

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 884**

51 Int. Cl.:

G02B 3/14 (2006.01)

G02B 26/00 (2006.01)

G02C 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11817025 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2603823**

54 Título: **Lentes rellenas de fluido y sus aplicaciones oftálmicas**

30 Prioridad:

12.08.2010 US 855465

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

29.04.2015

73 Titular/es:

**ADLENS BEACON, INC. (100.0%)
2755 SW 32nd Avenue
Pembroke Park, FL 33023 , US**

72 Inventor/es:

**GUPTA, AMITAVA;
EGAN, WILLIAM;
NIBAUER, LISA;
STANGOTA, FRANK;
DECKER, BRUCE;
MCGUIRE, THOMAS, M.;
SCHNELL, URBAN;
HAROUD, KARIM;
JAEGER, HANS;
PETERSON, MATTHEW, WALLACE y
SENATORE, DANIEL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 534 884 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 rellenas de fluido y sus aplicaciones oftálmicas

5 **Campo**

Las realizaciones de la presente invención se refieren a lentes rellenas de fluido y, en particular, a lentes variables rellenas de fluido.

10 **Antecedentes en la técnica**

Las lentes básicas de fluido se conocen desde aproximadamente 1958, como se describe en el documento de Patente de Estados Unidos N° 2.836.101. Se pueden encontrar ejemplos más recientes en "Dynamically Reconfigurable Fluid Core Fluid Cladding Lens in a Microfluidic Channel" de Tang *et al.*, Lab Chip, 2008, vol. 8, p. 395, y en el documento de Publicación WIPO WO2008/063442. Estas aplicaciones de lentes de fluido se dirigen a fotónica, tecnología de teléfonos y cámaras digitales y microelectrónica.

Se han propuesto lentes de fluido para aplicaciones oftálmicas (véase, por ejemplo, el documento de Patente de Estados Unidos N° 7.085.065). En todos los casos, las ventajas de las lentes de fluido que incluyen un amplio intervalo dinámico, capacidad para proporcionar corrección adaptativa, robustez y bajo coste, se tienen que equilibrar con a las limitaciones en el tamaño de apertura, tendencia a la fuga y consistencia de rendimiento. El documento de Patente 065, por ejemplo, ha desvelado varias mejoras y realizaciones dirigidas a la contención eficaz del fluido en la lente de fluido para su uso en aplicaciones oftálmicas, aunque no se limita a las mismas (véase, por ejemplo, el documento de Patente de Estados Unidos N° 6.618.208). El ajuste de la potencia de las lentes de fluido se ha efectuado mediante inyección de fluido adicional en la cavidad de la lente, mediante electrohumectación, aplicación de un impulso ultrasónico, y mediante el uso de fuerzas de hinchamiento en un polímero reticulado tras la introducción de un agente de hinchamiento tal como agua.

El documento de Patente US 5.956.183 desvela una unidad de lente de enfoque variable rellena de líquido que comprende una cápsula de enfoque variable genérica a la que está unida una lente rígida de enfoque fijo.

Breve resumen

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un conjunto de lente de fluido como se expone en la reivindicación 1. En una realización de la presente invención, el conjunto de lente de fluido incluye una lente rígida frontal, una membrana semiflexible que se adapta para expandirse desde un nivel de inflado mínimo a un nivel de inflado máximo, y una capa de fluido entre las mismas. La lente frontal del conjunto de lente de fluido de esta realización se configura para tener una potencia óptica negativa.

En ciertas realizaciones, el conjunto de lente de fluido se configura para tener una potencia óptica global negativa cuando la membrana se expande al nivel de inflado máximo. En otras realizaciones, el conjunto de lente de fluido se configura para tener una potencia óptica global negativa cuando la membrana se expande entre el nivel de inflado mínimo y el nivel de inflado máximo.

Otras realizaciones, rasgos, y ventajas de la presente invención, así como la estructura y la operación de las diversas realizaciones de la presente invención, se describen a continuación con detalle por referencia a las figuras acompañantes.

Breve descripción de las figuras/dibujos

Las figuras acompañantes, que se incorporan en el presente documento y forman una parte de la memoria descriptiva, ilustran la presente invención y, junto con la descripción, sirven además para explicar los principios de la invención y permitir que un experto en la materia pertinente realice y use la invención.

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva lateral de una parte de una lente de acuerdo con una primera realización de la invención.

La Figura 2 es una tabla que muestra las características ópticas de diversos conjuntos de lente que cubren un intervalo de potencia positiva de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 3 muestra una vista en perspectiva lateral de una parte de una lente de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 muestra una vista en perspectiva lateral de una parte de una lente de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 5 es una tabla que muestra las características ópticas de diversos conjuntos de lente que cubren intervalos de potencia negativa y negativa a positiva de acuerdo con una realización de la invención.

