que satisfaga la siguiente expresión: $-0,09 \geq K_a \geq -0,36$, y el radio de curvatura del vértice para que satisfaga la siguiente expresión: $6,0 \text{ mm} \leq r_a \leq 9,0 \text{ mm}$. El examen de datos extensos realizado por los presentes inventores ha revelado que la zona óptica posterior 12a que tenga un coeficiente de conicidad K_a en el intervalo de $-0,10 \geq K_a \geq -0,15$ es incluso más apropiada para el ojo humano.

60 La forma de la zona óptica frontal 14a se diseña relativamente considerando la forma de la zona óptica posterior 12a, de modo que proporcione al usuario las óptimas características ópticas. La evaluación de las características ópticas considera no solamente el poder óptico de la lente requerida por el usuario individual, sino también el sistema óptico de los ojos del usuario.

65

El concepto básico de la evaluación y diseño de las lentes de contacto en la presente realización se ilustra esquemáticamente en la FIG. 3 en comparación con el enfoque convencional. La FIG. 3A muestra una lente de contacto 32 obtenida con un método de diseño convencional en el que la lente se diseña en base a una unidad de lente, basada en las características ópticas evaluadas en el aire sin considerar el sistema óptico del ojo, como se enseña en las Patentes Japonesas N° 2.859.092 y 2.913.191. Como es evidente a partir del dibujo, cuando se colocan en el aire, las lentes de contacto 32 están libres de la aberración en el eje óptico. Sin embargo, la investigación y experimentación realizada por los presentes inventores ha revelado que cuando la lente de contacto 32 se usa realmente en un ojo humano 22 como se muestra en la FIG. 3B, se produce aberración en el eje óptico del ojo y la línea central de la pupila con el sistema óptico del ojo tenido en cuenta en términos de los efectos de las características ópticas de una córnea 24, un humor acuoso 26, un cristalino 28, un cuerpo vítreo 30 del ojo 22, una lente por el fluido lacrimonal formada entre la lente de contacto 32 y la córnea 24 y otros similares. Por lo tanto, la lente de contacto 32 obtenida con el método de diseño convencional es incapaz de proporcionar unas características ópticas óptimas en la práctica real.

La FIG. 3C muestra una lente de contacto 34 obtenida con otro método de diseño convencional en el que la lente se diseña en base a las características ópticas que consideran el sistema óptico del ojo, como se enseña en la Patente Japonesa N° 3.022.640. El método de diseño se describe en la citada publicación y se omite aquí la descripción redundante detallada del método. Es evidente a partir de la FIG. 3C, que la lente de contacto 34 proporciona unas características ópticas libres de aberración en la línea central de la pupila durante el uso de la lente. Sin embargo, la investigación y experimentación realizada por los presentes inventores ha revelado que cuando la lente de contacto 34 se usa realmente sobre la córnea 24 mostrada en la FIG. 3D, se produce el descentrado de la línea central de la pupila con respecto al eje óptico de la lente de contacto 34 por el desplazamiento de la lente de contacto 34 sobre la córnea debido a los efectos de la gravedad y de la fuerza externa tras un parpadeo y eventualmente hace que el diseño dirigido a eliminar la aberración en el eje óptico de la lente realmente exacerbe la aberración en la línea central de la pupila, dando como resultado una visión defectuosa.

A diferencia de las lentes de contacto 32, 34 diseñadas por métodos convencionales, la lente de contacto 10 de la presente invención con una estructura de acuerdo con la presente invención emplea una forma específica para la zona óptica 14a de la superficie frontal de la lente y por ello cuando se usa en el ojo humano 22 como se muestra en la FIG. 3E y en la FIG. 3F, sus características ópticas no cambian apreciablemente cuando la lente de contacto 32 se desplaza sobre la córnea 24, proporcionando de ese modo una buena visión estable.

La forma de la zona óptica frontal 14a que proporciona una buena visión estable se determina adoptando una superficie cónica para la zona óptica frontal 14a, seleccionando el coeficiente de conicidad K_b de la misma dentro del intervalo $-0,02 \geq K_b \geq -0,50$ y calculando una forma que proporcionará las características ópticas óptimas con la lente de contacto 10 situada sobre la córnea en una localización que repose descentrada en una cantidad predeterminada respecto a la línea central de la pupila.

