

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 213**

51 Int. Cl.:

**A61F 2/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2012 E 12707949 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2680790**

54 Título: **Lente oftálmica con mejor zona de tangenteamiento óptico**

30 Prioridad:

**28.02.2011 NL 2006307**  
**27.05.2011 US 201161490703 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.07.2015**

73 Titular/es:

**OCULENTIS HOLDING B.V. (100.0%)**  
**Kollergang 9**  
**6961 LZ Eerbeek, NL**

72 Inventor/es:

**WANDERS, BERNARDUS FRANCISCUS MARIA**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 540 213 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Lente oftálmica con mejor zona de tangenteamiento óptico

### Antecedentes

5 La presente invención versa sobre una lente intraocular que tiene una lente con una parte principal de la lente y una parte rebajada.

Se describe tal lente con una parte de lejos y una parte de cerca en los documentos EP 0 858 613 A, US 6.409.339 y EP 2 219 065 A, del presente inventor, y que se incorporan por referencia como si fueran expuestos en su totalidad. Estos documentos dan a conocer lentes de contacto, pero también se refieren a lentes intraoculares, LIO. Una lente de este tipo difiere de otras lentes porque la parte de lectura está situada dentro del límite (imaginario) de la parte de lejos. Es decir, la parte de lectura está en o dentro del radio imaginario del límite exterior de la parte de lejos. Si se usa una parte parcial, esto se realiza preferentemente como un sector que se extiende desde el centro de la lente. Así, una parte de lectura está rebajada con respecto a una parte de lejos. Esta lente demostró que tenía muchas posibilidades. Sin embargo, hay sitio para mejoras adicionales. Uno de los problemas de las lentes intraoculares conocidas es la presencia de halos y de otras aberraciones visuales que pueden presentarse con diversas condiciones de iluminación, especialmente en condiciones de poca luz.

El preámbulo de la reivindicación 1 está constituido por el documento WO2010095938, un miembro de familia del documento EP2219065.

### Sumario de la invención

La invención tiene como objetivo mejorar las lentes intraoculares conocidas.

20 Otro objetivo adicional o alternativo de la invención es proporcionar una lente intraocular con menores aberraciones visuales, también con condiciones de luz cambiantes.

Con ese fin, la invención proporciona la lente intraocular según la reivindicación 1, que tiene, en particular, una lente que comprende una parte principal de la lente que tiene una superficie principal de la lente y un eje óptico principal que define direcciones radial, tangencial y axial; y una parte rebajada que tiene una superficie de rebaje y que se extiende entre dicho eje óptico principal y una circunferencia de dicha lente, comprendiendo dicha parte rebajada una parte secundaria de la lente con una superficie secundaria de la lente que tiene una potencia óptica relativa positiva con respecto a la potencia óptica de dicha superficie principal de la lente, extendiéndose dicha superficie principal de la lente en una dirección radial hacia el exterior, hacia una sección de circunferencia exterior de la lente principal alejada de dicho eje óptico principal, definiendo dicha sección de circunferencia exterior de la lente principal y dicha superficie principal de la lente una sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal que habría proporcionado, al menos parcialmente, una circunferencia exterior de la lente principal junto con dicha sección de circunferencia exterior de la lente principal en caso de que dicha parte rebajada hubiera estado ausente; y una sección imaginaria de la superficie principal de la lente, que habría formado parte de dicha superficie principal de la lente en caso de que dicha parte rebajada hubiera estado ausente, estando rebajada dicha superficie de rebaje con respecto a dicha sección imaginaria de la superficie principal de la lente, extendiéndose dicha parte rebajada en una dirección radial hacia el exterior, hasta un límite exterior de rebaje alejado de dicho eje óptico principal, extendiéndose dicho límite exterior de rebaje a lo largo de dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal, o más allá de la misma, según se mira en una dirección radial hacia el exterior.

Dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal y dicha superficie imaginaria de la lente principal están definidas esencialmente por la simetría especular con respecto a un plano de simetría que comprende dicho eje óptico principal, coincidiendo esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal y dicha superficie imaginaria de la lente principal a un lado de dicho plano de simetría con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior de la lente principal y parte de dicha superficie principal de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho plano de simetría; y/o dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal y dicha superficie imaginaria de la lente principal están definidas esencialmente por la simetría lineal con respecto a dicho eje óptico principal, coincidiendo esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal y dicha superficie imaginaria de la lente principal a un lado de dicho eje óptico principal con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior de la lente principal y parte de dicha superficie principal de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho eje óptico principal.

En una realización, dicho límite exterior de rebaje se encuentra a una distancia de dicho eje óptico principal que es igual o mayor que la distancia de dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal desde dicho eje óptico principal en una misma dirección radial.

