(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 319 668**

(51) Int. Cl.:
A61F 2/16 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **05730084 .0**
(96) Fecha de presentación : **06.04.2005**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1667612**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **14.06.2006**

(54) Título: **Lente artificial enfocable para un ojo.**

(30) Prioridad: **07.04.2004 DE 10 2004 017 283**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.05.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.05.2009

(73) Titular/es: **Carl Zeiss Surgical GmbH**
Carl-Zeiss-Strasse 22
73447 Oberkochen, DE

(72) Inventor/es: **Obrebski, Andreas**

(74) Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Lente artificial enfocable para un ojo.

La presente invención se refiere a una lente artificial para un ojo, especialmente para un ojo humano.

En la cirugía ocular existen ya aplicaciones especiales en las que se sustituye el cristalino de un ojo por una lente artificial. En la, así llamada, cirugía de catarata se sustituye un cristalino - que por ejemplo se ha tornado opaco por la catarata - por una lente artificial. El cristalino de un ojo se halla en una fina envoltura: la, así llamada, cápsula lenticular. Para extraer el cristalino se crea un acceso al mismo mediante una fina incisión en la cápsula lenticular y luego se divide en primer lugar el cristalino en pequeños fragmentos con un aparato micro-quirúrgico, que después se extraen por medio de un dispositivo de aspiración. A continuación se inserta una lente artificial.

La ciencia del documento US 5443506 constituye el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención tiene el objetivo de crear una lente artificial para un ojo, en la que pueda modificarse la distancia focal. Este objetivo se logra según la invención mediante la lente artificial con las características según la reivindicación independiente 1.

La lente artificial según la presente invención consiste en una prótesis de cristalino que puede insertarse en el ojo en lugar del cristalino natural. Según la invención, está previsto que la lente artificial presente dos o más medios con flexibilidad de forma. En lo que se refiere a la presente descripción, "con flexibilidad de forma" indica que dichos medios no presentan una superficie rígida, sino que pueden cambiar su forma. Según la invención está previsto además que los dos medios con flexibilidad de forma estén directamente en contacto uno con otro.

La invención no está limitada a un número determinado de medios con flexibilidad de forma distintos por lente artificial, ni a unos materiales determinados para los medios con flexibilidad de forma, ni a unos estados determinados de los medios con flexibilidad de forma. Éstos pueden elegirse de forma apropiada en función del caso de aplicación y de las propiedades ópticas deseadas para la lente artificial. En el curso de esta descripción se explicarán más detalladamente algunos ejemplos no exclusivos al respecto.

Mediante la utilización de medios con flexibilidad de forma, que constituyen los elementos de la lente artificial, se logra una lente ajustable. Ahora es en particular posible crear una lente que puede ajustarse de forma variable en su longitud o distancia focal e insertarse en el ojo como lente artificial. Esto da lugar a una serie de nuevos y ventajosos campos de aplicación, como se explicará más detalladamente en el curso de esta descripción.

Los, al menos, dos medios con flexibilidad de forma se hallan ventajosamente en un recipiente de alojamiento, que constituye el cuerpo de la lente artificial. El recipiente de alojamiento puede estar configurado de diferentes formas. En el curso de esta descripción se explicarán más detalladamente algunos ejemplos no exclusivos al respecto.

Una de las grandes ventajas es que, mediante el empleo de los medios con flexibilidad de forma como elementos de lente, la lente artificial resulta ahora adecuada para la acomodación. "Acomodación" significa en general la adaptación del ojo a una distancia determinada. En un ojo emétrope en posición de reposo, el punto lejano está en el infinito. Acomodación es la capacidad del ojo de, con un aumento de la refringencia, representar de manera nítida en la retina objetos cercanos. Así pues, acomodación es la modificación de la refringencia de una lente para "ver de manera nítida" objetos a distancias variables. Esto se denomina también amplitud de acomodación. Ésta disminuye con el aumento de la edad. La disminución de la capacidad de acomodación es la causa de la presbicia.

Mediante el empleo de una lente artificial según la presente invención es ahora posible compensar la disminución de la capacidad de acomodación, ya que permite ajustar su distancia focal.

La lente artificial puede presentar ventajosamente una refringencia definida preajustada. Con ello se logra que la lente artificial permita una visión nítida en un margen de distancias determinado, que está adaptado a la refringencia definida preajustada. La refringencia preajustada puede diferir en función de la persona que lleve una de estas lentes artificiales, o bien según sus predilecciones y requisitos, de modo que los márgenes de distancia preajustados en los que es posible una visión nítida pueden diferir individualmente.

En otra configuración, la lente artificial puede presentar un margen dinámico definido de la refringencia. El margen dinámico indica en cuántas dioptrías, puede variar la refringencia de la lente artificial. La invención no está limitada a ningún margen dinámico determinado. El margen dinámico puede comprender ventajosamente, al menos, 1,5 dioptrías, preferentemente, al menos, 2,5 dioptrías y de forma muy especialmente preferida, al menos, 4 dioptrías.

Si se desea enfocar la lente artificial dentro del margen dinámico en la medida de la refringencia definida preajustada, dicho enfoque puede realizarse mediante un dispositivo de mando adecuado, que se explicará más detalladamente en el curso de esta descripción. Si se desea una visión nítida fuera de la refringencia definida preajustada, o bien del margen dinámico definido, de la lente artificial, dicha visión nítida puede hacerse posible mediante - especialmente como complemento - una ayuda de visión adecuada, por ejemplo unas gafas.

La lente artificial presenta en particular una refringencia preajustada preferentemente a un valor tal que - con un margen dinámico dado de la lente artificial - permita una visión nítida en un margen de distancia preferido y/o lo mayor posible.

A continuación se describe en primer lugar un ejemplo de una gama de distancias preferida. Por ejemplo, una persona que trabaje en pantalla preferirá posiblemente, con un margen dinámico pequeño de la lente artificial (menos de 2 a 3 dioptrías), un valor preajustado de la refringencia que le permita ver nítidamente dentro de un margen de algunos centímetros a unos pocos metros. Posiblemente, preferirá una refringencia preajustada que permita una visión nítida a la distancia que le separa de la pantalla sin tener que activar un dispositivo de mando.

Con márgenes dinámicos mayores (por ejemplo a partir de 3 a 4 dioptrías) puede preajustarse una refringencia para la visión a mayores distancias (infinito), lo que corresponde al estado natural de un cristalino natural con el músculo ciliar relajado y permite todavía una visión de cerca razonable.

La lente artificial puede estar preajustada preferentemente de modo que - sin activar un dispositivo de mando - permita una visión nítida al infinito.

Preferentemente se tiene también en cuenta la refringencia de la córnea. Mediante la lente artificial pueden compensarse los eventuales defectos de la misma, porque la lente artificial pone a disposición una refringencia adicional constante. Esta refringencia adicional constante no tiene que ser necesariamente simétrica en sentido radial. Por ejemplo, un astigmatismo del ojo puede curarse/compensarse mediante una refringencia distinta en la dirección X que en la dirección Y.

El alcance de la visión nítida puede elegirse distinto según el caso de aplicación, pero debería hallarse dentro de un margen entre 1 cm y el infinito. Naturalmente, la refringencia puede estar preajustada también de tal manera que se haga posible una visión nítida a una distancia que corresponda a un submargen del margen de distancias arriba mencionado

La lente artificial presenta ventajosamente un recipiente de alojamiento que constituye el cuerpo de la lente y en el que están previstos dos o más medios con flexibilidad de forma. Los medios con flexibilidad de forma están fijados espacialmente en el recipiente de alojamiento y se tocan en, al menos, una superficie límite. La fijación puede realizarse con medios de fijación adecuados. En el curso de esta descripción se explicarán más detalladamente algunos ejemplos no exclusivos de medios de fijación adecuados. Pueden utilizarse por ejemplo medios con flexibilidad de forma que no sean miscibles.

Además pueden estar previstos medios para modificar el tamaño y/o la forma de la o las superficies límite entre los medios con flexibilidad de forma. En principio, la invención no está limitada a un tipo determinado de medios. Lo único importante es que los medios tengan flexibilidad de forma.

Resulta ventajoso prever un dispositivo de mando para controlar la lente artificial. Con tal dispositivo de mando es posible controlar la lente artificial, o los medios destinados a modificar el tamaño y/o la forma de la o las superficies límite, en la manera deseada.

El control de la lente artificial, o de los medios destinados a modificar el tamaño y/o la forma de la o las superficies límite, puede realizarse de distintas maneras. Por ejemplo, es concebible que se realice un control directo por medio de los músculos oculares, por ejemplo los músculos ciliares. En este caso, el músculo ocular constituye el dispositivo de mando, y la lente artificial, o los medios destinados a modificar el tamaño y/o la forma de la o las superficies límite, está(n) unida(os) o puede(n) unirse al músculo ocular.

También es concebible que el dispositivo de mando esté configurado para el control manual o automático desde el exterior. Por ejemplo, existe la posibilidad de que el dispositivo de mando presente un elemento de ajuste y el control se realice por medio del elemento de ajuste - en particular un elemento de ajuste interior. La invención no está limitada a ningún tipo determinado de elemento de ajuste. Puede tratarse, por ejemplo, de micro-accionamientos, micro-bombas, micro-motores y similares. Además, también es posible un mando acoplado a un sistema de enfoque automático. En este caso, el dispositivo de mando puede presentar un sistema de enfoque automático o estar configurado como un sistema de enfoque automático. El sistema de enfoque automático transmite entonces señales de ajuste adecuadas a la lente artificial. Los sistemas de enfoque automático en sí son ya conocidos en el estado actual de la técnica, por lo que prescindiremos de una explicación detallada en este punto.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la invención no está limitada a ninguna forma de configuración determinada del recipiente de alojamiento. Por ejemplo, puede estar previsto que, al menos, una delimitación del recipiente de alojamiento presente, al menos, en ciertas zonas, un contorno convexo. De este modo puede imitarse el contorno del cristalino a sustituir. Una delimitación del recipiente de alojamiento es, por ejemplo, una pared del recipiente.