La determinación de si una forma particular proporcionará o no las características ópticas óptimas se puede realizar usando cualquiera de un número de métodos de evaluación de las características ópticas, por ejemplo, la aberración de onda interrelacionada, valores numéricos de la PSF (Función de Dispersión de Punto) o MTF (Función de Transferencia de Modulación), o se puede usar un valor numérico para la resolución. La "aberración de la onda frontal" se refiere a una diferencia entre la onda frontal real que pasa a través de un sistema óptico y la onda frontal ideal; "PSF" a una función que representa la distribución de intensidad en el plano de la imagen de una imagen de un punto físico en el espacio físico producida por un sistema óptico; "MTF" a una función que representa un cambio en el contraste en una imagen de un patrón de onda senoidal como función de la frecuencia espacial; y "resolución" a una magnitud que representa el poder de la lente, específicamente, la inversa de la distancia mínima (en mm) entre pares de barras negras y blancas que pueden distinguirse en una imagen. Todos estos métodos de evaluación de las características ópticas son conocidos para los expertos en la materia y los cálculos específicos se pueden realizar fácilmente usando paquetes de software disponibles comercialmente, es suficiente aquí simplemente mencionar algunos paquetes de software de ejemplo que se pueden usar. Los valores para la evaluación de las características ópticas se pueden calcular usando OSLO SIX de Sinclair Optics Inc. y ZEMAX de Focus Software Inc., por ejemplo.

La extensión del descentrado de la lente de contacto 10 sobre la córnea 24 es un prerrequisito para el cálculo de las características ópticas y se puede determinar, por ejemplo, mediante el cálculo de la posición de reposo de la lente de contacto en base al modelo de ojo Gullstrand Schematic mencionado anteriormente, otro modelo de ojo conocido o modificaciones de los mismos o un modelo de ojo creado de nuevo. Cuando se diseña una lente de contacto para un paciente individual, se puede determinar la extensión del descentrado, por ejemplo, mediante la estimación de la posición de reposo de la lente de contacto durante su uso en base a mediciones de la forma de la córnea del individuo, la condición del párpado, la posición de la pupila y otros similares o mediante mediciones reales de la posición específica de reposo de una lente de contacto adecuada usada por el individuo. Numerosas mediciones realizadas por los presentes inventores han mostrado que en la práctica real es efectivo diseñar especificaciones de lentes en la suposición de que la extensión del descentrado de la lente de contacto 10 durante su uso estará dentro del intervalo de 5 a 10° del ángulo de descentrado del eje óptico de la lente desde la línea central de la pupila, por lo que se puede proporcionar una lente de contacto adecuada para un gran número de usuarios con un número

relativamente pequeño de especificaciones de lente.

5 Como es evidente a partir de la descripción anteriormente mencionada, la lente de contacto 10 cuya zona óptica 14a de la superficie frontal de la lente es la superficie cónica que tiene el coeficiente de conicidad K_b de $-0,02 \geq K_b \geq -0,50$ y cuyas características ópticas se han diseñado de modo que se consiguen las características ópticas óptimas en la posición de reposo de la lente, es capaz de proporcionar consistentemente al usuario una visión clara, sustancialmente sin cambios cuando la lente de contacto 10 se sitúa en la posición de reposo descentrada sobre la córnea 24 durante su uso o cuando el grado de descentrado de la línea central de la pupila con respecto al eje óptico de la lente de la zona óptica 18 cambia durante el desplazamiento de la lente sobre la córnea 24, proporcionando de ese modo una buena visión con una aberración global mantenida dentro de niveles practicables.

15 En consecuencia se entenderá que las "características ópticas óptimas" en el presente documento se refieren a las mejores características ópticas que pueden conseguirse dentro del intervalo seleccionable de combinaciones para la forma de la superficie cónica de la zona óptica posterior 12a seleccionada y la forma de la superficie cónica de la zona óptica frontal 14a selectivamente empleada y no necesariamente se refiere a las mejores características ópticas que pueden conseguirse bajo cualquiera y todas las circunstancias. En la práctica real, la prescripción involucra la selección de varios valores numéricos en intervalos de valores numéricos adecuados dentro de los intervalos numéricos dados anteriormente, la preparación de lentes de contacto que tengan varios tipos de zonas ópticas frontales 14a y la selección de entre éstas de una que sea la más adecuada para el usuario particular. Para proporcionar lentes de contacto 10 que se ajusten al mayor número de individuos con el menor número de tipos de lente, más particularmente, se prestablecen una pluralidad de niveles a intervalos adecuados dentro del intervalo de 5 a 10° para el ángulo de intersección del eje óptico de la lente y la línea central de la pupila (ángulo de descentrado) con la lente en la posición de reposo durante el uso y para cada uno de los niveles se predeterminan, con referencia al poder óptico de la lente (poder de refracción) de la lente usada, una pluralidad de niveles de coeficiente de conicidad K_b para la zona óptica frontal 14a que dan las características ópticas óptimas, de entre las que se selecciona un nivel adecuado para proporcionar una lente de contacto que satisfaga estos valores.