55 Se encontró que la lente intraocular según la invención reducía uno o más síntomas visuales nocturnos tales como halos y deslumbramientos o destellos relacionados con una lente intraocular que comprende una parte principal de

- la lente y una parte rebajada. Tras ensayos clínicos exhaustivos, se ha hallado que, para algunos pacientes, se producían reflejos y halos cuando se implantaban LIO conocidas. La investigación demostró que para una LIOM dada a conocer en los documentos US 6.409.339 y EP 2 219 065 A, el perfil de transición que se usa para salvar la altura del escalón entre el límite inferior del sector de la parte rebajada no es óptimo. Podría resultar en una visión borrosa, halos y deslumbramiento, en particular para personas con una pupila de gran tamaño, en particular en condiciones de luz mesópicas. Especialmente, estos pacientes o usuarios pueden tener una visión disminuida en algunas circunstancias durante la noche, por ejemplo cuando conducen un coche. Estos problemas pueden ser causados por una combinación de la luz procedente de los faros delanteros de vehículos que se acercan y del gran tamaño de la pupila en la oscuridad. La configuración óptica dada a conocer en la presente memoria proporciona una solución para minimizar estos efectos ópticos secundarios, tales como halos y halos de deslumbramiento, que se halló que ocurrían con un tamaño grande de pupila, y, a la vez, proporcionar una visión clara con contraste elevado a distancia cercana e intermedia. Los ensayos demostraron que en condiciones de poca luz hay personas que tienen una pupila sumamente grande. Para estas personas, el extremo de la parte rebajada puede causar alteraciones. Para superar ese problema, básicamente, el inventor diseñó las tres soluciones relacionadas.
- 5 En otra realización adicional, dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal se encuentra, al menos esencialmente, en un primer plano perpendicular a dicho eje óptico principal, y dicho límite exterior de rebaje se encuentra, al menos esencialmente, en un segundo plano perpendicular a dicho eje óptico principal, coincidiendo esencialmente dicho primer plano con dicho segundo plano.
- 10 En otra realización adicional, dicho límite exterior de rebaje coincide, al menos esencialmente, con dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal.
- 20 En otra realización adicional, dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal se encuentra, al menos esencialmente, en un primer plano perpendicular a dicho eje óptico principal, y dicho límite exterior de rebaje se encuentra, al menos esencialmente, en un segundo plano perpendicular a dicho eje óptico principal, encontrándose dicho primer plano a una distancia de dicho segundo plano, según se mira en una dirección radial hacia el exterior de dicha lente.
- 25 En otra realización adicional, dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal se encuentra a una distancia de dicho límite exterior de rebaje, según se mira en una dirección radial hacia el exterior de dicha lente.
- 30 En otra realización adicional, dicha superficie de rebaje comprende esencialmente únicamente dicha superficie secundaria de la lente, que se extiende hasta dicho límite exterior de rebaje.
- 35 En otra realización adicional, dicha superficie de rebaje comprende esencialmente únicamente una sección de superficie esencialmente cóncava que se extiende a lo largo de dicho límite exterior de rebaje, y extendiéndose dicha superficie secundaria de la lente hasta dicha sección de superficie esencialmente cóncava. En una realización, dicha sección de superficie cóncava se extiende entre aproximadamente 0,2 y 1,2 mm en la dirección radial.
- 40 En otra realización adicional, dicha parte rebajada, en direcciones tangenciales, está limitada por límites de meridiano que se extienden a lo largo de meridianos de dicha superficie principal de la lente que atraviesan dicho eje óptico principal. En una realización, dicha parte rebajada se extiende entre 160 y 190 grados en dichas direcciones tangenciales entre dichos límites de meridiano.
- 45 En otra realización adicional, dicha circunferencia exterior de la lente principal coincide, al menos esencialmente, con dicha circunferencia de dicha lente.
- La región cóncava de la región sagital en una realización proporciona una región que es divergente con respecto al eje óptico. Además, permite que aumente el grosor de la LIO en el borde de la lente para proporcionar un borde que es lo suficientemente grueso para dar suficiente rigidez y resistencia material a la LIO. En la realización de la lente elevada, se evita la zona periférica de tangenteamiento elevando toda la lente hasta tal punto que el extremo radial o zona periférica de la parte rebajada determina el diámetro de la lente, o toda la lente es elevada aún más para aumentar la rigidez de la LIO.
- 50 En otra realización adicional, dicha superficie secundaria de la lente comprende al menos dos secciones de la superficie secundaria de la lente contiguas en una dirección radial, siendo mayor la potencia óptica de una sección de la superficie secundaria de la lente en una dirección radial hacia el exterior con respecto a una sección contigua de la superficie secundaria de la lente.
- 55 En otra realización adicional, dicha lente comprende, además, una parte central de la lente alrededor de dicho eje óptico principal, ajustándose dicha parte central de la lente dentro de un círculo alrededor de dicho eje óptico principal y teniendo un diámetro entre 0,1 y 2,0 mm. En una realización, una superficie de dicha parte central es adyacente a dicha superficie principal de la lente, definiendo una sección de circunferencia interior de la lente principal de dicha superficie principal de la lente, y adyacente a dicha superficie de rebaje, definiendo un límite interior de rebaje de dicha superficie de rebaje.