Las realizaciones de la presente invención se describirán por referencia a las figuras acompañantes.

5

Descripción detallada

Aunque se discuten configuraciones y disposiciones específicas, se debería entender que esto se hace únicamente con fines ilustrativos. El experto en la materia pertinente reconocerá que se pueden usar otras configuraciones y disposiciones sin apartarse del alcance reivindicado de la presente invención. Será evidente para un experto en la materia pertinente que la presente invención también se puede emplear en otras diversas aplicaciones.

10

15

Se ha de observar que las referencias en la presente memoria descriptiva a "una realización", "la realización", "una realización de ejemplo", etc., indican que la realización descrita puede incluir un rasgo, estructura, o característica particular, pero cada realización puede no incluir necesariamente el rasgo, estructura, o característica particular. Además, tales expresiones no se refieren necesariamente a la misma realización. Además, cuando se describe un rasgo, estructura o característica particular junto con una realización, debería estar dentro del conocimiento del experto en la materia el llevar a efecto tal rasgo, estructura o característica junto con otras realizaciones tanto si se describen explícitamente como si no.

20

25

El uso de las lentes de fluido de acuerdo con las realizaciones de la presente invención para proporcionar corrección de la vista tiene importantes ventajas sobre otros medios convencionales de corrección de la vista, tales como lentes rígidas y lentes de contacto. En primer lugar, las lentes de fluido son fácilmente ajustables. De ese modo, se puede dotar a un presbipe que requiere una corrección de potencia positiva adicional para ver objetos cercanos con una lente de fluido de una potencia base que iguale la prescripción de distancia. A continuación, el usuario puede ajustar la lente de fluido para obtener la corrección de potencia positiva adicional según sea necesario para ver objetos a distancias intermedias o a otras distancias.

30

35

En segundo lugar, las lentes de fluido se pueden ajustar continuamente en un intervalo de potencia deseado por el portador. En consecuencia, el portador puede ajustar la potencia para que iguale exactamente el error refractivo para una distancia de objeto particular en un ambiente de luz particular. De ese modo, las lentes de fluido permiten un ajuste de potencia para compensar la alteración de la profundidad de enfoque natural del ojo que depende del tamaño de pupila del portador, que es a su vez dependiente del nivel de luz ambiente. Por ejemplo, numerosos pacientes informan de una afección denominada "miopía nocturna" en la que el paciente se vuelve miope con niveles bajos de luz ambiente, por ejemplo cuando se encuentra al aire libre de noche. Esta afección está causada por el ensanchamiento o la dilatación de la pupila con niveles bajos de luz, lo que causa una reducción de la potencia esférica equivalente del aparato de enfoque del ojo que incluye la córnea, la lente natural del cristalino, y la pupila. De acuerdo con una realización de la presente invención, un paciente con miopía nocturna puede ajustar la lente de fluido para compensar la miopía nocturna.

40

45

En tercer lugar, aunque se reconoce generalmente que una visión 20/20, que corresponde una resolución de imagen de 1 minuto de arco (1/60 de grado), representa una calidad de visión aceptable, la retina humana es capaz de una resolución de imagen más fina. Se sabe que una retina humana sana es capaz de resolver 20 segundos de arco (1/300 de grado). Las gafas correctoras diseñadas para permitir que un paciente consiga este nivel de visión superior tienen una resolución de aproximadamente 0,10 D o mejor. Esta resolución se puede conseguir con elementos de lente de fluido ajustables continuamente, tales como las realizaciones de lente de fluido que se describen en el presente documento.

50

De acuerdo con una realización de la presente invención, la expresión conjunto de lente de fluido incluye una lente de fluido, un tubo de conexión, un depósito que contiene fluido en exceso, todos ellos conectados para formar una cavidad individual sellada. La expresión elemento de lente de fluido se refiere solamente a la lente de fluido, que incluye una lente rígida, una membrana flexible, y una capa de fluido entre las mismas.

55

Para ajustar la potencia de la lente de fluido, se alojan uno o más sistemas de accionamiento (no se muestran) en la montura de las gafas (no se muestra). Un conjunto de gafas puede incluir la montura de las gafas configurada para aceptar una o más lentes de fluido. La montura puede ser de cualquier forma, y puede estar compuesto por plástico, metal, o cualquier otro material adecuado. La montura también puede ser simplemente una pieza de alambre o tubo enrollado alrededor de, o conectado de otro modo a, las lentes.