20 Las zonas ópticas posterior y frontal 12a, 14a de la lente de contacto 10 de la presente invención determinadas en la forma anteriormente descrita se disponen para que tengan un coeficiente de conicidad K_b de la zona óptica frontal 14a que sea equivalente a 0,4 a 1,6 veces el coeficiente de conicidad K_a de la zona óptica posterior 12a.

35 La lente de contacto 10 que tenga sus formas de las zonas ópticas posterior y frontal 12a, 14a determinadas en la forma previamente descrita se proporciona finalmente al usuario usando métodos convencionales, mediante la selección del diámetro exterior global (DIA), un grosor en el eje central de la lente (CT), una relación de área de la zona óptica 18 a la totalidad de la lente y otros parámetros, mientras se tiene en cuenta la morfología y dimensiones del ojo y párpado del usuario, el poder óptico requerido de la lente, el material de la lente de contacto y otros similares. La lente de contacto 10 se puede formar de varios materiales de tipo blando o tipo duro usando técnicas de fabricación de lentes de contacto conocidas convencionalmente tales como moldeo, corte, o moldeo por centrifugado. Sin embargo, se debería entender que mientras que el producto de lente de contacto 10 tal como se produce en esta forma no siempre satisfará con precisión los valores de diseño, si la forma es suficientemente próxima, proporcionará en cualquier caso una buena visión al usuario siempre que tenga las características ópticas indicadas.

45 Específicamente, las zonas ópticas posterior y frontal 12a, 14a de la lente de contacto 10 proporcionada al usuario en la práctica real es una superficie de revolución alrededor del eje central de la lente que se puede representar al menos aproximadamente por la Ecuación (1) que representa una superficie cónica.

$$Y = (C \cdot X^2) / (1 + \sqrt{(1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot x^2)}) \quad \dots (1)$$

50 En la Ecuación (1), C es el inverso de un radio de curvatura de la lente, Y es la distancia a lo largo de una dirección del eje óptico desde un origen de la lente, X es una distancia en una dirección radial desde el origen en el eje óptico de la lente y K es el coeficiente de conicidad de la zona óptica posterior 12a (K_a) o el coeficiente de conicidad de la zona óptica frontal 14a (K_b).

55 Las lentes de contacto 10 que tengan la estructura descrita anteriormente se pueden proporcionar de modo efectivo como una familia de diseño en la que estas lentes de contacto 10 se clasifican en series de modo que se puedan proporcionar rápidamente lentes adecuadas a usuarios anticipados.

60 En este sentido, suponiendo que las lentes de contacto 10 tengan la misma forma en sus zonas ópticas posteriores 12a, las formas de las zonas ópticas frontales 14a tienen diferentes valores de coeficiente de conicidad K_b para permitirse las mejores características ópticas para un ángulo de descentrado particular de la línea central de la pupila y el eje óptico de la lente con las lentes 10 en su posición de reposo durante el uso. Por lo tanto, los productos que tengan una forma de la zona óptica frontal 14a que permitan las mejores características ópticas en ángulos de descentrado determinados para una pluralidad de niveles anticipados que se puedan requerir se pueden proporcionar preferiblemente en forma de series de lentes de contacto en familias de diseño, series que contienen combinaciones de lentes de contactos en números que corresponden a un número establecido de niveles para el

poder óptico de la lente (poder de refracción) que se anticipa se requerirá.

Dado que la forma de la zona óptica frontal 14a puede tener también diferentes valores de coeficientes de conicidad K_b que permitan las mejores características ópticas dependiendo de la forma de la zona óptica posterior 12a, es aún más preferible proporcionar series de combinaciones de lentes de contacto clasificadas de acuerdo a cada uno de una pluralidad de niveles del valor del coeficiente de conicidad K_a de la zona óptica posterior 12a que se anticipa se requerirá.