Resulta ventajoso que una o varias delimitaciones del recipiente de alojamiento estén configuradas transparentes, al menos en ciertas zonas, para permitir el paso de la luz.

Por ejemplo, es posible que, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma esté configurado transparente, al menos en ciertas zonas. Sin embargo, ventajosamente está previsto que todos los medios con flexibilidad de forma estén configurados transparentes, al menos parcialmente.

Resulta ventajoso que, al menos, un medio con flexibilidad de forma se apoye, al menos en ciertas zonas, sobre, al menos, una superficie de apoyo dentro del recipiente de alojamiento. La superficie de apoyo puede hallarse en distintos lugares dentro del recipiente de alojamiento, de modo que la invención no está limitada a ninguna variante de disposición o configuración. A continuación se describen algunos ejemplos no exclusivos al respecto. La superficie de apoyo puede tratarse por ejemplo de, al menos, una zona parcial de una pared exterior del recipiente, por ejemplo el fondo del recipiente y/o un elemento de tapa y/o, al menos, una pared lateral. En la variante mencionada en último lugar puede realizarse en particular una configuración en la que el medio con flexibilidad de forma no toque el fondo del recipiente, sino que se apoye sólo contra las paredes laterales. Naturalmente, también son concebibles variantes de configuración en las que la superficie de apoyo arriba mencionada se trate de, al menos, una zona parcial de una capa intermedia dispuesta en el interior del recipiente de alojamiento. En los lugares en que el medio con flexibilidad de forma se apoya en la superficie de apoyo del recipiente de alojamiento, éste se encuentra compuesto preferentemente a base de un material transparente, de modo que la luz entrante desde el exterior en el recipiente de alojamiento pueda atravesar las paredes del recipiente y los medios con flexibilidad de forma transparentes que se hallan en el mismo.

La invención no está limitada a ningún tipo de medio determinado. Por ejemplo, es posible que, al menos, un medio con flexibilidad de forma sea un líquido. Éste puede tratarse por ejemplo de agua, agua con sales añadidas y similares. Al menos un medio con flexibilidad de forma puede estar previsto, por ejemplo, como aceite. Naturalmente, los medios con flexibilidad de forma también pueden tener otra configuración. Lo único importante es que los medios tengan flexibilidad de forma. Por lo tanto, también es concebible, por ejemplo, que, al menos, un medio con flexibilidad de forma esté previsto a modo de gel.

Ventajosamente puede estar previsto que, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma esté previsto en forma de una o varias gotas. Por gota se ha de entender de manera general una pequeña cantidad de medio con, al menos ciertas zonas, con forma esférica u ovalada.

Los medios con flexibilidad de forma pueden presentar preferentemente la misma densidad, o aproximadamente la misma densidad, con el fin de excluir efectos de gravitación.

En otra configuración puede estar previsto que los medios con flexibilidad de forma presenten la misma densidad, o aproximadamente la misma densidad, para un intervalo de temperaturas determinado. Este intervalo de temperaturas está adaptado en particular a la temperatura corporal de la persona que lleva una lente artificial de este tipo. El intervalo de temperaturas puede estar por ejemplo entre 30ºC y 45ºC, preferentemente entre 35ºC y 40ºC y de forma muy especialmente preferida entre 36ºC y 38ºC.

Además, al menos dos de los medios con flexibilidad de forma pueden presentar propiedades ópticas enteramente diferentes, por ejemplo índices ópticos diferentes. Puede estar previsto, por ejemplo, que presenten índices de refracción diferentes. Así, según un ejemplo ventajoso no exclusivo, está previsto que un medio con flexibilidad de forma presente un índice de refracción bajo, mientras que otro medio con flexibilidad de forma presenta un índice de refracción alto.

Si los medios con flexibilidad de forma se apoyan en una superficie de apoyo transparente, por ejemplo en una delimitación, al menos, parcialmente transparente del recipiente de alojamiento, estas zonas transparentes de la superficie de apoyo o de la delimitación del recipiente presentan preferentemente un índice de refracción igual o similar al del medio con flexibilidad de forma apoyado en las mismas. De este modo se evitan trayectorias de rayos rotas y reflexiones no deseadas. Naturalmente, también pueden realizarse configuraciones en las que los índices de refracción respectivos sean diferentes. Esto puede aprovecharse por ejemplo para ajustar efectos ópticos especiales.

Ventajosamente puede estar previsto que los medios destinados a modificar la o las superficies límite desplacen un medio con flexibilidad de forma en la dirección del respectivo otro medio con flexibilidad de forma, de tal manera que la curvatura de, al menos, una superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma, varíe.

La invención no está limitada de manera alguna a una configuración determinada de los medios destinados a modificar la o las superficies límite entre los medios con flexibilidad de forma. A continuación se ofrecen algunos ejemplos no exclusivos al respecto.

Los medios destinados a modificar la o las superficies límite pueden por ejemplo estar dispuestos en forma de anillo alrededor de una abertura interior. En este caso, los medios anulares pueden estar configurados en una pieza o también en varias piezas, dependiendo de la forma de realización.

La abertura interior puede corresponder, al menos parcialmente, al diámetro máximo de la pupila del ojo al que va destinada la lente artificial.

Por ejemplo, puede estar previsto que los medios destinados a modificar el tamaño y/o la forma de la o las superficies límite entre los medios con flexibilidad de forma estén construidos bajo el principio de la electro-humectación (electrowetting).

El principio de la electro-humectación mediante la generación de un campo eléctrico puede prever ahora que un primer medio con flexibilidad de forma y un segundo medio con flexibilidad de forma, presenten una conductividad eléctrica diferente. El medio con menor conductividad eléctrica, por ejemplo un aceite, puede estar dispuesto entre el medio con mayor conductividad eléctrica, por ejemplo agua o agua con aditivos, y al menos un electrodo. Puede estar previsto, por ejemplo, que el medio con menor conductividad eléctrica esté dispuesto en una superficie de un substrato, mientras que en la otra superficie del substrato está dispuesto el, al menos, un electrodo. Si en estas condiciones se aplica un campo eléctrico entre el, al menos, un electrodo y el medio con mayor conductividad eléctrica, se modifica con ello la superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma.

Los medios destinados a modificar la superficie límite actúan sobre un medio electroconductor. Aplicando una tensión eléctrica se modifica, a través del medio electroconductor, la capacidad de humectación de una superficie en la que esté apoyado dicho medio electroconductor, con lo que también es posible modificar así indirectamente el contorno del medio eléctricamente aislante.

Una aplicación de este fenómeno se conoce ya por ejemplo por el documento US-A-5659330. En este documento se describe un dispositivo de visualización en el que unas gotas individuales de un líquido conductor están dispuestas sobre una capa aislante. Bajo esta capa aislante hay electrodos. Mediante la generación selectiva de un campo eléctrico puede variarse la forma de cada gota de líquido conductor, con lo que se genera un píxel de color de una imagen.

En el documento DE 69804119 T2 se describe una solución de cómo puede emplearse el principio de la electro-humectación en general también en el terreno de los elementos de lente. La invención descrita en dicho documento pertenece al campo de las lentes focales ajustables, y en particular al campo de las lentes líquidas con un foco ajustable controlado eléctricamente. De acuerdo con dicho documento, el elemento de lente descrito en el mismo permite ajustar el foco de forma continua por medio de la, así llamada, “electrohumectación”. Según esta solución ya conocida se pone a disposición un elemento óptico para el ajuste variable de la longitud focal. La longitud focal se trata en general de la distancia del punto focal al plano del elemento óptico, por ejemplo al plano de la lente.

El elemento óptico ya conocido consta de un recipiente de alojamiento, que contiene un primer líquido eléctricamente conductivo, así como una gota de un segundo líquido aislante. Los dos líquidos son inmiscibles y están fijados espacialmente en el recipiente de alojamiento. Los dos líquidos están en contacto mutuo en una superficie límite. La gota del segundo líquido está dispuesta concéntricamente alrededor del eje óptico del elemento óptico, extendiéndose el eje óptico también a través de una zona transparente del fondo del recipiente de alojamiento. El primer líquido, eléctricamente conductivo, se apoya, al menos en ciertas zonas, en unos electrodos que se hallan dentro del recipiente de alojamiento. Además está previsto, al menos, un electrodo adicional, que está dispuesto fuera del fondo del recipiente. Este electrodo adicional está dispuesto en la superficie del fondo del recipiente opuesta al interior del recipiente.

Por último, el elemento óptico ya conocido presenta medios destinados a modificar la superficie límite entre los líquidos. Estos medios permiten generar un campo eléctrico entre los electrodos. Con ello se modifica la capacidad de humectación de la superficie cubierta con el primer líquido, que es conductivo, de modo que además cambia también la forma de la gota del segundo líquido, que es aislante. Mediante la variación del tamaño y/o la forma de la superficie límite entre los dos líquidos puede ajustarse de manera continua el foco del elemento óptico.

Se conocen también soluciones similares, por ejemplo por el documento WO 03/071335 A2 y el documento WO 03/069380 A1.

En otra configuración, los medios destinados a modificar la o las superficies límite pueden estar configurados para actuar sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma, estando los medios destinados a modificar la o las superficies límite previstos para generar una presión sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma y siendo o pudiendo ser desplazado, en particular empujado, un medio con flexibilidad de forma mediante estos medios contra, al menos, una superficie límite en, al menos, una dirección predominante, en dirección al respectivo otro medio con flexibilidad de forma. Tales medios pueden tener un diseño sencillo y configurarse de modo que ahorren energía, necesitando dichos medios con frecuencia únicamente tensiones de mando muy pequeñas. A este respecto, la conductividad eléctrica de los medios no tiene importancia alguna.