5 En otra realización adicional, dicha parte principal de la lente está configurada para optimizar la visión a lo lejos de una persona dotada de dicha lente intraocular. En otra realización adicional, dicha parte secundaria de la lente está configurada para optimizar la visión de cerca y/o intermedia de una persona dotada de dicha lente intraocular. En otra realización adicional, dicha parte principal de la lente tiene una potencia óptica entre aproximadamente -20 y +35 dioptrías. En otra realización adicional, dicha superficie secundaria de la lente tiene una potencia óptica entre aproximadamente +0,5 y 10,0 con respecto a dicha superficie principal de la lente.

En otra realización adicional, dicha circunferencia exterior de la lente principal cabe dentro de un círculo alrededor de dicho eje óptico principal y que tiene un diámetro entre 5 y 7 mm.

10 En otra realización adicional, dicha lente intraocular comprende un lado posterior para ser orientado hacia la cámara posterior del ojo humano, y un lado anterior para ser orientado alejándose de la cámara posterior cuando está colocada en el ojo humano, estando configurados dicho lado anterior y/o dicho lado posterior según una cualquiera de las realizaciones anteriores.

15 En la última realización, la lente está dividida y distribuida en el lado frontal y la parte posterior de la LIO. Así pueden reducirse los radios de curvatura tanto de la parte principal de la lente como de la parte rebajada. Así pueden reducirse la pendiente y la anchura de las zonas de tangenteamiento.

Pueden combinarse las diversas realizaciones para lograr LIO aún mejores, permitiendo, por ejemplo, un mayor valor dióptrico de la parte rebajada.

20 A menudo se usa una LIO para reemplazar el cristalino normal del ojo, por ejemplo en caso de catarata. La óptica principal de la lente de la LIO está diseñada de tal modo que proporcione una visión que se asemeje tanto como sea posible a la visión de un ojo emélope. La lente, de hecho, es una lente oftálmica. La lente de la LIO es, a menudo, parte de una esfera casi perfecta. En la práctica, sin embargo, la parte principal de la lente y/o la parte rebajada también pueden ser diseñadas para que, además, compensen el astigmatismo, la aberración esférica u otras aberraciones de orden superior. Con ese fin, la lente puede tener, además, una superficie esférica, cilíndrica y/o toroidal, o puede tener otro diseño óptico. Tal curvatura adicional de la lente hace la circunferencia de la lente, por ejemplo, elíptica, o hace que tenga otra circunferencia no circular. Para la exposición y las características de la presente invención, tal "falta de redondez" será considerada "esencialmente redonda". En las reivindicaciones y la descripción, puede ser denominada "esencialmente redonda" o "esencialmente circular". Para proporcionar una definición clara del diámetro de una lente que puede tener una circunferencia que también puede ser más o menos elíptica, se define el diámetro como el de "un círculo en el que cabe la circunferencia". Tal círculo tendrá, así, su centro en el eje óptico y tiene el diámetro de la sección transversal mayor de la lente.

35 De nuevo, cuando se estudian las superficies de las diversas partes de la lente, resulta evidente que estas habitualmente tienen casi la forma de partes de esfera. Así, cuando se sigue la superficie "en una dirección radial", se sigue, de hecho, la trayectoria de un meridiano en una esfera. Además, debería resultar evidente que la parte radialmente alejada de la parte rebajada, también denominada parte periférica, también puede ser esférica, cilíndrica o toroidal, además de su curvatura esférica. En la práctica, la diferencia de altura entre la superficie de la parte rebajada en el extremo periférico y la superficie radialmente adyacente del resto de la LIO puede ser menor de 50 micrómetros. Por ejemplo, en tal caso, la superficie de la parte central de la parte rebajada puede coincidir con el plano de la lente, mientras que a lo largo de la circunferencia, en dirección circunferencial o tangencial, es decir, aproximadamente 60 o más grados alejándose de la parte central de la parte rebajada, la parte rebajada puede estar menos de 50 micrómetros por debajo del plano de la lente. Para proporcionar un diseño sencillo, la parte principal de la lente puede continuar en la parte táctil.