Un ejemplo específico de la lente de contacto que tiene la estructura de acuerdo con la presente invención se fabricó realmente y se estudió por los presentes inventores. Los datos del ejemplo específico se presentan a continuación. Se deberá apreciar que la presente invención no está limitada particularmente a los detalles de la realización ilustrada y a la siguiente descripción del ejemplo de la invención. Se habrá de entender también que la presente invención se puede realizar con varios otros cambios, modificaciones y mejoras, que se les pueden ocurrir a los expertos en la materia, sin separarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Ejemplo

Para lentes de contacto de metacrilato de polimetilo permeable al gas (PMMA), se usaron simulaciones ópticas para llegar a coeficientes de conicidad para la zona óptica frontal 14a que permitieran las óptimas características ópticas bajo condiciones de uso que producen un descentrado predeterminado, suponiendo que la zona óptica posterior 12a sea una superficie cóncava esférica que consiste en una superficie esférica con un coeficiente de conicidad K_a de $-0,1225$. Las simulaciones en este ejemplo se ejecutaron fijando el radio de curvatura r_a del vértice de la zona óptica posterior 12a en $r_a = 6,0$ mm y $r = 9,0$ mm. Para el descentrado de la lente durante el uso, se ejecutaron simulaciones ópticas en la suposición de que el ángulo de intersección ϕ del eje óptico de la lente y la línea central de la pupila era de $\phi = 0^\circ, 5^\circ$ y 10° , determinando en cada caso el coeficiente de conicidad K_b de la zona óptica frontal 14a, que proporcionase el mejor sistema óptico.

Para las simulaciones ópticas, se usó el modelo de Gullstrand del ojo como el sistema óptico del ojo para hipótesis de la forma física, usando los parámetros estándar del modelo. Los cálculos se realizaron en un microordenador usando ZEMAX Ver. 9.0 de Focus Software Inc.

Con propósitos de comparación, la gráfica de la FIG. 4 muestra también los valores del coeficiente de conicidad K_b de la zona óptica frontal 14a para los Ejemplos Comparativos 1 y 2, en los que la forma de lente de la zona óptica frontal 14a se diseñó bajo la restricción de una zona óptica posterior 12a dada similar a la del Ejemplo, pero sin considerar el descentrado del eje óptico de la lente y la línea central de la pupila durante el uso, diseñando en su lugar la forma de modo que permita unas características ópticas óptimas sobre el eje óptico de la lente. Con propósitos de comparación, el gráfico de la FIG. 4 también muestra los valores del coeficiente de conicidad K_b de la zona óptica frontal 14a para los Ejemplos Comparativos 3 y 4, en los que la forma de la zona óptica frontal 14a se diseñó bajo la restricción de una zona óptica posterior 12a dada similar a la del Ejemplo, pero usando una unidad de lente hipotética en la atmósfera y confiriendo unas características ópticas libres de aberración óptimas en el eje óptico de la lente.

Como es evidente a partir del gráfico de la FIG. 4, será evidente que una lente de contacto que permita unas características ópticas óptimas durante el uso se proporciona ventajosamente en la Zona A y preferiblemente en la Zona B, zonas que satisfacen los parámetros de diseño de la presente invención. Será adicionalmente evidente, particularmente a partir de las diferencias con los Ejemplos Comparativos 3 y 4, que el diseño de lente basado en una unidad de lente hipotética no permite de modo realista unas características ópticas efectivas, al menos en lentes de contacto para las que sea requerida la corrección (poder) bajo condiciones de uso.

Las lentes de contacto se evaluaron en términos de agudeza de visión bajo condiciones de uso real y estabilidad de la visión cuando la posición de la lente sobre la córnea cambia en base a valores de forma de lente deducidos de acuerdo con el método de diseño descrito anteriormente en la siguiente forma. La lente de contacto que tenía un poder de refracción de -10 dioptrías, que se diseñó de modo que se optimizaran las características ópticas bajo condiciones de un ángulo de descentrado de 10° de la línea central de la pupila con respecto al eje óptico de la lente en la posición de reposo, se desplazó sobre la córnea mientras se calculaba la PSF para ángulos de descentrado de 0° y 10° de la línea central de la pupila con respecto al eje óptico de la lente. Los resultados de este cálculo se muestran en las FIGS. 5A y 5B. Como es evidente a partir de los resultados dados en los dibujos, las lentes de contacto que tienen una estructura de acuerdo con la presente invención permiten aproximadamente unos valores PSF iguales y satisfactorios, como un indicador de la calidad de visión (agudeza) bajo condiciones de ángulos de descentrado de tanto 0° como de 10° de la línea central de la pupila con respecto al eje óptico de la lente.

El ejemplo comparativo 3 de la lente de contacto que tiene -10 dioptrías, como en el Ejemplo, se diseñó en base a la unidad de lente sin considerar el sistema óptico del ojo y con las mejores características ópticas producidas en el eje óptico y se sometió a simulaciones ópticas durante su uso bajo las mismas condiciones que en el Ejemplo, para el cálculo de la PSF para ángulos descentrado de 0° y de 10° de la línea central de la pupila con respecto al eje óptico de la lente. Los resultados de este cálculo se muestran en las FIGS. 6A y 6B. Como es evidente a partir de los

resultados dados en los dibujos, la excentricidad del eje óptico de la lente con respecto a la línea central de la pupila produce una caída en la agudeza en el valor PSF y se supone que la visión cambiaría de una forma extremadamente inestable debido a la excentricidad de la lente sobre la córnea.