Mediante estos medios se logra ejercer una presión sobre el medio con flexibilidad de forma correspondiente, de modo que éste puede ser desplazado - en particular empujado - contra la superficie límite en, al menos, una dirección predominante, en dirección al respectivo otro medio con flexibilidad de forma. Esta dirección predominante puede tratarse preferentemente del eje óptico de la lente artificial. En este caso, la modificación de la distancia focal de la lente artificial, y con ello la modificación de la longitud focal, se realiza, por así decirlo, empujando un medio con flexibilidad de forma en dirección al otro medio con flexibilidad de forma.

Puede estar previsto por ejemplo que los medios destinados a modificar la o las superficies límite estén configurados para actuar sobre un segundo medio con flexibilidad de forma y que el segundo medio con flexibilidad de forma sea o pueda ser desplazado, en particular empujado, a través de estos medios contra, al menos, una superficie límite en al

menos una dirección predominante, en dirección a un primer medio con flexibilidad de forma. Adicionalmente o como alternativa, es concebible también que los medios destinados a modificar la o las superficies límite estén configurados para actuar sobre un primer medio con flexibilidad de forma y que el primer medio con flexibilidad de forma sea o pueda ser desplazado, en particular empujado, por estos medios contra, al menos, una superficie límite en, al menos, una dirección predominante, en dirección a un segundo medio con flexibilidad de forma.

En otra configuración puede estar previsto también que dos medios con flexibilidad de forma se toquen en dos superficies límite y que un medio con flexibilidad de forma sea o pueda ser desplazado, en particular empujado, por los medios destinados a modificar las superficies límite contra una o ambas superficies límite en, al menos, una dirección predominante, en dirección al respectivo otro medio con flexibilidad de forma. En un caso así, también es posible, por ejemplo, que puedan elegirse dos direcciones predominantes: una para cada superficie límite. Según un perfeccionamiento ventajoso, estas direcciones predominantes pueden estar orientadas en sentidos opuestos.

Ventajosamente puede estar previsto que un medio con flexibilidad de forma sea desplazado, en particular empujado, por los medios destinados a modificar la o las superficies límite en dirección a otro medio con flexibilidad de forma de tal modo que cambie la curvatura de, al menos, una superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma.

Según otra forma de configuración, al menos un medio con flexibilidad de forma puede estar rodeado por todos los lados por otro medio con flexibilidad de forma, estando los medios destinados a modificar la superficie límite configurados para actuar sobre, al menos, un medio con flexibilidad de forma y estando los medios destinados a modificar la o las superficies límite configurados para generar una presión sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma.

En esta solución no es necesaria una superficie de apoyo especial. Más bien, un primer medio con flexibilidad de forma rodeado por todos los lados, que en su estado original presenta ventajosamente una configuración esférica, está rodeado enteramente por un segundo medio con flexibilidad de forma. El primer medio con flexibilidad de forma puede tratarse por ejemplo nuevamente de agua y el segundo medio con flexibilidad de forma puede tratarse ventajosamente de un aceite adecuado. Los dos medios con flexibilidad de forma presentan ventajosamente la misma densidad, con el fin de que el segundo medio con flexibilidad de forma se mantenga en su posición dentro del primer medio con flexibilidad de forma y no pueda descender, es decir para poder excluir eficazmente efectos de gravitación.

Los medios destinados a modificar la superficie límite ejercen una presión sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma. Si la presión se ejerce sobre un primer medio con flexibilidad de forma, la presión se transmite de este primer medio con flexibilidad de forma a un segundo medio con flexibilidad de forma, de modo que este último es comprimido en el punto de acción de la presión, lo que hace que cambie el tamaño y/o la forma de la superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma. El segundo medio con flexibilidad de forma puede hacerse pasar, por ejemplo, de su forma esférica original a una configuración elíptica. Si la presión se ejerce sobre el segundo medio con flexibilidad de forma, éste se extenderá contra el primer medio con flexibilidad de forma, de modo que también en este caso cambiará el tamaño y/o la forma de la superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma.

Los medios destinados a modificar la o las superficies límite pueden estar configurados por ejemplo como medios mecánicos, por ejemplo en forma de un dispositivo de pistón, un dispositivo de émbolo, un dispositivo de cilindro y similares.

En otra configuración, los medios destinados a modificar la o las superficies límite pueden estar configurados también por ejemplo en forma de, al menos, una membrana controlable.

En los dos casos arriba mencionados, resulta ideal por ejemplo un control directo por medio de los músculos oculares, por ejemplo los músculos ciliares. Siempre que los medios destinados a modificar la o las superficies límite funcionen a base de magnetismo, electricidad o electromagnetismo, puede realizarse por ejemplo un control manual desde el exterior, mediante por ejemplo el desplazamiento de un imán, la activación adecuada de un electroimán o similares.

Por supuesto, la invención tampoco está limitada a ningún tipo de accionamiento determinado para los medios destinados a modificar la superficie límite. Por ejemplo es posible que los medios estén configurados para ser accionados eléctricamente. Las tensiones necesarias en este caso están dentro de un bajo rango de voltios. Por lo tanto, este tipo de medios son particularmente inofensivos desde el punto de vista médico y ahorran energía y costes. Por supuesto, también son posibles otros tipos de accionamiento para los medios destinados a modificar la superficie límite. Así, por ejemplo, es concebible que estén configurados para un accionamiento magnético y/o electromagnético y/o neumático y/o hidráulico y/o piezoeléctrico, o similares.

En una forma de realización ventajosa, el accionamiento de los medios destinados a modificar la superficie límite puede controlarse por ejemplo mediante el nervio óptico del ojo. En un caso así, el accionamiento de los medios, especialmente en caso de un accionamiento mecánico, podría realizarse también mediante grupos musculares de alrededor del ojo.

La fijación espacial de los medios con flexibilidad de forma dentro del recipiente de alojamiento puede realizarse mediante medios de fijación adecuados. Esto es particularmente importante, porque la trayectoria de los rayos ha de atravesar de forma definida la lente artificial. La fijación espacial se realiza preferentemente mediante medios de fijación adecuados para ello. Sin embargo, la invención no está limitada a ningún tipo determinado de agente de fijación.

Los medios de fijación pueden estar configurados ventajosamente en forma de uno o varios revestimientos superficiales diferentes dentro del recipiente de alojamiento. Adicionalmente o como alternativa, los medios de fijación pueden estar configurados a modo de conformaciones geométricas, al menos de ciertas zonas del recipiente de alojamiento. Dichas conformaciones pueden tratarse por ejemplo de salientes, destalonados, escotaduras y similares.

Los medios de fijación pueden estar dispuestos y/o configurados por ejemplo en, al menos, una pared del recipiente de alojamiento, o en al menos una zona de, al menos, una pared del recipiente de alojamiento. También es posible que los medios de fijación estén dispuestos o configurados dentro del recipiente de alojamiento, por ejemplo en la zona de una superficie de apoyo o similar que sirva de capa intermedia.

A continuación se describen algunos ejemplos de realización ventajosos, no exclusivos, de medios de fijación adecuados.

Los medios de fijación pueden estar configurados por ejemplo en forma de una configuración superficial especial de la superficie de apoyo y/o en forma de un acabado superficial especial y/o en forma de un revestimiento superficial especial de la superficie de apoyo y/o del recipiente de alojamiento. En este caso puede tratarse por ejemplo de revestimientos hidrófilos y/o hidrófobos. La superficie está configurada ventajosamente de modo que pueda mantener en su posición el medio con flexibilidad de forma apoyado. El acabado superficial especial puede realizarse por ejemplo mediante un revestimiento superficial especial. Ventajosamente puede estar previsto un acabado superficial especial en lo que se refiere a la capacidad de humectación. Naturalmente, la invención no está limitada a los ejemplos mencionados.

Puede estar previsto, por ejemplo, que una parte del revestimiento esté compuesta de un material hidrófobo y otra parte del revestimiento de un material hidrófilo, y que los dos materiales distintos sean contiguos a lo largo de una línea divisoria. Esta línea divisoria, que es estática, es decir invariable, constituye también una línea divisoria entre los dos medios con flexibilidad de forma, de los cuales uno puede ser entonces ventajosamente agua o una solución acuosa y el otro por ejemplo aceite. Mediante el revestimiento correspondiente de una superficie puede lograrse que la posición de los medios con flexibilidad de forma en la superficie no cambie, que por lo tanto los medios estén fijados en esta área. En este caso, una modificación de la superficie límite entre los dos medios es posible en la forma descrita anteriormente sólo en la zona de la superficie límite libre entre los dos medios en la que los dos medios se tocan directamente y que se halla a cierta distancia de la superficie revestida.

Por ejemplo, es concebible que la fijación de los medios con flexibilidad de forma se realice mediante una elección adecuada de los materiales de superficie y/o de los revestimientos superficiales locales dentro del recipiente de alojamiento, por ejemplo de la delimitación o pared del recipiente de alojamiento. La fijación espacial de los medios con flexibilidad de forma puede realizarse también mediante la aplicación de una tensión adecuada, preferentemente predeterminada. En este caso resulta ventajoso que un primer medio con flexibilidad de forma esté configurado como medio electroconductor y un segundo medio con flexibilidad de forma esté configurado como medio eléctricamente aislante. Naturalmente, también es concebible lograr la fijación espacial mediante la configuración constructiva de las delimitaciones y/o la o las capas intermedias dentro del recipiente de alojamiento, por ejemplo dotándolas de salientes, cantos, destalonados, escotaduras y similares adecuados.