60

En una realización de un conjunto de gafas que incluye una o más lentes de fluido, cada lente de fluido puede estar provista con su propio sistema de accionamiento, de modo que la lente de cada ojo se pueda ajustar independientemente. Este rasgo permite a los usuarios, tales como pacientes anisométricos, corregir el error refractivo de cada ojo por separado, con el fin de conseguir la corrección apropiada en ambos ojos, lo que puede resultar en una visión binocular y una suma binocular mejores.

65

El sistema de accionamiento se puede montar sobre o en el interior de las piezas de la patilla del conjunto de las gafas, de modo que pase tan desapercibido como sea posible, mientras se mantiene la facilidad de operación. Cada lente de fluido se puede proporcionar con una abertura que está conectada a un tubo unido en el otro extremo a un depósito de fluido en exceso. El tubo que conecta el depósito con la lente de fluido se puede hacer pasar a través del gozne de la montura. El depósito se puede alojar en el interior de una hendidura dispuesta a lo largo de la longitud de las patillas, y se puede doblar sobre sí mismo para expulsar fluido adicional hacia el conjunto de lente de fluido a través de un tubo de conexión. De forma análoga, el depósito se puede desdoblar para extraer el fluido hacia sí desde el conjunto de lente de fluido con el fin de reducir la potencia positiva de la lente de fluido.

En una realización, la lente de fluido, el tubo de conexión y el depósito forman conjuntamente una unidad sellada. Se hace una disposición para apretar el depósito de modo que expulse el fluido a la lente de fluido a través del tubo de conexión. Por ejemplo, la disposición para apretar el depósito puede tener la forma de un vástago que se acciona contra un diafragma para aumentar la presión dentro del depósito, un calibre para apretar el depósito, o cualquier otra bomba de fluido o accionador conocido por un experto en la materia. Un sistema de activación a modo de ejemplo que incluye una unidad sellada a modo de ejemplo se desvela, por ejemplo, en el documento de Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 12/399.368.

Debido a que la potencia del elemento de lente de fluido se controla mediante la expansión de la membrana flexible en respuesta a que se bombee el fluido hacia el interior o el exterior del elemento de lente de fluido, teóricamente se puede proporcionar un intervalo continuo de correcciones de potencia esférica dentro de los límites del diseño de ese elemento de lente de fluido particular. En la práctica, los diferentes pacientes conseguirán diferentes límites de ajuste cuando se proporciona el mismo elemento de lente de fluido. Por lo general, los estudios clínicos muestran que este límite de percepción de desenfoque de imagen diferente varía de aproximadamente 0,05D a 0,15D.

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva lateral de una parte del conjunto de lente de fluido 100 de acuerdo con una realización de la invención. La lente de esta realización se puede diseñar para cubrir un intervalo de potencia positiva, por ejemplo, de +10 D a +2 D.

El conjunto de lente de fluido 100 incluye al menos un cuerpo de lente rígido 110, una membrana flexible 120 unida al cuerpo de lente 110 en el borde 130 de modo que forma un sello que previene que el fluido entre o abandone la cavidad formada entre el cuerpo de lente rígido 110 y la membrana 120, y una capa de fluido 140 que rellena el espacio entre la membrana 120 y el cuerpo de lente rígido 110.

El cuerpo de lente rígido 110 puede estar formado, por ejemplo, por policarbonato de bisfenol A que tiene un índice de refracción, por ejemplo, de aproximadamente 1,59. Realizaciones alternativas pueden incluir un cuerpo de lente rígido 110 formado por un material diferente, que puede alterar su índice de refracción. Por ejemplo, si se usa un poliuretano aromático de índice de refracción 1,667 para fabricar la lente rígida, entonces el intervalo de potencia positiva se puede conseguir con una curvatura más plana de la lente frontal, que algunos usuarios consideran cosméticamente superior. Otros materiales que se pueden usar para fabricar la lente rígida son, por ejemplo y sin limitación, carbonato de bisalil dietilglicol (DEG-BAC), poli(metacrilato de metilo), PMMA y una poliurea compleja patentada de nombre comercial Trivex (PPG).

Las lentes rígidas se funden o se moldea generalmente a partir de un polímero usando un par de moldes. La curvatura de la superficie de los moldes puede coincidir con las especificaciones de una curva tórica que se requiere para una unidad de mantenimiento de stock (SKU) particular. La capacidad para proporcionar un intervalo considerable de ajuste en la potencia confiere una ventaja importante a los conjuntos de lente de fluido con respecto a las lentes oftálmicas convencionales en términos de coste y número de SKU. Por ejemplo, el intervalo de potencia negativa de aproximadamente -0,25 D a aproximadamente -7,25 D se puede cubrir con tres SKU solo para la corrección de los errores esféricos, y 51 SKU para la corrección de los errores tanto esféricos como astigmáticos en el intervalo de aproximadamente 0,0 D a aproximadamente -4,00 D.