- 5 Aunque no se realizará aquí una descripción detallada, se fabricaron lentes de contacto diseñadas de acuerdo con la invención de modo que permitiesen unas características ópticas requeridas en el reposo en una posición con la línea central de la pupila descentrada respecto al eje óptico de la lente y se proporcionaron éstas para su uso por parte de varios sujetos de ensayo en un ensayo clínico. Los resultados del ensayo soportaron los resultados de las simulaciones realizadas en el Ejemplo y Ejemplos Comparativos.

10

REIVINDICACIONES

1. Un método de diseño de lente de contacto para el diseño de una lente de contacto (10) cuyas características ópticas no cambien apreciablemente cuando la lente de contacto se desplaza sobre la córnea, que tenga un poder de refracción que varía desde -15,0 a +15,0 dioptrías en una zona óptica (18) de la misma, comprendiendo las etapas de:

diseño de una superficie posterior (12a) de dicha zona óptica como una superficie cónica que tenga un coeficiente de conicidad que varíe desde -0,04 a -0,49 en consideración a la forma de la superficie de la córnea; y
 diseño de una superficie frontal (14a) de dicha zona óptica como una superficie cónica a la vista de la superficie posterior diseñada de modo que se seleccione un coeficiente de conicidad de dicha superficie frontal de un intervalo de -0,02 a -0,50 de modo que se optimicen las características ópticas de dicha lente de contacto determinadas por un método de evaluación de características ópticas seleccionado de entre un grupo que consiste en una aberración de onda interrelacionada, PSF, MTF y un valor numérico para la resolución en consideración a un sistema óptico de un ojo cuando dicha lente de contacto se localiza en una posición de reposo durante su uso en el que un eje óptico de dicha zona óptica está descentrado con respecto a un eje óptico de dicho ojo en una cantidad predeterminada;
 en el que dicha superficie cónica de dicha superficie frontal (14a) de dicha zona óptica (18) se determina para que tenga un coeficiente de conicidad que sea 0,4 a 1,6 veces el coeficiente de conicidad de la superficie cónica en la superficie posterior de la zona óptica y dicho eje óptico de dicha zona óptica esté descentrado en 5 a 10° con respecto a un eje óptico de dicho ojo.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha superficie posterior (12a) de dicha zona óptica (18) es una superficie cónica que tiene un coeficiente de conicidad que varia desde -0,09 a -0,36.

3. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que dicha superficie frontal (14a) de dicha superficie posterior (12a) se determina como superficies curvas descritas al menos aproximadamente por la siguiente ecuación que representa una superficie cónica:

$$Y = (C \cdot X^2) / (1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot x^2})$$

en la que C es el inverso de un radio de curvatura de dicha lente, Y es la distancia a lo largo de una dirección de un eje óptico desde un origen de dicha lente, X es una distancia en una dirección radial desde un origen de la lente y K es el coeficiente de conicidad; y en la que un valor del coeficiente de conicidad K en la ecuación anterior que se aproxima al menos a dicha superficie frontal de la zona óptica es 0,4 a 1,6 veces un valor de un coeficiente de conicidad K en la ecuación anterior que se aproxima al menos a dicha superficie posterior de dicha zona óptica.