Los medios de fijación tienen en general como misión que la posición de los medios con flexibilidad de forma dentro del recipiente de alojamiento permanezca inalterada, para que mediante la lente artificial sea posible especialmente producir una trayectoria definida de los rayos. La posición se ha de entender aquí con relación a la pared del recipiente de alojamiento y/o con relación a una superficie de apoyo dentro del recipiente de alojamiento.

Ventajosamente puede estar previsto que en la superficie de apoyo del recipiente de alojamiento, por ejemplo en una capa intermedia - en la que se apoye un medio con flexibilidad de forma, esté prevista una abertura y que el medio con flexibilidad de forma esté fijado en la zona de esta abertura. La abertura, que corresponde ventajosamente al menos al diámetro máximo de la pupila del ojo al que va destinada la lente artificial, puede extenderse en particular alrededor de un eje óptico de la lente artificial, de modo que un rayo de luz pueda atravesar dicha abertura y a continuación los medios con flexibilidad de forma. Con este fin, todos los componentes de la lente artificial que entran en consideración están configurados transparentes, especialmente en la zona de la abertura.

En otra configuración pueden estar previstos también medios para estabilizar (estabilizadores) la estructura superficial de, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma. Estos estabilizadores pueden contrarrestar una descomposición no deseada de los contornos de los medios con flexibilidad de forma.

Los estabilizadores pueden dar cohesión a las estructuras superficiales de los medios con flexibilidad de forma sin que por ello se vea mermada esencialmente la calidad óptica de la lente artificial. La estabilización se realiza preferentemente mediante el empleo de estructuras externas y/o internas. Los estabilizadores pueden estar configurados

de diferentes maneras, de modo que la invención no está limitada a ninguna forma de configuración determinada. A continuación se describen algunos ejemplos no exclusivos al respecto.

Los estabilizadores pueden ventajosamente estar previstos, al menos parcialmente, en la zona de la o las superficies límite entre dos medios con flexibilidad de forma adyacentes. Sin embargo, aquí se ha de incluir también el que, al menos temporalmente, haya cierta distancia entre los estabilizadores y su o sus superficies límite. Esta distancia ha de elegirse de modo que no pueda producirse una destrucción de la estructura superficial de los medios con flexibilidad de forma.

La configuración de los estabilizadores puede ser por ejemplo la de, al menos, una lámina - en particular elástica -, especialmente una lámina perforada o similar. En este caso, los estabilizadores constituyen una lámina de estabilización. Si los estabilizadores están configurados como una lámina continua, no es necesario que los medios con flexibilidad de forma sean no miscibles. En otra configuración, los estabilizadores pueden presentar al menos un elemento con una estructura de malla, en particular con al menos una estructura - posiblemente elástica - de hilos y/o cintas, o similares. También pueden estar previstos dos o más de tales elementos. Esto, dicho sea de paso, es aplicable también para los estabilizadores configurados como una lámina. La configuración elástica del, al menos, un elemento se trata de una característica opcional, que no es forzosamente necesaria para la factibilidad de la invención. En este caso, los estabilizadores constituyen por ejemplo una red de estabilización. La red de estabilización puede estar configurada ventajosamente como una red de malla fina de hilos o pequeñas cintas, que den cohesión a la estructura superficial del medio con flexibilidad de forma y no mermen esencialmente la calidad óptica. Resulta ventajoso que los distintos hilos no estén configurados demasiado gruesos. Sin embargo, también es posible una variación del espesor a lo largo de todo el contorno. Especialmente en los puntos en que actúan grandes cargas sobre los estabilizadores al cambiar la superficie límite entre los medios con flexibilidad de forma, los hilos pueden ser más gruesos que, por ejemplo, en los puntos donde se produce una menor carga.

La invención no está limitada a ningún material determinado en el que puedan estar fabricados los estabilizadores. Como materiales resultan adecuados, por ejemplo, las fibras de vidrio, el nailon y similares.

Resulta ventajoso que los estabilizadores estén configurados transparentes, al menos en ciertas zonas o parcialmente. De este modo se evita que la calidad óptica de la lente artificial se vea mermada por los estabilizadores adicionales. Sin embargo, en principio también son concebibles estabilizadores no transparentes, siempre que no perjudiquen el funcionamiento del elemento óptico, por ejemplo si no son demasiado gruesos.

A continuación se describe a modo de ejemplo el empleo de estabilizadores para una lente artificial que presenta como elementos de lente dos medios con flexibilidad de forma. La descripción a modo de ejemplo puede por supuesto trasladarse también análogamente a lentes artificiales que presenten más de dos medios con flexibilidad de forma.

Dependiendo de la forma de configuración, los estabilizadores pueden estar dispuestos en el primer y/o el segundo medio con flexibilidad de forma.

Los estabilizadores pueden estar dispuestos por ejemplo dentro del segundo medio con flexibilidad de forma. En un caso así está previsto ventajosamente que los estabilizadores estén configurados de modo que el segundo medio con flexibilidad de forma quede sujeto a la o las superficies de los estabilizadores, en particular mediante un revestimiento superficial especial de los estabilizadores. Los estabilizadores, por ejemplo una red de estabilización, pueden por ejemplo estar revestidos superficialmente con un material, o estar compuestos de un material, que “sujete” a la superficie el segundo medio con flexibilidad de forma, por ejemplo en forma de un aceite, cuando la red de estabilización está colocada dentro del segundo medio con flexibilidad de forma. Así pues, los estabilizadores están configurados de manera que su o sus superficies se haga(n)/mantenga(n) humedecible(s) para el segundo medio con flexibilidad de forma.

También es posible que los estabilizadores estén dispuestos dentro del primer medio con flexibilidad de forma. En un caso así, los estabilizadores pueden estar configurados por ejemplo de modo que se desaloje el segundo medio con flexibilidad de forma de la o las superficies de los estabilizadores, en particular mediante un revestimiento superficial especial de los estabilizadores. Los estabilizadores, por ejemplo una red de estabilización, pueden por ejemplo estar revestidos superficialmente con un material, o estar compuestos de un material, que desaloje de la superficie el segundo medio con flexibilidad de forma, por ejemplo en forma de un aceite, cuando la red de estabilización está colocada fuera del segundo medio con flexibilidad de forma. Al mismo tiempo, el otro medio con flexibilidad de forma, o sea el primer medio, en el que en tal caso se hallan los estabilizadores - por ejemplo agua - no debe ser desalojado por los estabilizadores.

También son posibles formas de realización con estabilizadores dispuestos tanto dentro del primer medio con flexibilidad de forma como dentro del segundo medio con flexibilidad de forma.

Los estabilizadores pueden presentar preferentemente, al menos en ciertas zonas, un tensado previa. Esto significa que los estabilizadores pueden estar configurados con un contorno preformado. Por ejemplo, puede estar previsto que este contorno preformado esté adaptado al contorno de la superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma, por ejemplo en la zona de la extensión máxima y/o mínima del segundo medio con flexibilidad de forma.

Los estabilizadores pueden presentar ventajosamente un índice de refracción igual, o al menos similar, al del medio con flexibilidad de forma en el que se hallan. Si los estabilizadores se hallan dentro del segundo medio con flexibilidad de forma, su material debería tener el índice de refracción del segundo medio con flexibilidad de forma, por ejemplo el de un aceite o similar. Si los estabilizadores se hallan fuera del segundo medio con flexibilidad de forma, deberían tener preferentemente el índice de refracción del primer medio con flexibilidad de forma, por ejemplo agua.

A continuación se describe la invención más detalladamente por medio de unos ejemplos de realización y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que muestran:

- figura 1: una representación esquemática de un ojo humano;

- figura 2: un primer ejemplo de realización de una lente artificial según la presente invención;

- figura 3: un segundo ejemplo de realización de una lente artificial según la presente invención;

- figura 4: una vista esquemática desde arriba sobre la lente artificial representada en la figura 3; y

- figura 5: un tercer ejemplo de realización de una lente artificial según la presente invención.

En la figura 1 está representado en primer lugar en líneas generales un ojo humano 100. Detrás de la córnea 108 se halla el iris 101 con la pupila 103. La pupila 103 se halla delante del cristalino 102. Entre la córnea 108 y el iris 101 se halla la cámara ocular. En la parte posterior de la cámara del cuerpo vítreo 107 se halla la retina 105. Desde este punto parten los vasos centrales 104.

Según aumenta la edad de las personas, disminuye la amplitud de acomodación de su ojo. La disminución de la capacidad de acomodación es la causa de la presbicia. “Acomodación” significa en general la adaptación del ojo a una distancia determinada. En un ojo emétrope en posición de reposo, el punto lejano está en el infinito. Acomodación es la capacidad del ojo de, con un aumento de la refringencia, representar de manera nítida en la retina objetos cercanos.

Cambiando el cristalino 102 por una lente artificial (lente susceptible de implantarse) según la presente invención, como la descrita a continuación por medio de algunos ejemplos de realización en relación con las figuras 2 a 5, es ahora posible compensar la disminución de la capacidad de acomodación, ya que la lente artificial permite ajustar su distancia focal.

En la figura 2 está representado un primer ejemplo de realización de una lente artificial 10 según la presente invención, que se trata de una lente con distancia focal variable. La representación mostrada en la figura 2 es una ilustración del principio de funcionamiento en que se basa la lente artificial 10 con distancia focal variable. Es evidente que, si se utiliza como cristalino 102 en un ojo 100 (figura 1), una lente artificial 10 de este tipo ha de adaptarse en lo que se refiere a su configuración al contorno del ojo.