En una realización, la óptica de la lente rígida de estas realizaciones, especialmente la superficie en contacto con el aire, se puede asferizar para corregir la aberración esférica para incidencia fuera del eje y también para reducir el grosor de la lente.

En una realización, la membrana flexible 120 está formada por un polímero reticulado o un polímero que se puede estirar para asumir una forma esferoidal cuando se infla, pero que vuelve a su forma original cuando se desinfla. La membrana 120 puede tener grosores diferentes en diferentes puntos, y puede tener diferentes módulos de tensión mecánica en diferentes direcciones, o diferentes módulos de tensión mecánica en diferentes puntos. Realizaciones alternativas de la membrana 120 pueden incluir cualquier combinación de estas características.

Cuando se infla una lente de líquido no circular, la curvatura de la superficie inflada varía con la orientación y puede desarrollar astigmatismo. En una realización, este error astigmático inducido se minimiza alterando la rigidez de la membrana en función de la dirección de la tensión mecánica o hidrostática aplicada o alterando su localización con respecto al centro geométrico de la lente de líquido. Los perfiles de grosor para la membrana 120 se pueden desarrollar, por ejemplo, mediante moldeado por inyección o moldeado por soplado de la membrana. La

dependencia con la orientación del módulo elástico de la membrana 120 se puede proporcionar, por ejemplo, por estrés biaxial de la membrana a una temperatura elevada y a continuación congelación en la tensión. En una realización, se permiten proporciones de tensión de 2,0:1 a 3,0:1.

5 El módulo de tensión de la membrana 120 también se puede modular punto a punto aplicando un revestimiento de módulo rígido y elevado a la membrana 120 y variando el grosor del revestimiento punto a punto según se especifica en forma de una mesa floja, por ejemplo. Tal revestimiento puede ser cerámico tal como, por ejemplo, SiOx o SixNy. Además o alternativamente, se pueden usar otros revestimientos cerámicos depositados por vapor tales como alúmina (Al₂O₃ o TiO₂). El revestimiento contorneado se puede aplicar, por ejemplo, usando una máscara cuando se aplica el revestimiento mediante deposición de vapor química o física, o variando el tiempo de exposición de la superficie al revestimiento en forma de vapor usando un dispositivo de sombra programado que se mueve a lo largo de una trayectoria específica a una velocidad dada.

15 En una realización, la membrana 120 proporciona una barrera fiable y duradera a la difusión del fluido dentro de la cavidad y es resistente a la perforación para aplicaciones oftálmicas de consumo. En una realización, la membrana 120 está formada por polímeros orientados o parcialmente cristalinos que tienen temperaturas de transición vítrea elevadas, tales como 100 °C o superior, (por ejemplo, 130 °C o superior), puntos de fusión elevados, aunque pueden tener una temperatura de transición vítrea relativamente baja, por ejemplo, fluoruro de polivinilo (TEDLAR, comercializado por Du Pont Corp. de Wilmington, DE) y una elevada elongación en la ruptura, tal como un 120 % o superior, que proporcionarán una dureza y resistencia a la perforación adecuadas. La transición vítrea y los puntos de fusión de los polímeros usados para las membranas se dan en la Tabla 1. Si se usa un polímero parcialmente cristalino tal como PEEK (poliéter éter cetona) o fluoropolímeros tales como TEDLAR, difluoruro de polivinilideno (PVDF), o PTFE para la membrana 120, el punto de fusión puede ser 150 °C o superior. Se pueden usar poliolefinas tales como poli(norborneno) como materiales de membrana. Otros polímeros adecuados para su uso como materiales de membrana incluyen, por ejemplo y sin limitación, polisulfonas, poliuretanos, politiouretanos, tereftalato de polietileno, polímeros de cicloolefinas y poliéteres alifáticos o alicíclicos.

Tabla 1

Polímero	Temperatura de transición vítrea	Punto de fusión
Fluoruro de polivinilo (TEDLAR™)	41 °C	200 °C
Difluoruro de polivinilideno (PVDF)	-40 °C	175 °C
Politetrafluoroetileno (PTFE)	127 °C	327 °C
Polietileno-tetrafluoroetileno (ETFE)	147 °C	265 °C
Poliéter éter cetona (PEEK)	145 °C	395 °C

30 La Figura 2 es una tabla que muestra las características ópticas para diversos conjuntos de lente que cubren un intervalo de potencia positiva de acuerdo con diversas realizaciones de la invención, tales como, por ejemplo, el conjunto de lente de la Figura 1. Los valores se calcularon para un conjunto de lente que tiene un cuerpo de lente rígido 110 formado por policarbonato de bisfenol A que tiene un índice de refracción de 1,59. El conjunto de lente usado para calcular los valores de la Tabla 2 incluía además fluido 140 formado por silicona (polisiloxano) que tiene un índice de refracción de 1,50. El experto en la materia reconocerá que se pueden usar otras lentes y materiales de fluido de acuerdo con las realizaciones que se describen en el presente documento para proporcionar diferentes intervalos de ajustabilidad y/o potencias de lente rígida.