45 De hecho, la superficie de la parte rebajada en la circunferencia con respecto a la presente exposición coincide funcionalmente con cualquier superficie de la LIO, o coincide funcionalmente con el plano de la lente, si la diferencia de altura restante es inferior al 10% de la mayor diferencia en altura de la superficie de la parte rebajada y la superficie imaginaria de la lente principal en esa posición. En otras palabras, en el punto más profundo de la parte rebajada. Habitualmente, esta diferencia de altura es menor de 50 micrómetros. La diferencia de altura puede estar por debajo de los 10 micrómetros.

50 En una realización, dicho círculo de dicha lente tiene un diámetro de aproximadamente 5-7 mm. En particular, el diámetro está entre 5,5 y 6,5 mm. Se halla que tal diámetro es una buena solución de compromiso entre el rendimiento óptico y el tamaño máximo de pupila.

55 En una realización, dicha parte rebajada en dirección radial tiene zonas de valores dióptricos diferentes; en una realización, la parte rebajada tiene un primer sector más cercano al eje óptico que tiene un valor dióptrico entre +1,00 y +5,00, en una realización entre +0,5 y +10,0, con respecto a dicha parte principal de la lente, y un segundo que coincide con dicho primer sector y que se inicia entre 1,5 y 2,4 mm en dirección radial, en particular entre 1,60 y 2,00 mm desde el eje óptico y que continúa a la circunferencia de la lente y que tiene una funcionalidad dióptrica igual que el valor dióptrico de dicha parte principal de la lente.

5 En otra realización de la primera realización de la LIO, dicha parte rebajada en dirección radial tiene zonas de valores dióptricos diferentes. En una realización, la parte rebajada tiene un primer sector más cercano al eje óptico que tiene un primer valor dióptrico que es mayor que el valor dióptrico de la parte principal de la lente y que se extiende en dirección radial, y un sector adicional, que coincide con el primer sector y tiene un valor dióptrico que es mayor que el valor dióptrico del primer sector.

10 En una realización, la parte rebajada tiene un primer sector con un valor dióptrico relativo de +1,00 - +4,00 con respecto a la parte principal de la lente. En una realización adicional, el primer sector de la parte rebajada tiene una anchura en dirección radial de 0,1-1,5 mm. En una realización adicional, la parte rebajada tiene un segundo sector que coincide con el primer sector en su perímetro y que tiene un valor dióptrico relativo de +1,00 - +5,00, en una realización entre +1,0 y +10,0, con respecto a la parte principal de la lente. En una realización, el segundo sector tiene una anchura en dirección radial de 1,2-2,6 mm. En otra realización adicional, la parte rebajada tiene un tercer sector que coincide con el segundo sector en su perímetro y que tiene un valor dióptrico relativo que difiere en menos de 0,5 de la parte principal de la lente. En una realización, el segundo sector se extiende hasta la circunferencia. La parte rebajada total en una realización se extiende entre 1,5-3,5 mm desde el eje óptico.

15 En otra realización, dicha parte rebajada en dirección radial tiene zonas de valores dióptricos diferentes; en una realización, la parte rebajada tiene un primer sector que tiene un primer valor dióptrico que es mayor que el valor dióptrico de la parte principal de la lente y que se extiende en dirección radial, y un segundo sector, que coincide con el primer sector y tiene un valor dióptrico que es mayor que el valor dióptrico del primer sector y un sector adicional, que coincide con el segundo sector y tiene un valor dióptrico que es igual a la parte principal. Por ejemplo, puede tener menos de 0,5 dioptrías de diferencia con respecto a la parte principal.

20

En una realización, dicha parte rebajada en dirección radial está conectada de forma continua con dicha parte cóncava.

25 En una realización, dicha parte rebajada en dirección radial está conectada de forma discontinua con dicha parte adicional. En otras palabras, las superficies coincidentes coinciden, pero en dirección radial la primera derivada de la curvatura de la superficie no es continua. Sorprendentemente, se encontró que esto no resulta en efectos visualmente desagradables.

30 En una realización, la superficie de dicha lente principal en dicha circunferencia es un plano de la lente, y en dirección radial la superficie de dicha parte rebajada discurre esencialmente hasta el plano de dicha lente, o por debajo del mismo, después de lo cual disminuye continuamente el radio de curvatura de la superficie, la superficies se vuelve cóncava subsiguientemente y, mientras se continúa en dirección radial, la superficie de la parte rebajada vuelve a aproximarse al plano de la lente en o cerca de la circunferencia.