La lente artificial 10 representada en la figura 2 consta en primer lugar de un recipiente de alojamiento 11 que, entre otras cosas, está delimitado por un fondo de recipiente 20 y una tapa de recipiente 16 opuesta al mismo. El fondo de recipiente 20 y la tapa de recipiente 16 son delimitaciones 15 del recipiente de alojamiento 11. El recipiente de alojamiento 11 constituye el cuerpo de la lente artificial 10.

Perpendicularmente al fondo de recipiente 20 se extiende el eje óptico 25, a lo largo del cual se extiende la trayectoria 21 de un rayo de luz a través de la lente artificial 10.

Al menos en una zona alrededor del eje óptico 25, el fondo de recipiente 20 y también la tapa de recipiente 16 presentan una zona transparente. Naturalmente, también es concebible que el fondo de recipiente 20 y la tapa de recipiente 16 estén compuestos en su totalidad de un material transparente.

Dentro del recipiente de alojamiento 11 hay dos medios diferentes 12, 13, los dos con flexibilidad de forma, que son elementos de la lente artificial 10. Los dos medios 12, 13 son inmiscibles entre sí, presentan propiedades ópticas diferentes (índices de refracción n1 y n2 diferentes) y tienen al menos una densidad similar. Además, ambos medios 12, 13 son transparentes. En el presente ejemplo de realización, los medios con flexibilidad de forma 12, 13 pueden tratarse de líquidos, pudiendo por ejemplo el primer medio 12 estar configurado como agua y el segundo medio 13 como aceite.

Dentro del recipiente de alojamiento 11 se halla en el mismo una capa intermedia, que está configurada como superficie de apoyo 22 y dispone de una abertura 28. Igual que la zona transparente del fondo de recipiente 20, la abertura 28 también está configurada dentro de la capa intermedia 22 de forma concéntrica alrededor del eje óptico 25. La abertura 28 puede corresponder por ejemplo al diámetro máximo de la pupila del ojo al que va destinada la lente artificial 10.

En el ejemplo representado en la figura 2, las superficies del interior del recipiente de alojamiento 11 humectadas por el primer medio 12 están identificadas con una línea en trazos, mientras que las superficies humectadas por el segundo medio 13 están identificadas con una línea de trazos y puntos.

Los dos líquidos 12, 13 están fijados espacialmente en el recipiente de alojamiento 11 mediante unos medios adecuados, apoyándose el segundo líquido 13 dentro del recipiente de alojamiento 11, al menos en ciertas zonas, en la capa intermedia 22 configurada como superficie de apoyo. El segundo líquido 13 está fijado también en la zona de la abertura 28, de modo que el líquido 13, que, al menos, en la zona de la superficie límite 14 entre el primer y el segundo líquido 12, 13, presenta la forma de una gota, se extiende concéntricamente alrededor del eje óptico 25.

Así pues, un rayo de luz 21 que penetre en la lente artificial 10 atraviesa en primer lugar la zona transparente del fondo de recipiente 20, a continuación el segundo líquido 13 y la abertura 28 en la superficie de apoyo 22 dentro del recipiente de alojamiento 11, luego el primer líquido 12 y a continuación una zona transparente de la tapa de recipiente 16. Si el rayo de luz 21 penetra a través de la tapa de recipiente 16, la trayectoria del rayo se extiende exactamente a la inversa.

La distancia focal de la lente artificial 10 se modifica ahora modificando el tamaño y/o la forma de la superficie límite 14 - por ejemplo su curvatura - entre los dos líquidos 12, 13. Esto se realiza mediante unos medios 23 configurados correspondientemente. En el presente ejemplo de realización, los medios 23 destinados a modificar la superficie límite 14 están configurados en forma de una membrana 24, que forma parte de la capa intermedia 22. Junto a la membrana 24, o en la misma, se halla, al menos, una plaquita magnética o metálica 26. Sobre esta plaquita 26 puede actuarse por medio de un electroimán 27.

Si la plaquita 26 está configurada como plaquita magnética, al accionar el electroimán 27 ésta puede ser atraída en dirección al fondo de recipiente 20 o ser repelida en dirección a la tapa de recipiente 16, dependiendo de la polaridad. Si la plaquita 26 está configurada como plaquita metálica, al accionar el electroimán 27 es atraída.

Mediante los medios 23 destinados a modificar la superficie límite 14 es ahora posible actuar directamente sobre el líquido 13. Esto ocurre de tal modo el segundo líquido 13 se empuja contra la superficie límite 14 formada con el primer líquido 12, en, al menos, una dirección predominante - en el presente ejemplo en la dirección del eje óptico 25 - en dirección al primer líquido 12. Esto se realiza, de forma particularmente sencilla y con poco gasto de energía, accionando la membrana 24.

En su estado inicial, la membrana 24 se halla en su posición horizontal inicial. El segundo líquido 13 presenta la forma de una gota sobre la superficie de apoyo 22, presentando la superficie límite 14 entre los líquidos 12 y 13 una curvatura plana. Esto está representado mediante una línea continua.

Si ahora se acciona el electroimán 27 y se atrae la plaquita 26 por ejemplo en dirección al fondo de recipiente 20, esto hace que la membrana 24 también se desvíe en dirección al fondo de recipiente 20. De este modo el segundo líquido 13 es empujado a través de la abertura 28, con lo que la curvatura de la superficie límite 14 pasa a tener una forma considerablemente más convexa, que está representada mediante una línea en trazos. Así pues, el segundo líquido 13 es empujado en la dirección del eje óptico 25, en dirección al primer líquido 12.

El control de los medios 23 destinados a modificar la superficie límite puede realizarse directamente, por ejemplo mediante los músculos ciliares del ojo, o también manual o automáticamente desde el exterior. El control también puede realizarse como se ha explicado anteriormente, en la parte general de la descripción.

Para impedir que la gota del segundo líquido 13, se destruya, por ejemplo, debido a sacudidas o similares, están previstos unos estabilizadores 30. Los estabilizadores 30 pueden ser una lámina de estabilización 32, por ejemplo elástica, en particular una lámina perforada, o ser una red de estabilización con estructura de malla, o algo similar. La lámina de estabilización 32 está dispuesta en la superficie de apoyo 22 mediante unos elementos de fijación 33 adecuados.

En las figuras 3 a 5 están representados otros dos ejemplos de realización de una lente artificial 10 según la presente invención. El diseño fundamental de las lentes artificiales 10 con recipiente de alojamiento 11 y los medios flexibles 12, 13 corresponde en esencia a la forma de realización representada en la figura 2, por lo que a este respecto remitimos en primer lugar a las explicaciones anteriores relativas a la figura 2. Los componentes iguales se han provisto de referencias idénticas. En los ejemplos de realización según las figuras 3 a 5 también están previstos unos medios 23 destinados a modificar la o las superficies límite 14 entre los medios con flexibilidad de forma 12, 13, que están configurados de modo que pueden accionarse mecánicamente. Por supuesto, también pueden realizarse formas de configuración de la lente artificial 10 que funcionen según el principio de electro-humectación, descrito anteriormente.

La lente artificial 10 representada en las figuras 3 y 4 presenta un recipiente de alojamiento 11 con un fondo de recipiente 20 y una tapa de recipiente 16, que son delimitaciones 15 del recipiente de alojamiento 11, que constituye de nuevo el cuerpo de la lente artificial 10. Esta vez, la tapa de recipiente 16 presenta un contorno curvo y está adaptada a este respecto al contorno del cristalino.

El primer medio con flexibilidad de forma 12, por ejemplo agua, y el segundo medio con flexibilidad de forma 13, por ejemplo aceite, están uno en contacto con el otro en una superficie límite 14. Está prevista de nuevo una superficie de apoyo 22 en forma de una capa intermedia. La capa intermedia 22 dispone de una abertura 28. Los dos líquidos 12, 13 están fijados espacialmente en el recipiente de alojamiento 11 mediante unos medios adecuados, apoyándose el segundo líquido 13 dentro del recipiente de alojamiento 11, al menos en ciertas zonas, en la capa intermedia 22

configurada como superficie de apoyo. El segundo líquido 13 está fijado también en la zona de la abertura 28, de modo que el líquido 13, que, al menos, en la zona de la superficie límite 14 entre el primer y el segundo líquido 12, 13 presenta la forma de gota, se extiende concéntricamente alrededor del eje óptico. A este respecto remitimos adicionalmente a lo arriba explicado con relación a la figura 2. La abertura 28 puede presentar por ejemplo un diámetro que corresponda al menos al diámetro de la pupila del ojo en el que se ha de implantar la lente artificial. Así pues, la abertura 28 delimita la abertura interior de la lente 10.

De forma semejante al ejemplo de la figura 2, los medios 23 destinados a modificar la superficie límite disponen de una membrana 24, que esta vez sin embargo está dispuesta circularmente alrededor de la abertura (figura 4). La membrana puede ser parte integrante de la capa intermedia 22 y estar unida al recipiente de alojamiento 11. Esta unión puede realizarse mediante medios de fijación 17 adecuados. Naturalmente, la membrana 24 y el recipiente de alojamiento 11 pueden estar reunidos en un único componente. Dependiendo del tipo de accionamiento de la membrana 24, puede estar prevista en la misma de nuevo al menos una plaquita 26.

En el ejemplo según las figuras 3 y 4, los medios 23 destinados a modificar la superficie límite presentan un dispositivo de émbolo 18 con un émbolo móvil 19. Éste dispositivo 18 también está dispuesto circularmente alrededor de la abertura 28. El émbolo 19 puede ser por ejemplo magnético, con lo que su movimiento hará que se mueva la plaquita 26 y con ella la membrana 24. El desplazamiento de la membrana 14 repercute en los líquidos 12, 13 en la forma descrita en relación con la figura 2, de modo que el contorno de su superficie límite 14 cambia. Con ello cambia también la distancia focal de la lente artificial 10. Naturalmente, también es concebible que los medios 23 dispongan de un dispositivo de pistón, provocando ya el movimiento del pistón un desplazamiento del líquido 13. En otra configuración, el movimiento de la membrana podría realizarse también por medio de un elemento piezoeléctrico o similar.