40 La fila 1 de la tabla de la Figura 2 proporciona las características ópticas para una realización de conjunto de lente de fluido 100 de la presente invención. Esta realización incluye un cuerpo de lente rígido 110 que tiene un radio de curvatura de aproximadamente 295 mm. La potencia del cuerpo de lente rígido 110 es aproximadamente 3,0 D, y la curva frontal del cuerpo de lente rígido 110 tiene un radio de curvatura de aproximadamente 116 mm.

45 La potencia de esta realización del conjunto de lente de fluido 100 es la menos positiva cuando la membrana 120 es plana. La potencia óptica de la lente de fluido de esta realización es aproximadamente 1,7 D. En consecuencia, cuando la membrana 120 es plana, la potencia óptica global de esta realización del conjunto de lente de fluido 100 es aproximadamente 4,7 D.

50 Por lo tanto, la potencia óptica global del conjunto de lente de fluido 100 se puede aumentar inyectando fluido adicional en la cavidad que conducirá a un aumento en la presión de fluido y hará que se expanda la membrana 120. En una realización, después del inflado, la curvatura de la membrana es aproximadamente 125 mm. En consecuencia, la potencia de esta realización del conjunto de lente de fluido cuando está inflada es aproximadamente 7,7 D. Por lo tanto, después del inflado, la potencia del elemento de lente de fluido se aumentó en aproximadamente 3,0 D.

55

La Figura 3 muestra una vista en perspectiva lateral de una parte de una lente de acuerdo con otra realización de la invención. La lente de esta realización se puede diseñar para cubrir potencias positivas inferiores así como potencia cero y potencias negativas bajas, por ejemplo, de +1,75 D a -1,00 D.

5 En una realización, el conjunto de lente de fluido 300 incluye al menos un cuerpo de lente rígido 310, una membrana flexible 320 unida al cuerpo de lente 310 en el borde 330 de modo que forma un sello que evita que el fluido entre en o abandone la cavidad formada entre el cuerpo de lente rígido 310 y la membrana 320, y una capa de fluido 340 que rellena el espacio entre la membrana 320 y el cuerpo de lente rígido 310.

10 La Figura 4 muestra una vista en perspectiva lateral de una parte de una lente de acuerdo con otra realización de la invención. Esta realización se puede diseñar para cubrir un intervalo de potencia negativa, por ejemplo, -10 D a -2 D.

En una realización, el conjunto de lente de fluido 400 incluye al menos un cuerpo de lente rígido 410, una membrana flexible 420 unida al cuerpo de lente 410 en un borde 430 de modo que forma un sello que evita que el fluido entre en o abandone la cavidad formada entre el cuerpo de lente rígido 410 y la membrana 420, y una capa de fluido 440 que rellena el espacio entre la membrana 420 y el cuerpo de lente rígido 410.

El cuerpo de lente rígido 410 es una lente rígida negativa que tiene una superficie interior cóncava con el fin de conseguir una potencia global baja. En una realización, la membrana flexible 420 se adapta para disponerse frente al cuerpo de lente rígido 410, de modo que la membrana flexible 420 se localiza más alejada del ojo del usuario que la porta. En una realización, por ejemplo, la curva frontal de la lente rígida es aproximadamente 3,00 D, la potencia de la lente rígida es aproximadamente -1,00 D, y el radio de curvatura de la superficie posterior es aproximadamente 147,5 mm. En consecuencia, la potencia de la lente de fluido en su potencia más baja es aproximadamente 3,39 D, y la potencia del conjunto global es 2,39 D. Por lo tanto, el intervalo de ajustabilidad para esta realización es de aproximadamente 2,39 D a aproximadamente 5,39 D.

En una realización, el conjunto de lente de fluido 400 se adapta para conseguir una potencia óptica negativa global. En esta realización, el cuerpo de lente rígido 410 es una lente rígida negativa que tiene una superficie interior cóncava. La membrana flexible 420 se une al cuerpo de lente 410 en el borde 430 de modo que forma un sello que evita que el fluido entre en o abandone la cavidad formada entre el cuerpo de lente rígido 410 y la membrana 420, y una capa de fluido 440 que rellena el espacio entre la membrana 420 y el cuerpo de lente rígido 410. En esta realización, el conjunto de lente de fluido 400 se configura de modo que cuando se expande la membrana 420, la potencia de la lente de fluido, que incluye la membrana 420 y el fluido 440, es más positiva que la potencia negativa del cuerpo de lente rígido 410. Si la lente rígida es suficientemente negativa por sí misma, el conjunto de lente de fluido 400 consigue una potencia óptica negativa global incluso cuando se expande la membrana flexible.