En una realización, dicha parte rebajada en dirección radial tiene una anchura de aproximadamente 1,6 – 3,5 mm y dicha parte cóncava se extiende entre aproximadamente 0,1 y 1,2 mm en dirección radial.

En una realización, dicha parte rebajada se extiende desde dicha parte central.

35 En una realización, dichas partes rebajadas se extienden cada una entre dicho eje óptico y dicha circunferencia.

En una realización, dicha parte rebajada del lado frontal y dicha parte rebajada en el lado posterior tienen un valor dióptrico relativo de entre aproximadamente +3,0 y aproximadamente +12 con respecto a la potencia óptica combinada de dicha parte principal de la lente en el lado frontal y el lado posterior de la LIO.

40 La invención versa, además, sobre un aparato que comprende uno o más de los rasgos característicos presentados en la descripción y/o mostrados en los dibujos adjuntos. La invención versa, además, sobre un procedimiento que comprende uno o más de los rasgos característicos presentados en la descripción y/o mostrados en los dibujos adjuntos.

Los diversos aspectos expuestos en esta patente pueden ser combinados para proporcionar ventajas adicionales. Además, algunas de las características pueden formar la base para una o más solicitudes divisionarias.

45 **Descripción de realizaciones con referencia a los dibujos**

En los dibujos adjuntos se muestran varias realizaciones de una lente oftálmica de sector multifocal (MSIOL), en los cuales los símbolos de referencia semejantes o iguales indican partes semejantes o iguales, mostrándose en:

- 50 las Figuras 1-7 varias vistas de una MSIOL con una región cóncava, siendo
- la Figura 1 una vista frontal de una MSIOL con varias regiones de la lente con entramado con diferentes densidades;
- la Figura 2 una vista en perspectiva del lado posterior de la MSIOL de la Figura 1;
- la Figura 3 una vista en perspectiva del lado frontal de la MSIOL de la Figura 1 en la que se ha eliminado una parte, mostrando así la parte cóncava;
- la Figura 4 una vista en perspectiva de la MSIOL de la Figura 1, pero sin una parte central;

la Figura 5 una vista lateral de la MSIOL de la Figura 1;  
 las Figuras 6 y 7 las secciones transversales de la MSIOL de la Figura 1, según se indica en esa figura;  
 las Figuras 8-14 varias vistas de otra realización de una MSIOL con la lente alzada o elevada, siendo, respectivamente,  
 5 la Figura 8 una vista frontal de una MSIOL con varias regiones de la lente con entramado con diferentes densidades, con la parte rebajada de la lente elevada con respecto a un plano de las partes táctiles;  
 la Figura 9 una vista en perspectiva del lado frontal de la MSIOL de la Figura 8, también dotado de una parte rebajada;  
 la Figura 10 una vista en perspectiva del lado posterior de la MSIOL de la Figura 8;  
 10 la Figura 11 una vista en perspectiva de la MSIOL de la Figura 8, que muestra claramente que la lente está elevada, y habiéndose eliminado una parte;  
 la Figura 12 una vista lateral de la MSIOL de la Figura 8, y  
 las Figuras 13 y 14 las secciones transversales de la MSIOL de la Figura 8, según se indica en esa figura;  
 las Figuras 15-20 varias vistas de otra realización de una MSIOL con una región cóncava y una lente a  
 15 ambos lados de la LIO, siendo  
 la Figura 15 una vista frontal de una MSIOL con varias regiones de la lente con entramado con diferentes densidades, con la parte elevada con respecto a un plano de las partes táctiles;  
 la Figura 16 una vista en perspectiva del lado posterior de la MSIOL de la Figura 15, también dotado de una parte rebajada;  
 20 la Figura 17 una vista en perspectiva del lado frontal de la MSIOL de la Figura 15;  
 la Figura 18 una vista en perspectiva del lateral de la MSIOL de la Figura 15, habiéndose eliminado una parte, mostrando así la parte cóncava a ambos lados;  
 la Figura 19 una vista lateral de la MSIOL de la Figura 15;  
 las Figuras 20 y 21 las secciones transversales de la MSIOL de la Figura 8, según se indica en esa figura;  
 25 las Figuras 22-28 varias vistas de otra realización adicional de una MSIOL con la lente alzada o elevada y una lente a ambos lados de la LIO, siendo  
 la Figura 22 una vista frontal de una MSIOL con varias regiones de la lente con entramado con diferentes densidades, con la lente elevada con respecto a un plano de las partes táctiles;  
 la Figura 23 una vista en perspectiva del lado frontal de la MSIOL de la Figura 22, también dotado de una parte rebajada en el lado posterior;  
 30 la Figura 24 una vista en perspectiva del lado posterior de la MSIOL de la Figura 22;  
 la Figura 25 una vista en perspectiva de la MSIOL de la Figura 22, que muestra claramente que la lente está elevada, y habiéndose eliminado una parte;  
 la Figura 26 una vista lateral de la MSIOL de la Figura 22;  
 35 las Figuras 27 y 28 las secciones transversales de la MSIOL de la Figura 22, según se indica en esa figura;  
 la Figura 29 un diagrama esquemático de trayectorias de rayos de una MSIOL del solicitante del estado de la técnica que muestra el efecto de una parte anterior de tangenteamiento de forma circunferencial o de anillo parcial;  
 las Figuras 30a-30c, respectivamente, una sección transversal de una LIO según el documento WO  
 40 2010/095938 A en la Figura 30a, una LIO de la Figura 1 en sección transversal esquemática, según se indica con la línea VI y que muestra únicamente el lado frontal en la Figura 30b, y una LIO de la Figura 8 en sección transversal esquemática, según se indica con la línea XXII y que muestra únicamente el lado frontal en la Figura 30c, y  
 la Figura 31 una vista frontal de una LIO con varios sectores.