El control de los medios 23 destinados a modificar la superficie límite puede realizarse de nuevo directamente, por ejemplo mediante los músculos ciliares del ojo, o también manual o automáticamente desde el exterior. El control también puede realizarse como se ha explicado anteriormente, en la parte general de la descripción.

En la figura 5 está representada por último una lente artificial 10 que, en lo que se refiere a su apariencia exterior, corresponde ya al cristalino 102 de un ojo 100 (figura 1). En lo que se refiere a su diseño y funcionamiento fundamentales, la lente 10 corresponde a las lentes representadas en las figuras 2 a 4. Por lo tanto, los componentes iguales están provistos de referencias idénticas. Nos referimos y remitimos además a las explicaciones correspondientes a las figuras.

La lente artificial 10 dispone de un recipiente de alojamiento 11 que constituye el cuerpo de lente 11, en el que, separados fundamentalmente uno de otro por una pared divisoria 22, se hallan dos medios con flexibilidad de forma 12, 13. Los medios con flexibilidad de forma 12, 13 se tratan de nuevo de líquidos, en el caso del medio 12 de agua y en el caso del medio 13 de aceite. Los medios con flexibilidad de forma 12, 13 presentan índices de refracción n1 y n2 diferentes. La pared divisoria 22, o pared intermedia, presenta una abertura 28 a través de la cual el medio 13 puede entrar en la zona del medio 12. Los dos medios 12, 13 se tocan en una superficie límite 14.

Tanto el fondo de recipiente 20 como la tapa de recipiente 16, que son delimitaciones 15 del recipiente de alojamiento 11, están constituidos a base de un material transparente. La tapa de recipiente 16 presenta, al menos, una zona flexible 29. El fondo de recipiente 20 presenta al menos una zona flexible 31. Las zonas flexibles 29 sirven para realizar una compensación de presión.

En la zona flexible 31 del fondo de recipiente están dispuestos los medios 23 destinados a modificar la superficie límite. Aquí puede tratarse, por ejemplo, de una disposición anular como la representada en las figuras 3 y 4, aunque por supuesto la invención no está limitada a esta configuración concreta.

Mediante el accionamiento de los medios 23 destinados a modificar la superficie límite se empujan las zonas flexibles 31 del fondo de recipiente 20 hacia adentro, al interior del recipiente de alojamiento. Con ello se produce un desplazamiento del medio 13, que sólo puede escapar a través de la abertura 28. Esto causa una modificación del contorno de la superficie límite 14 entre los medios 12 y 13 y con ello una modificación de la distancia focal de la lente artificial 10. Una compensación de presión correspondiente en la zona del medio 12 puede realizarse mediante las zonas flexibles 29 de la tapa de recipiente 16.

También en este caso, el control de los medios 23 destinados a modificar la superficie límite puede realizarse directamente, por ejemplo mediante los músculos ciliares del ojo, o también manual o automáticamente desde el exterior. El control también puede realizarse como se ha explicado anteriormente, en la parte general de la descripción.

Mediante la presente invención se crea una nueva lente artificial para un ojo. Las lentes artificiales empleadas hasta la fecha en un ojo en el marco de la cirugía ocular presentaban siempre una distancia focal fija, invariable. Según la presente invención se pone ahora a disposición una lente artificial para un ojo en la que puede variarse la distancia focal. Esto se realiza según la invención haciendo que la lente artificial presente como elementos de lente dos o más medios con flexibilidad de forma. Los medios con flexibilidad de forma están dispuestos preferentemente en un recipiente de alojamiento que constituye un cuerpo de lente. De este modo se crean nuevos campos de aplicación para

las lentes artificiales, por ejemplo la eliminación de la presbicia. Por supuesto, las lentes artificiales según la invención pueden utilizarse también en las aplicaciones ya existentes hoy en día - por ejemplo en la cirugía de catarata.

Lista de referencias

10 Lente artificial

11 Recipiente de alojamiento

12 Primer medio con flexibilidad de forma

13 Segundo medio con flexibilidad de forma

14 Superficie límite entre los medios

15 Delimitación del recipiente de alojamiento

16 Tapa de recipiente

17 Medios de fijación

18 Dispositivo de émbolo

19 Émbolo

20 Fondo de recipiente

21 Dirección del rayo de luz

22 Superficie de apoyo (capa intermedia)

23 Medios destinados a modificar la superficie límite

24 Membrana

25 Eje óptico

26 Plaquita

27 Electroimán

28 Abertura

29 Zona flexible de la tapa de recipiente

30 Estabilizador

31 Zona flexible del fondo de recipiente

32 Lámina de estabilización

33 Elemento de fijación

100 Ojo

101 Iris

102 Cristalino

103 Pupila

104 Vasos centrales

105 Retina

106 Cámara ocular

107 Cámara del cuerpo vítreo

108 Córnea

Referencias citadas en la descripción

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citado en la descripción

- US 5443506 A [0003]
- US 5659330 A [0042]
- DE 69804119 T2 [0043]
- WO 03071335 A2 A [0046]
- WO 03069380 A1 [0046]

REIVINDICACIONES

1. Lente artificial (10) para un ojo, que comprende como elementos de lente dos o más medios con flexibilidad de forma (12, 13), **caracterizada** porque dichos medios con flexibilidad de forma (12, 13) están previstos en forma de líquido o de gel, porque los medios con flexibilidad de forma (12, 13) están en contacto directo entre sí y porque los medios con flexibilidad de forma (12, 13) se tocan sobre al menos una superficie límite (14) y están dispuestos de modo que pueden desplazarse uno hacia otro.

2. Lente artificial según la reivindicación 1, **caracterizada** porque los, al menos, dos medios con flexibilidad de forma (12, 13) están dispuestos en un recipiente de alojamiento (11) que constituye un cuerpo de lente.

3. Lente artificial según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque está configurada de modo que resulte adecuada para la acomodación.

4. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque presenta una refringencia definida preajustada.

5. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque presenta un margen dinámico definido de la refringencia y porque el margen dinámico comprende preferentemente al menos 1,5 dioptrías, con preferencia al menos 2,5 dioptrías y de forma muy especialmente preferida al menos 4 dioptrías.

6. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque al menos dos medios con flexibilidad de forma (12, 13) están previstos en en un recipiente de alojamiento (11) que constituye un cuerpo de lente y porque dichos medios están fijados espacialmente en dicho recipiente de alojamiento (11).

7. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque los medios (12, 13) se tocan en al menos una superficie límite (14) y porque están previstos unos medios (23) destinados a modificar el tamaño y/o la forma de las superficies límite (14) entre los medios (12, 13).

8. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque está previsto un dispositivo de mando para controlar la lente artificial (10).

9. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** porque los medios con flexibilidad de forma (12, 13) no son miscibles.

10. Lente artificial según una de las reivindicaciones 2 a 9, **caracterizada** porque al menos una delimitación del recipiente de alojamiento (11) presenta un contorno convexo, al menos en ciertas zonas.

11. Lente artificial según una de las reivindicaciones 2 a 10, **caracterizada** porque una o varias delimitaciones del recipiente del recipiente de alojamiento (11) están configuradas transparentes, al menos en ciertas zonas.

12. Lente artificial según una de las reivindicaciones 2 a 11, **caracterizada** porque una o varias delimitaciones (15) del recipiente del recipiente de alojamiento (11) están compuestas a base de un material flexible, al menos en ciertas zonas.

13. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada** porque al menos uno de los medios con flexibilidad de forma (12, 13) está configurado transparente, al menos en ciertas zonas.

14. Lente artificial según una de las reivindicaciones 2 a 13, **caracterizada** porque al menos un medio con flexibilidad de forma (12, 13) se sitúa, al menos en ciertas zonas, apoyado contra, al menos, una superficie de apoyo (22) dentro del interior del recipiente de alojamiento (11).

15. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizada** porque al menos uno de los medios con flexibilidad de forma (12, 13) está configurado en forma de una o varias gotas.

16. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizada** porque los medios con flexibilidad de forma (12, 13) presentan la misma densidad, o aproximadamente la misma densidad.

17. Lente artificial según la reivindicación 16, **caracterizada** porque los medios con flexibilidad de forma (12, 13) presentan la misma densidad, o aproximadamente la misma densidad, en un intervalo de temperaturas determinado y porque el intervalo de temperaturas está comprendido preferentemente entre 30ºC y 45ºC, con preferencia entre 35ºC y 40ºC y de forma muy especialmente preferida entre 36ºC y 38ºC.

18. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizada** porque al menos dos de los medios con flexibilidad de forma (12, 13) presentan propiedades ópticas diferentes, en particular índices de refracción diferentes.

19. Lente artificial según una de las reivindicaciones 7 a 18, **caracterizada** porque un medio con flexibilidad de forma (13) es o puede ser desplazado por los medios (23) destinados a modificar las superficies límite (14) en dirección al respectivo otro medio con flexibilidad de forma (12) de tal manera que la curvatura de, al menos, una superficie límite (14) entre los dos medios con flexibilidad de forma (12, 13), varía.

20. Lente artificial según una de las reivindicaciones 7 a 19, **caracterizada** porque los medios (23) destinados a modificar las superficies límite están dispuestos en forma de anillo alrededor de una abertura interior (28).

21. Lente artificial según la reivindicación 20, **caracterizada** porque la abertura interior (28) corresponde, al menos, al diámetro máximo de la pupila del ojo al que va destinada la lente artificial (10).

22. Lente artificial según una de las reivindicaciones 7 a 21, **caracterizada** porque los medios (23) destinados a modificar el tamaño y/o la forma de las superficies límite entre los medios con flexibilidad de forma (12, 13) están construyen bajo el principio de la electro-humectación (electrowetting).