FIG. 1

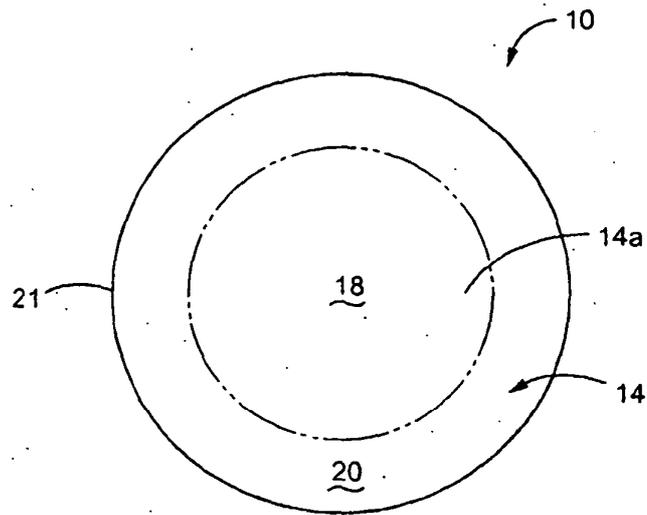
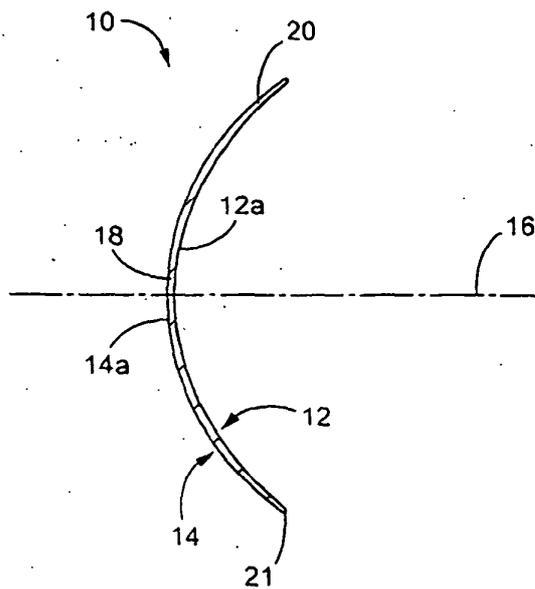
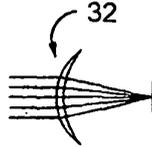


FIG. 2



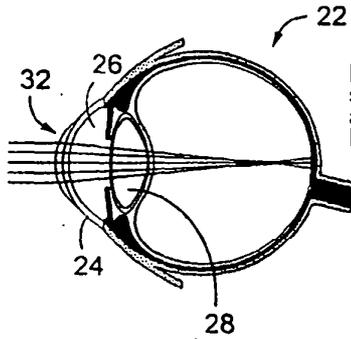
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 3A



La lente se diseña en base a características ópticas evaluadas en el aire

FIG. 3B



Las características ópticas del sistema óptico del ojo no se ajustan a las de la unidad de lente.

(MEJORAS)

TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 3C

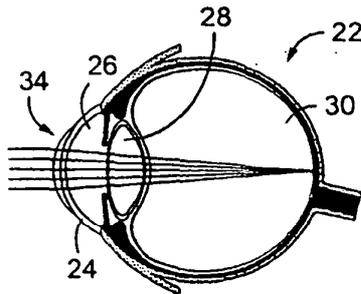
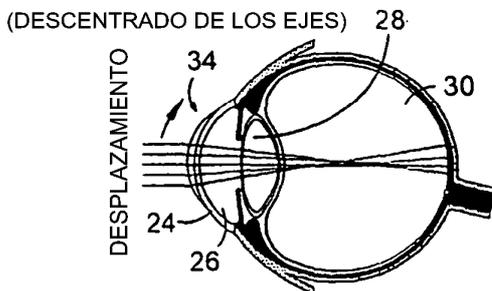