45 **Descripción detallada de realizaciones**

En los dibujos se exponen varias realizaciones de LIO. De hecho, como ya se ha explicado anteriormente, estas realizaciones buscan evitar efectos ópticos perjudiciales que resultan de la región circunferencial de una parte rebajada alejada del eje óptico de la región de la lente. Esta región de la lente también puede ser denominada región con forma de anillo parcial. En ese sentido, la región de la lente es la región de la lente intraocular (LIO) que está diseñada para proyectar una imagen en la retina. En los dibujos que siguen, de hecho, se exponen cuatro diseños diferentes. En todos los diseños, la región de la lente tiene una región principal de la lente y una región rebajada de la lente. Esto se explicará más abajo. Estos diseños proporcionan maneras diferentes en las que la región circunferencial de la parte rebajada de la lente coincide con la LIO ulterior fuera de la región de la lente.

55 La LIO puede ser construida de materiales rígidos biocompatibles, tales como polimetilmetacrilato (PMMA), o de materiales flexibles deformables, tales como siliconas, materiales poliméricos (met)acrílicos deformables, hidrogeles y similares, que permiten que la lente sea enrollada o doblada para su inserción en el ojo a través de una pequeña incisión. Habitualmente, la lente se crea usando un torno (giratorio) o mediante tecnología de moldeo, con un moldeo parcial o completo.

60 Con respecto a la orientación y las direcciones, se define que la dirección axial está a lo largo del eje óptico, que es el eje óptico de la parte principal de la lente, siendo la dirección radial perpendicular al eje óptico y discurriendo desde el eje óptico en la dirección de la circunferencia de la lente, y la dirección tangencial es perpendicular a las direcciones radial y axial.

En el primer diseño, en una realización que se muestra en las Figuras 1-7, se adapta la curvatura de la superficie de la región circunferencial.

5 En el segundo diseño, mostrado en una realización en las Figuras 8-14, se aumenta la altura de la región de la lente en su conjunto; en otras palabras, se eleva la lente o la región de la lente, de tal modo que, en la circunferencia de la lente, la parte rebajada coincide con la superficie posterior de la LIO o puede elevarse más aún hasta el punto de que se siga diciendo funcionalmente que coincide con la superficie posterior de la LIO.

10 En una realización en las Figuras 15-20, que muestran un tercer diseño cuando se requieren valores dióptricos relativos mayores de la parte rebajada, se usa la superficie trasera de la LIO como región adicional de la lente. En este diseño, la región circunferencial o exterior de la parte rebajada vuelve a ser cóncava. Además, las regiones de la lente, tanto en la superficie frontal como en la superficie posterior, están elevadas.

En el cuarto diseño, mostrado en una realización en las Figuras 22-28, de nuevo para partes rebajadas de valor dióptrico relativo mayor, vuelve a usarse la superficie trasera de la lente como lente adicional, y esta superficie trasera de la lente también tiene la altura aumentada.

15 Debería estar claro que estos cuatro diseños principales tienen todos perfeccionamientos adicionales que mejoran adicionalmente las LIO. Además, debería estar claro que estos diseños pueden combinarse.