La Figura 5 es una tabla que muestra las características ópticas para varios conjuntos de lente que cubren intervalos de potencia negativa y negativa a positiva de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. Los valores se calcularon para un conjunto de lente que tiene un cuerpo de lente rígido 410 formado por policarbonato de bisfenol A que tiene un índice de refracción de 1,59. El conjunto de lente usado para calcular los valores de la tabla 5 incluyó además fluido 440 formado por silicona (polisiloxano) que tiene un índice de refracción de 1,50. El experto en la materia reconocerá que se pueden obtener diferentes valores cuando se usan diferentes materiales.

La potencia óptica de las realizaciones de los conjuntos de lente de fluido que se desvelan en el presente documento implican cinco parámetros: (1) la potencia de la lente rígida, (2) la curvatura de la superficie de la lente rígida en contacto con el fluido, (3) la curvatura de la membrana, (4) el índice de refracción del fluido, y (5) el grosor de la capa de fluido. Por lo tanto, el sistema de lente se puede analizar como un sistema que tiene tres superficies, dos índices de refracción (material de la lente rígida y fluido), y dos espesores. Debido a que la potencia de las realizaciones del conjunto de lente de fluido se puede alterar únicamente en la dirección positiva, la potencia de la propia lente rígida es el mínimo valor de potencia posible al que el conjunto de lente de fluido se puede ajustar.

Para cubrir un intervalo de potencias positivas, se selecciona un intervalo de potencias positivas para la lente rígida. También se seleccionan los radios de curvatura de la superficie frontal (también denominada curva frontal o curva base) de la lente rígida. Este proceso de selección puede incluir consideraciones de la calidad de imagen para cada configuración, así como factores cosméticos tales como la envoltura facial. La superficie frontal para una lente dada se puede diseñar basándose en el índice de refracción del material.

En una realización, para los fines de estos cálculos, la potencia del conjunto de lente de fluido se puede simplificar como una función de la potencia de la lente rígida, la potencia del elemento de lente de fluido y el radio de curvatura de la superficie de la lente rígida en contacto con el fluido. No es necesario tener en cuenta el índice de refracción de la membrana debido a que en esta configuración, la membrana es muy delgada y se puede modelar para que permanezca con un grosor uniforme durante el intervalo completo de inflado. No obstante, el índice de refracción de la membrana es un parámetro de diseño importante debido a que puede coincidir con el índice de refracción del fluido de la lente de fluido.

65

5 Los ejemplos anteriores demuestran métodos para cubrir el intervalo esférico de corrección de visión requerido para la población habitual. La lente rígida también se puede proporcionar con corrección tórica para corregir el error astigmático. En una realización, esta corrección se sitúa en la superficie de la lente rígida que está en contacto con el aire. El error astigmático habitual en la población varía de aproximadamente -0,25 D a aproximadamente -4,00 D, en etapas de 0,25 D con el fin de cubrir el 95 % de la población.

10 Aunque se han descrito anteriormente diversas realizaciones de la presente invención, se debería entender que se han presentado únicamente a modo de ejemplo, y no de limitación. Será evidente para los expertos en la materia pertinente que se pueden realizar diversos cambios en forma y detalle en las mismas sin apartarse del alcance reivindicado de la invención. Por lo tanto, la amplitud y el alcance de la presente invención no deberían quedar limitados por ninguna de las realizaciones a modo de ejemplo descritas anteriormente, sino que se definen únicamente de acuerdo con las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de lente de fluido (100), que comprende:
 - 5 una lente rígida frontal (110);
una membrana semiflexible (120) que se adapta para expandirse desde un nivel de inflado mínimo a un nivel de inflado máximo; y
una capa de fluido (140) entre las mismas,
en el que la lente frontal tiene una potencia óptica negativa,
10 **caracterizado por que:**