23. Lente artificial según la reivindicación 22, **caracterizada** porque un primer medio con flexibilidad de forma (12) y un segundo medio con flexibilidad de forma (13) presentan una conductividad eléctrica diferente, porque el medio con flexibilidad de forma (12) con menor conductividad eléctrica está dispuesto entre el medio con flexibilidad de forma (13) con mayor conductividad eléctrica y al menos un electrodo y porque, aplicando un campo eléctrico, al menos, entre un electrodo y el medio con flexibilidad de forma (13) con mayor conductividad eléctrica, se modifica o puede modificarse la superficie límite entre los dos medios con flexibilidad de forma (12, 13).

24. Lente artificial según una de las reivindicaciones 7 a 21, **caracterizada** porque los medios (23) destinados a modificar las superficies límite están configurados para actuar sobre al menos uno de los medios con flexibilidad de forma (13), porque los medios (23) destinados a modificar las superficies límite están configurados para generar una presión sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma (13) y porque un medio con flexibilidad de forma (13) es o puede ser desplazado, en particular empujado, mediante estos medios (23) contra, al menos, una superficie límite (14) en, al menos, una dirección predominante, en dirección al respectivo otro medio con flexibilidad de forma (12).

25. Lente artificial según una de las reivindicaciones 7 a 21, **caracterizada** porque al menos un medio con flexibilidad de forma está rodeado por todos los lados por otro medio con flexibilidad de forma, porque los medios (23) destinados a modificar las superficies límite están configurados para actuar sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma y porque los medios (23) destinados a modificar las superficies límite están configurados para generar una presión sobre, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma.

26. Lente artificial según la reivindicación 24 ó 25, **caracterizada** porque los medios (23) destinados a modificar las superficies límite están configurados como medios mecánicos.

27. Lente artificial según la reivindicación 26, **caracterizada** porque los medios mecánicos (23) están configurados como un dispositivo de pistón, un dispositivo de émbolo o un dispositivo de cilindro.

28. Lente artificial según una de las reivindicaciones 24 a 27, **caracterizada** porque los medios (23) destinados a modificar la o las superficies límite están configurados en forma de, al menos, una membrana controlable (24).

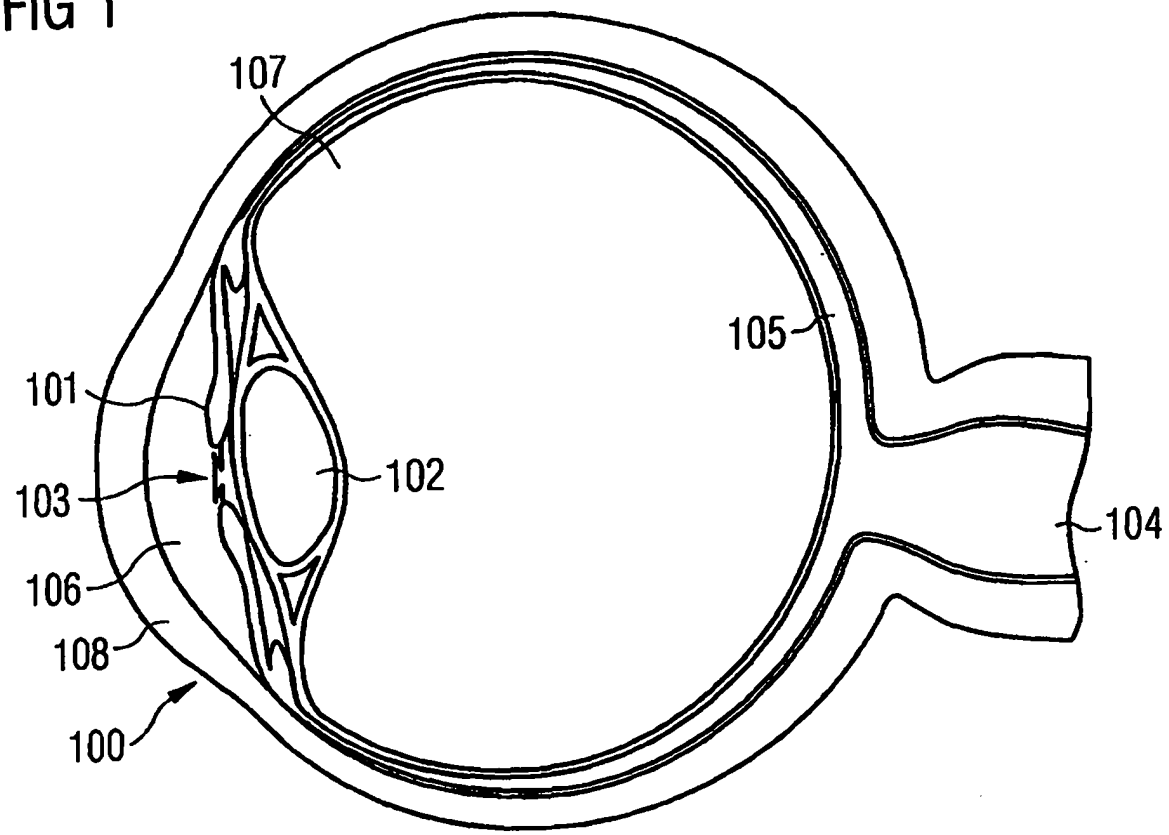
29. Lente artificial según una de las reivindicaciones 2 a 28, **caracterizada** porque la fijación espacial de los medios con flexibilidad de forma (12, 13) dentro del recipiente de alojamiento (11) se realiza mediante medios de fijación.

30. Lente artificial según la reivindicación 29, **caracterizada** porque los medios de fijación están configurados en forma de uno o varios revestimientos superficiales diferentes en el interior del recipiente de alojamiento (11) y/o en forma de una conformación geométrica, al menos, de ciertas zonas, del recipiente de alojamiento (11).

31. Lente artificial según una de las reivindicaciones 1 a 30, **caracterizada** porque están previstos medios para estabilizar (estabilizadores) la estructura superficial de, al menos, uno de los medios con flexibilidad de forma (12, 13).

32. Lente artificial según la reivindicación 31, **caracterizada** porque los estabilizadores están previstos al menos en la zona de la o las superficies límite (14) entre dos medios con flexibilidad de forma (12, 13).