20 La Figura 1 muestra una vista frontal de una LIO 1 que tiene una lente 3, formada por las partes combinadas con entramado o sombreadas. La lente 3 es, de hecho, la lente oftálmica. La lente 3 tiene un eje óptico 5. La lente tiene una circunferencia 2, que habitualmente es circular o casi circular. En algunos diseños, por ejemplo para las denominadas lentes tóricas, la circunferencia 3 puede ser elíptica. Es visible con claridad máxima en la vista laterales y las secciones transversales de las Figuras 5-7, que la superficie frontal de las partes táctiles 9 y 9' está en un plano junto con la circunferencia 2 en el lado de la superficie frontal (lado anterior para ser orientado alejándose de la cámara posterior del ojo humano). Así se garantiza el grosor de la LIO cerca de la circunferencia 2. Muchos de los detalles de la presente LIO 1 son dados a conocer en el documento WO 2010/095938 A. De hecho, en esa publicación se describen muchas de las dimensiones y de las formas.

25 En el diseño de la Figura 1, la lente 3 tiene una región principal 4 de la lente que está indicada con el entramado más denso. La región principal 4 de la lente es usada habitualmente (comúnmente) en la visión alejada (visión de lejos). En los diseños más comunes, esta parte principal de la lente (o su superficie principal 4' de la lente) tiene una potencia óptica de entre -20 dioptrías y aproximadamente +35 dioptrías. Cuando es circular, la región principal 4 de la lente tiene un diámetro d que habitualmente es de aproximadamente 5-7 mm. La parte principal 4 de la lente se extiende en una dirección radial hacia fuera, hacia una circunferencia exterior 4a de la lente principal alejada del eje óptico principal 5.

30 La lente 3, además, tiene una parte rebajada. Esta parte rebajada está indicada con las otras dos partes 6 y 7 con entramado. De hecho, la parte rebajada 6, 7 tiene una superficie 6', 7' de rebaje que está por debajo de una extensión imaginaria 4" (mostrada en las Figuras 30a, 30 y 30c) de la superficie 4' de la región principal 4 de la lente. En este diseño, la parte rebajada 6, 7 tiene una parte 6 de cerca (que tiene una superficie 6' de rebaje) que está indicada con el segundo entramado más denso. Esta parte 6 de cerca (o su superficie 6' de rebaje) tiene habitualmente un valor dióptrico relativo positivo con respecto a la región principal 4 de la lente (o su superficie principal 4' de la lente, respectivamente), y se usa habitualmente en la visión de cerca, tal como en lectura. En caso de que tanto la superficie principal 4' de la lente y la superficie 6' de rebaje sean superficies de lente puramente esféricas o asféricas, la superficie principal 4' de la lente tiene un radio de curvatura que es mayor que el radio de curvatura de la superficie 6' de rebaje. La parte 6 de cerca tiene habitualmente una potencia óptica de aproximadamente +1,0 a aproximadamente +5,0 con respecto a la potencia óptica de dicha parte principal 4 de la lente. Así, la región 3 de la lente incorpora, de hecho, dos ópticas, concretamente la parte principal 4 de la lente y la parte 6 de la lente de cerca. Están dispuestas de tal modo que sus ejes ópticos coinciden. Así, en este diseño, el eje óptico de la parte 6 de cerca coincide con el eje óptico principal 5 de la parte principal 4 de la lente. Más en general, para que den como resultado un diseño ópticamente aceptable, los ejes ópticos de la parte principal de la lente y de la parte rebajada deberían estar dentro de un disco de Airy de aproximadamente 0,1 mm. La parte 6 de cerca de la parte rebajada 6 se extiende un radio dR desde el eje óptico 5 de aproximadamente 1,5 - 2,8 mm. Debería estar claro que las dimensiones reales de la región de la lente y de partes de la lente también pueden depender del tamaño real de la pupila de una persona que lleve la LIO. Así, los mayores valores son usados a menudo para una persona que tenga un gran diámetro de pupila.

35 La parte rebajada tiene, además, una región circunferencial 7 que está indicada con los entramados menos densos. De hecho, esta región circunferencial 7 hace coincidir la porción de la parte 6 de cerca que está alejada del eje óptico 5 con el resto de la LIO 1. Así, también puede ser denominada parte 7 circunferencial de tangenteamiento de la parte 7 de tangenteamiento del anillo parcial. De hecho, puede considerarse una parte de tangenteamiento que hace coincidir la parte 6 de cerca con la circunferencia 3 de la lente 2. También puede ser denominada parte concéntrica periférica 7 de tangenteamiento. Habitualmente, la parte rebajada incluye un ángulo de entre 120 y 200 grados. Así, la región circunferencial 7 se extiende entre 120 y 200 grados.