FIG. 3D



PRESENTE INVENCION

FIG. 3E

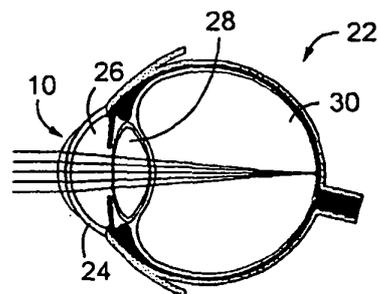


FIG. 3F

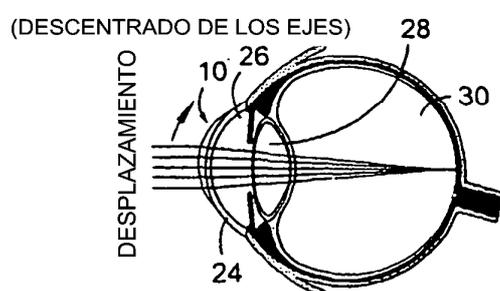


FIG. 4

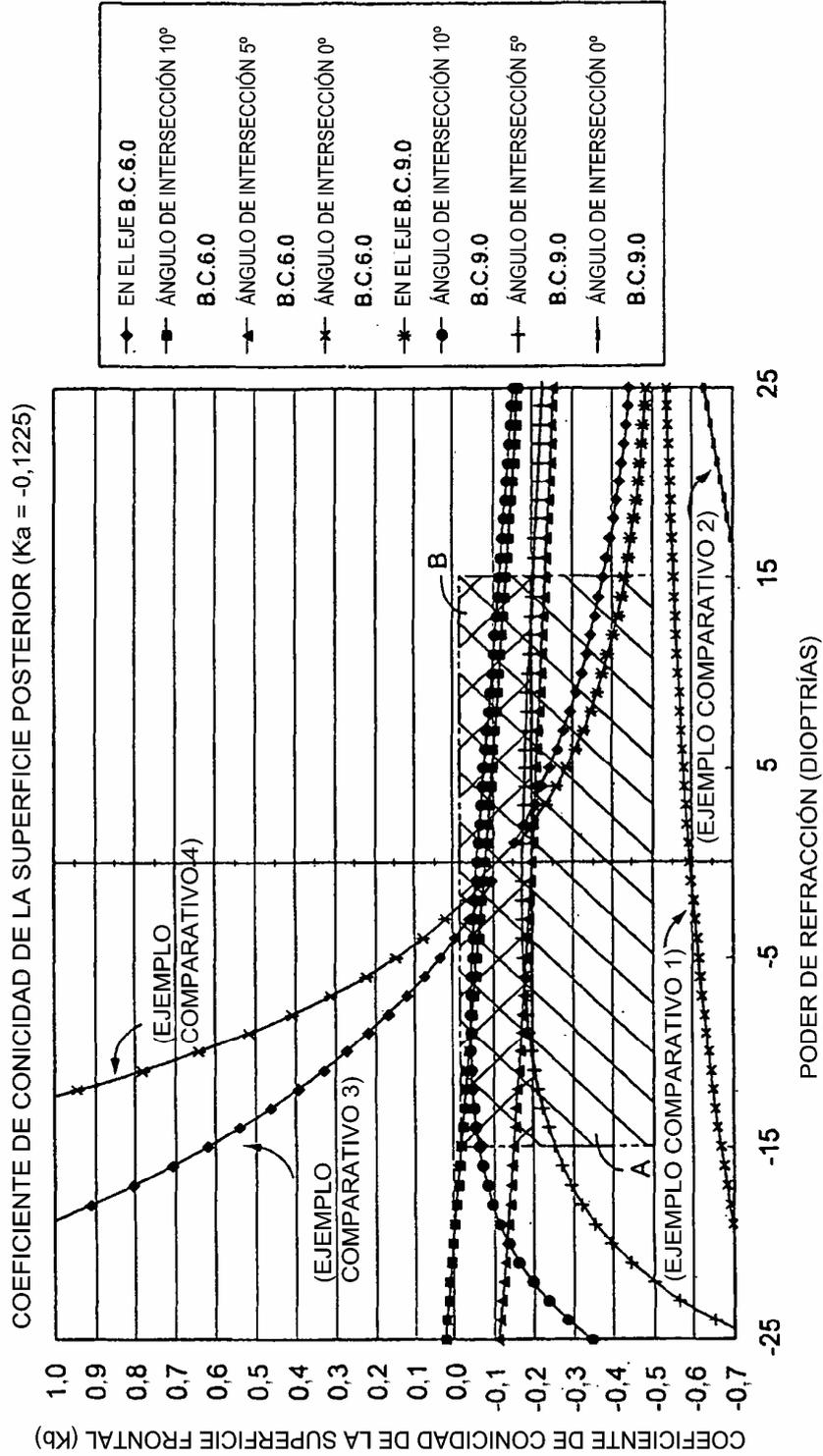


FIG. 5A

PRESENTE INVENCION
 (PODER DE REFRACCION = -10D, ANGULO DE INTERSECCION = 0°)