el conjunto de lente de fluido comprende un revestimiento de membrana contorneado, en el que el grosor del revestimiento de membrana varía punto a punto, y **por que** la rigidez de la membrana semiflexible es una función de la dirección de la tensión mecánica o hidrostática aplicada.
 - 15 2. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1, en el que la lente frontal tiene una geometría bicóncava.
 3. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1, en el que la superficie de la lente frontal adyacente a la capa de fluido es cóncava.
 - 20 4. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1, en donde el conjunto de lente de fluido tiene una forma no circular, y la superficie de la lente frontal no adyacente a la capa de fluido es cóncava.
 5. Una pieza ocular correctora que comprende dos conjuntos de lente de fluido, siendo cada conjunto de lente de fluido un conjunto de fluido de acuerdo con la reivindicación 1.
 - 25 6. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1 o la pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en donde el conjunto de fluido o uno o más de los conjuntos de lente de fluido están configurados para tener una potencia óptica negativa global cuando la membrana se expande hasta el nivel de inflado máximo.
 - 30 7. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1 o la pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en donde el conjunto de fluido o uno o más de los conjuntos de lente de fluido están configurados para tener una potencia óptica negativa global cuando la membrana se expande entre el nivel de inflado mínimo y el nivel de inflado máximo.
 - 35 8. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1 o la pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en donde el conjunto de fluido o uno o más de los conjuntos de lente de fluido están configurados para tener una potencia óptica positiva global cuando la membrana se expande hasta el nivel de inflado máximo.
 - 40 9. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1 o la pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en donde el conjunto de fluido o uno o más de los conjuntos de lente de fluido están configurados para tener una potencia óptica positiva global cuando la membrana se expande parcialmente entre el nivel de inflado mínimo y el nivel de inflado máximo.
 - 45 10. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1 o la pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en donde el conjunto de fluido o uno o más de los conjuntos de lente de fluido están configurados para tener un intervalo de 3 dioptrías de potencia óptica entre el nivel de inflado mínimo y el nivel de inflado máximo.
 - 50 11. El conjunto de lente de fluido de la reivindicación 1 o la pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en donde el conjunto de fluido o uno o más de los conjuntos de lente de fluido tiene una forma no circular.
 - 55 12. La pieza ocular correctora de la reivindicación 5, en la que una o más de las lentes de fluido incluyen una superficie cóncava adyacente a la capa de fluido.
 13. La pieza ocular correctora de la reivindicación 11, en la que una o más de las lentes de fluido incluyen una superficie cóncava adyacente a la capa de fluido.

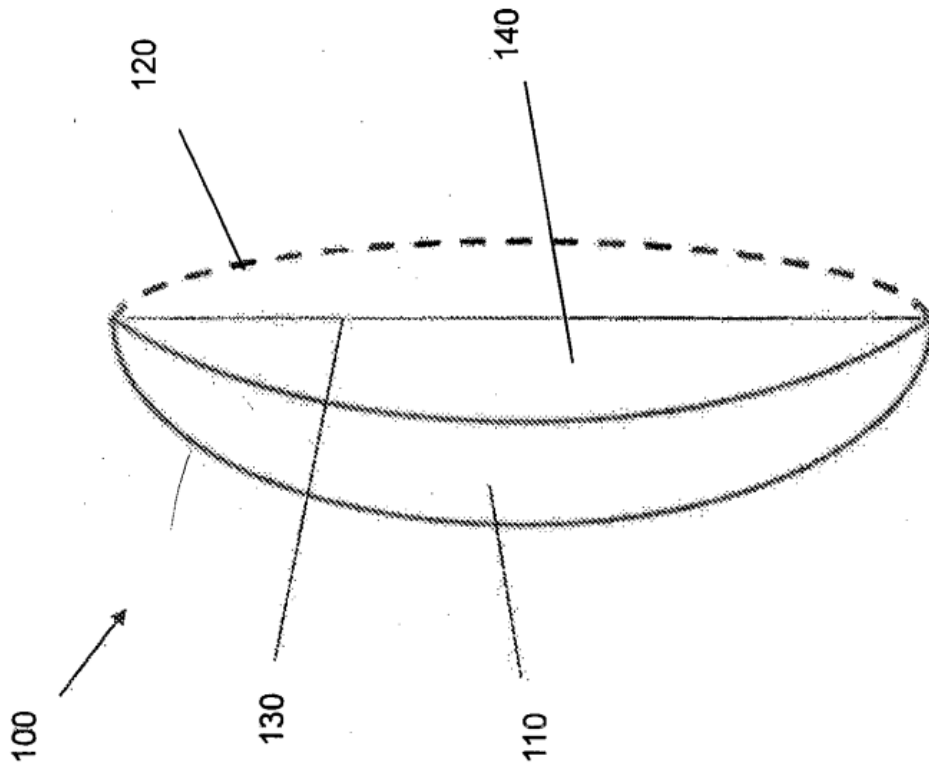


FIG. 1

Curva frontal de la lente rígida	Potencia de la lente rígida	Potencia del elemento de lente de fluido	Intervalo de ajustabilidad
5,00 D	3,00 D	4,69 D	4,69 D a 7,69 D
4,00 D	2,00 D	3,69 D	3,69 D a 6,69 D
3,00 D	1,50 D	2,77 D	2,77 D a 5,77 D
2,00 D	1,00 D	1,85 D	1,85 D a 4,85 D