FIG 1



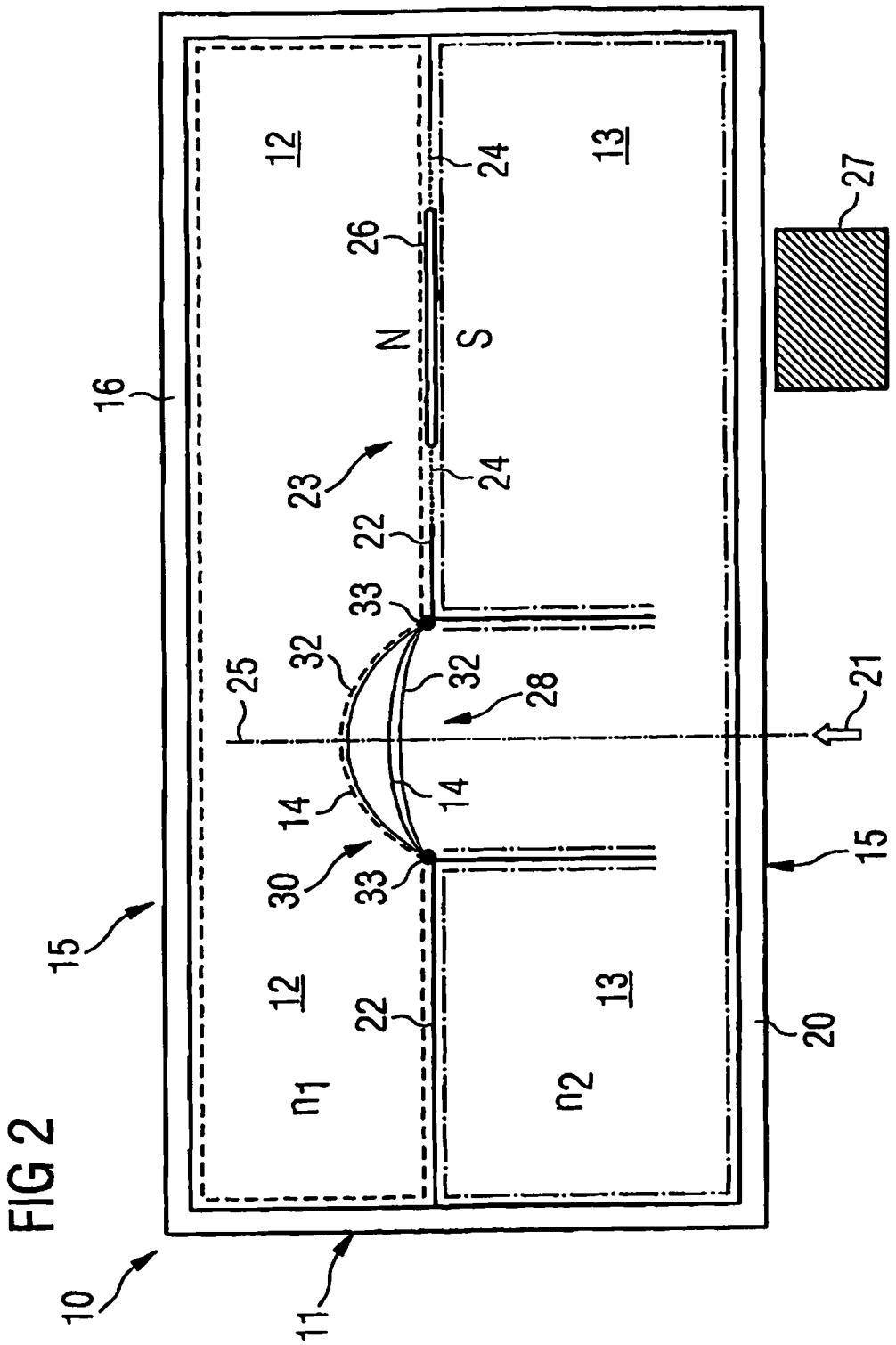


FIG 2

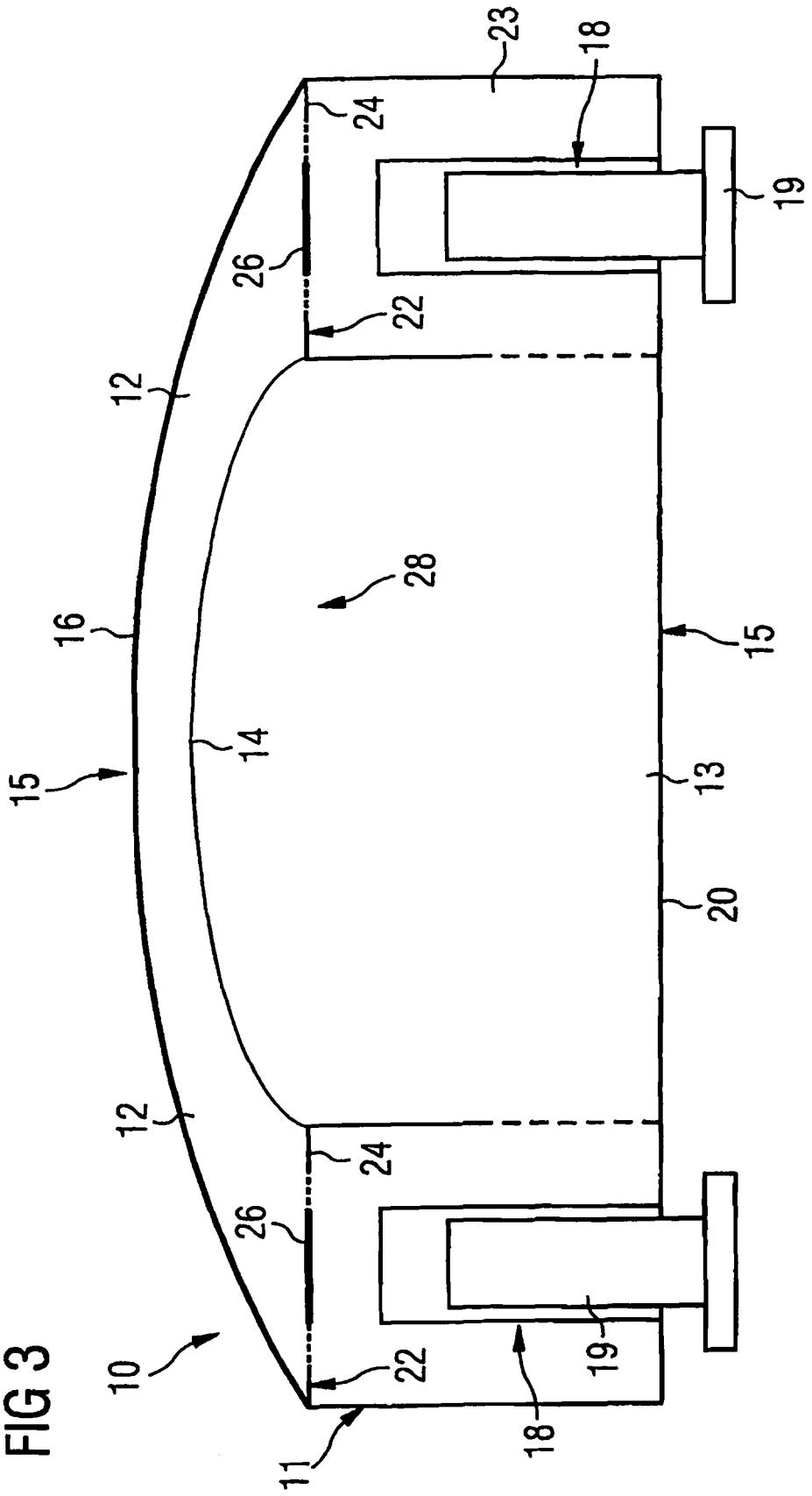


FIG 3

FIG 4

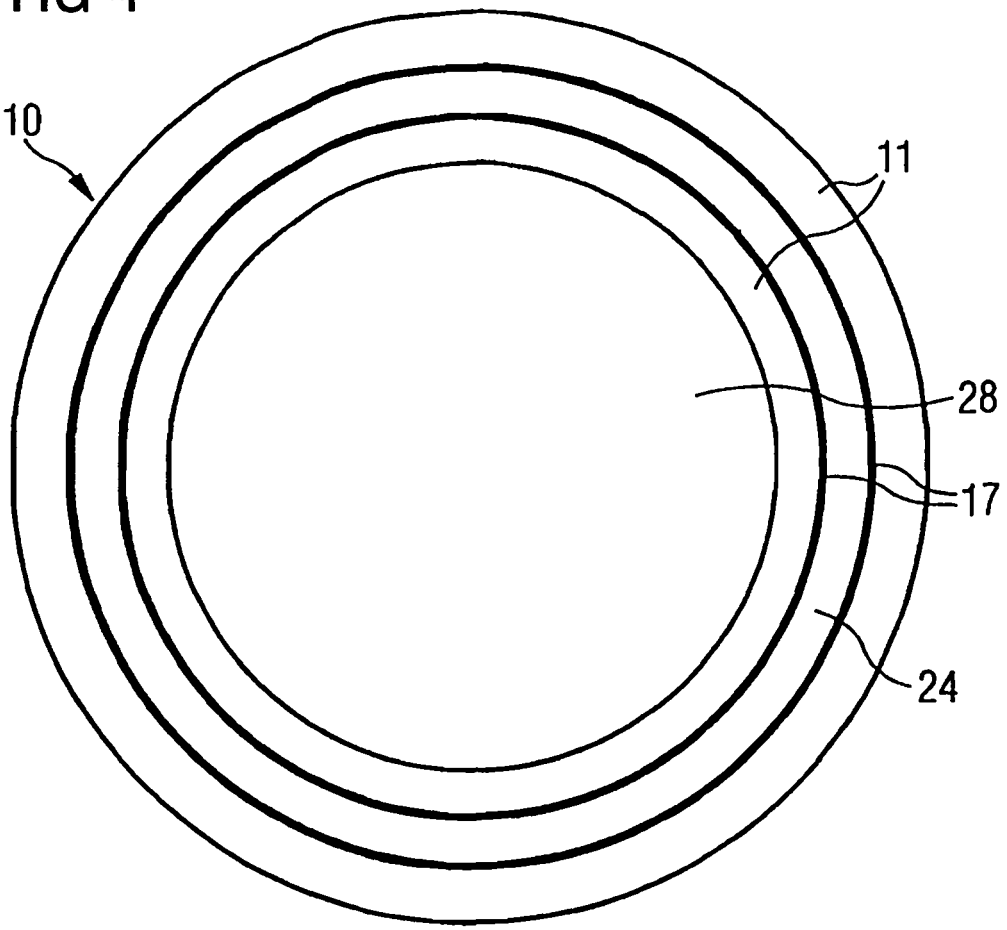
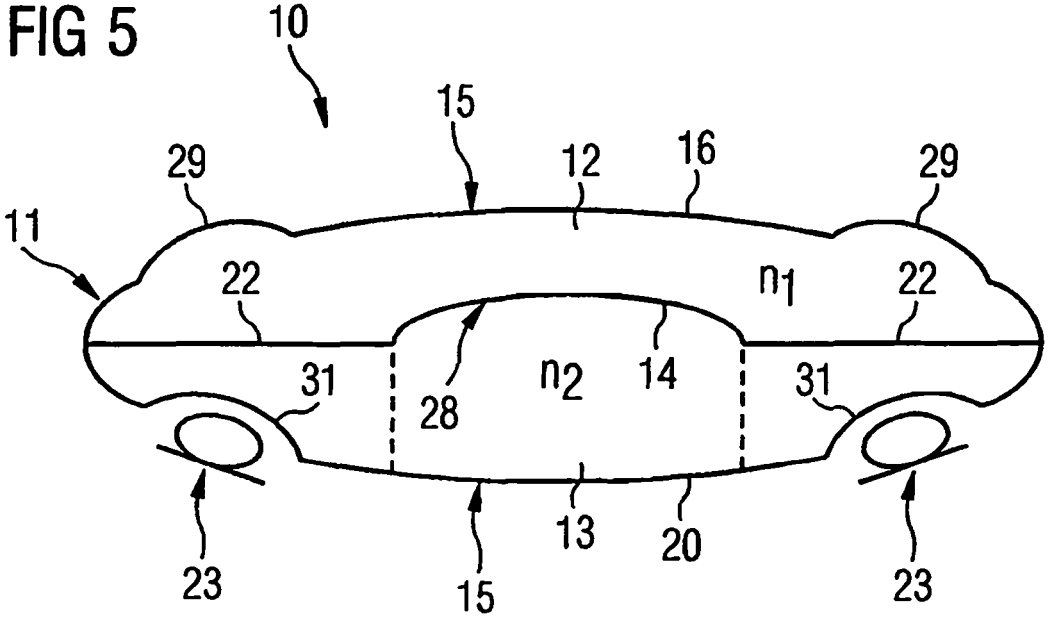

10
11
28
17
24

FIG 5


10
15
29
12
16
29
11
22
n1
22
31
28
n2
14
31
23
15
13
20
23