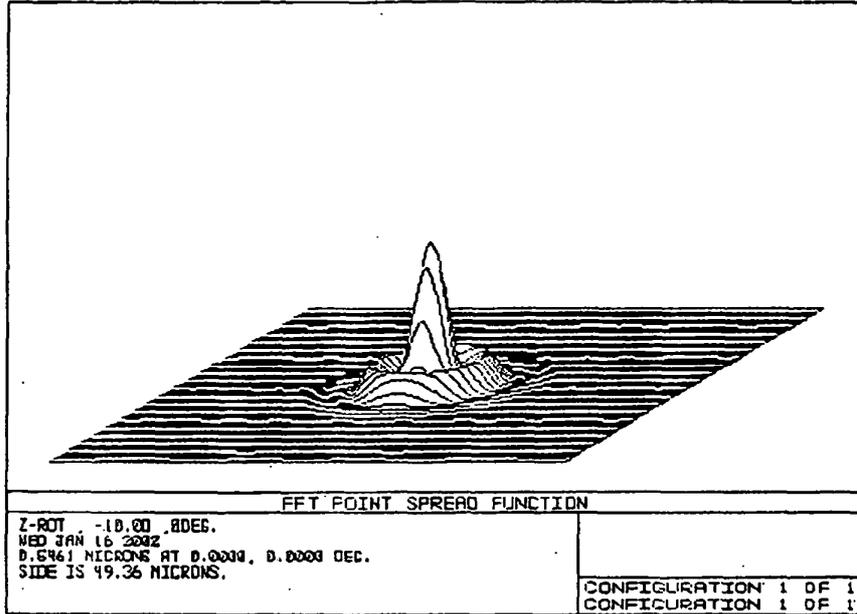


FIG. 5B

PRESENTE INVENCION
 (PODER DE REFRACCION = -10D, ANGULO DE INTERSECCION = 10°)

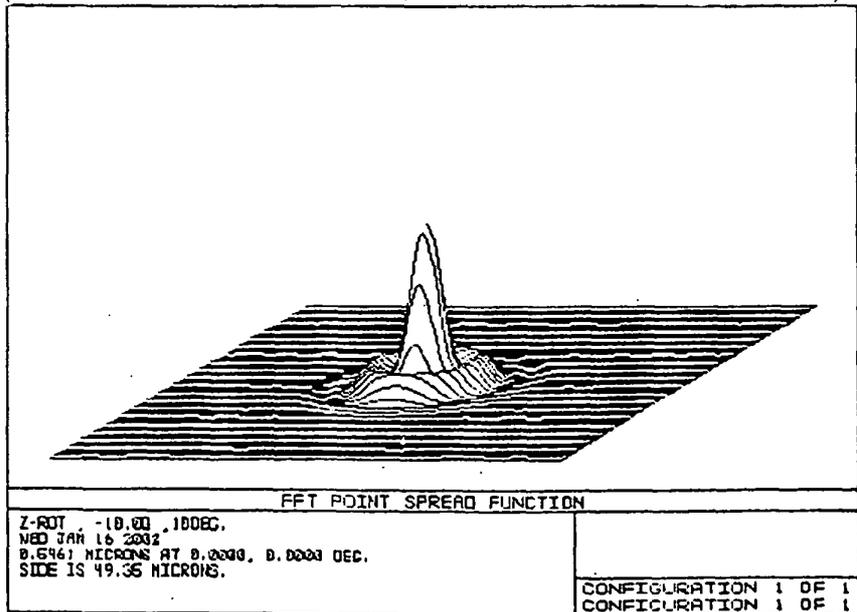


FIG. 6A

EJEMPLO COMPARATIVO
 (PODER DE REFRACCIÓN = -10D, ÁNGULO DE INTERSECCIÓN = 0°)

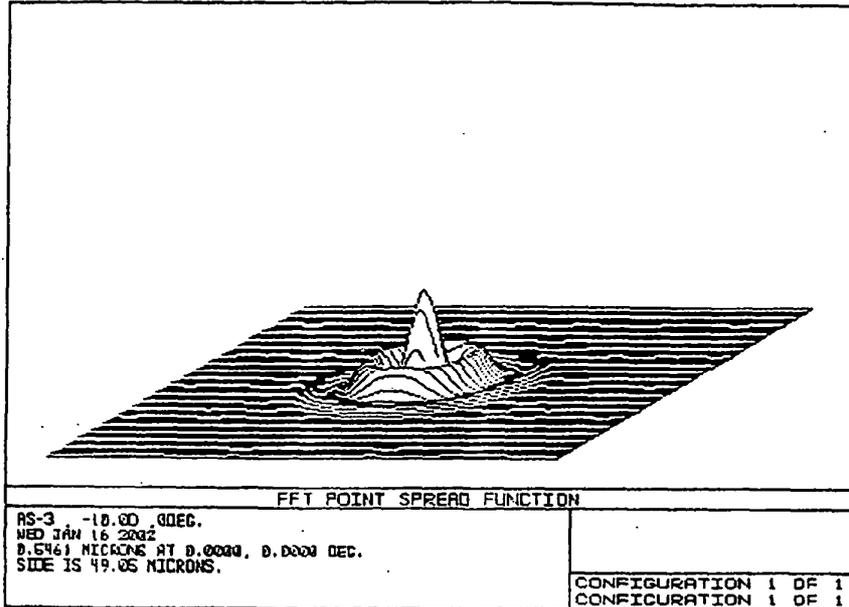


FIG. 6B

EJEMPLO COMPARATIVO
 (PODER DE REFRACCIÓN = -10D, ÁNGULO DE INTERSECCIÓN = 10°)