FIG. 2

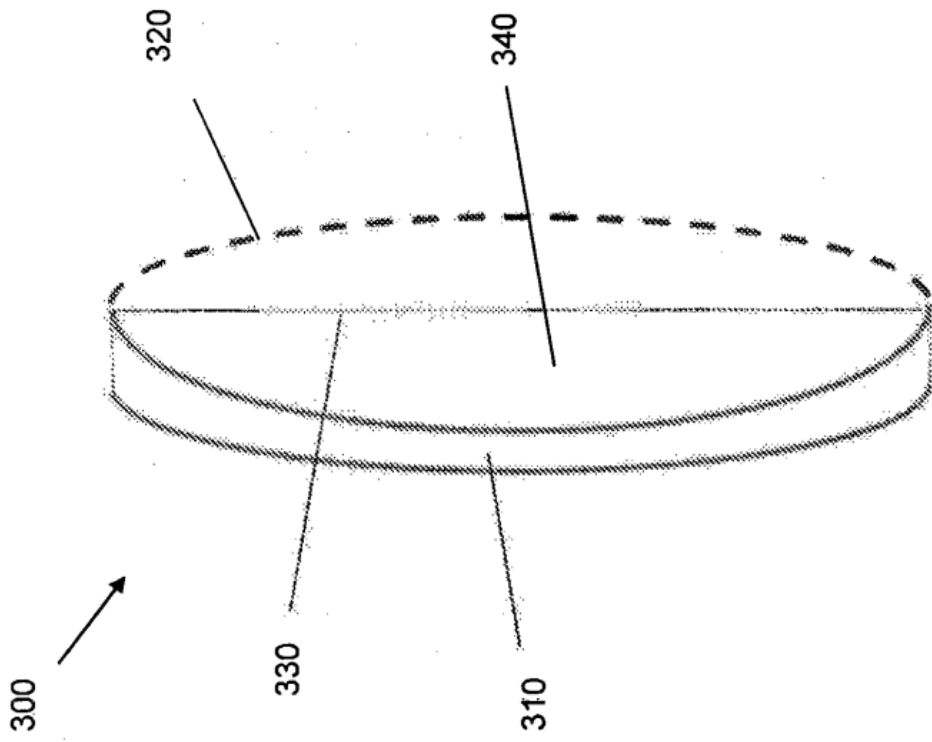


FIG. 3

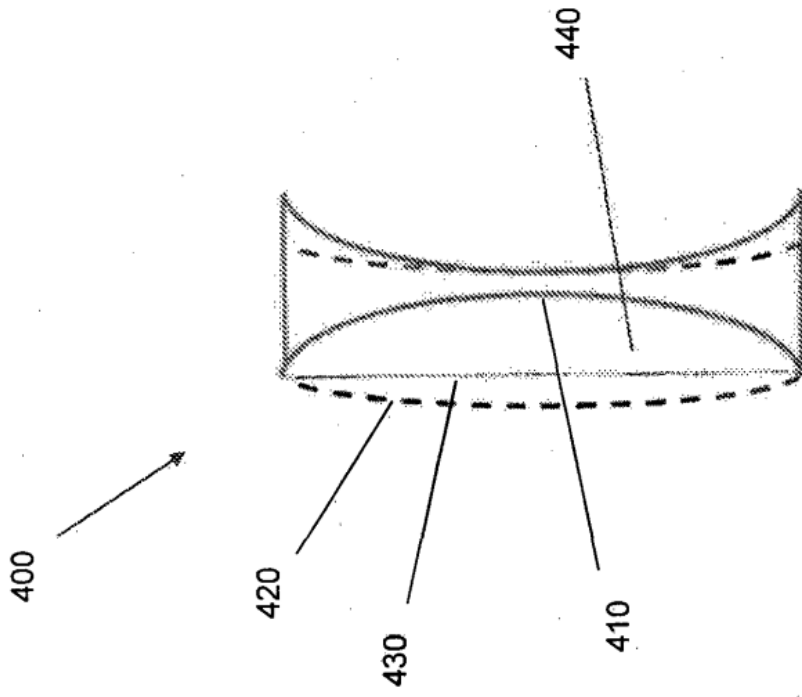


FIG. 4

Curva frontal de la lente rígida	Potencia de la lente rígida	Potencia del elemento de lente de fluido	Intervalo de ajustabilidad
-1,00 D	-8,00 D	0,80 D	-7,2 D a -4,2 D
-3,00 D	-8,00 D	2,50 D	-5,5 D a -2,5 D
-3,00 D	-4,50 D	2,50 D	-2,0 D a +1,0 D

FIG. 5