En la Figura 3, en la parte eliminada a lo largo de dos direcciones radiales, se ilustra el perfil en dirección radial de la región circunferencial. En un diseño anterior de una LIO, que es dado a conocer, por ejemplo, en el documento WO 2010/095938 A, esta región circunferencial 7 tenía en su mayor parte, de hecho, una curvatura que era igual que la curvatura de la parte principal 4 de la lente. La superficie de la parte 6 de cerca se elevaba continuamente, pero con gran pendiente, hasta el nivel de la superficie 4' de la parte principal 4 de la lente en esa posición axial, según se muestra en la Figura 30a. Desde esa posición axial, la parte 7 de la lente continuaba entonces axialmente igual que la parte principal 4 de la lente. Las zonas 6c de meridiano o de tangenteamiento sustancialmente radiales que hacen coincidir la parte principal 4 de la lente y la parte rebajada 6, 7, o que tangentean la parte principal 4 de la lente y la parte rebajada 6, 7, pueden ser conformadas según se describe en el documento WO 2010/095938 A.

En el presente diseño, en cambio, se hace coincidir el límite exterior de la parte 6 de cerca con la circunferencia de la lente 3 de forma diferente. La parte 6 de cerca continúa en dirección axial hasta que está, al menos, al nivel de la circunferencia de la lente 3. Esto quiere decir que la parte rebajada se extiende en la dirección radial hacia fuera hasta un límite exterior de la parte rebajada alejado del eje óptico principal 5 y que este límite exterior de rebaje se extiende a lo largo de la circunferencia exterior de la lente 3, o más allá de la misma, según se mira en una dirección radial hacia el exterior. La circunferencia exterior de la lente 3 en la región de la parte rebajada puede ser imaginaria. Tal sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' está mejor definida con respecto a la lente principal 4 y puede considerársela una sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' que estaría dotada, al menos parcialmente, de una circunferencia exterior de la lente principal junto con una sección de circunferencia exterior real 4a de la lente principal 4 en caso de que hubiera estado ausente la parte rebajada. El límite exterior 6a de rebaje puede estar a una distancia del eje óptico principal 5 que es igual o mayor que la distancia de la sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal desde el eje óptico principal 5 en una misma dirección radial.

La parte rebajada 6, 7 tiene una superficie de rebaje que está rebajada con respecto a una sección imaginaria 4" de la superficie principal de la lente, que habría formado parte de la superficie principal 4' de la lente en caso de que la parte rebajada hubiera estado ausente. La sección imaginaria 4" de la superficie principal de la lente aparece indicada en las Figuras 30a, 30b y 30c. Tanto la sección de circunferencia exterior 4a de la lente principal como la superficie principal 4' de la lente definen la circunferencia imaginaria exterior 4a' de la lente principal y la sección imaginaria 4" de la superficie principal de la lente.

La sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal y la superficie imaginaria 4" de la lente principal pueden estar definidas esencialmente por la simetría especular con respecto a un plano de simetría que comprende el eje óptico principal 5. Tal plano de simetría puede atravesar, por ejemplo, el eje óptico principal 5 y ambas marcas 11 que son visibles en las Figuras 1, 3 y 4, y también en otras figuras, pero también pueden aplicarse planos de simetría definidos de otra manera. La sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal y la superficie imaginaria 4" de la lente principal a un lado de tal plano de simetría coinciden esencialmente con imágenes especulares de parte de la sección de circunferencia exterior 4a de la lente principal y parte de la superficie principal 4' de la lente, respectivamente, al otro lado del plano de simetría.

En otra o una misma realización, la sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal y la superficie imaginaria 4" de la lente principal pueden estar definidas esencialmente por la simetría lineal con respecto al eje óptico principal 5. La sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal y la superficie imaginaria 4" de la lente principal a un lado del eje óptico principal 5 coinciden esencialmente con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior 4a de la lente principal y parte de la superficie principal 4) de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho eje óptico principal.

En las diversas realizaciones mostradas en las figuras, se aplican ambas definiciones para la sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal y la superficie imaginaria 4" de la lente principal. Sin embargo, en otras realizaciones que pueden contemplarse, puede aplicarse una de ambas definiciones, o la sección de circunferencia imaginaria y la superficie imaginaria de la lente principal pueden ser contempladas de otra manera. Tal realización podría ser una que tuviera una lente 3 con una circunferencia elíptica que fuera una circunferencia de la lente principal 4 en ausencia de una parte rebajada, y que tuviera una parte rebajada situada aproximadamente de forma simétrica a ambos lados de un eje de simetría de la circunferencia elíptica.

La superficie de rebaje puede tener una parte de transición que, en dirección axial, coincide continuamente con la curvatura de la parte 6 de cerca, pero cambia en dirección axial, pasando de ir hacia abajo a ir hacia arriba, hacia la circunferencia 6a y resultando en la región circunferencial cóncava 7, según se muestra, *inter alia*, en la Figura 30b. Esto proporciona una región conformada de tal modo que produce la divergencia de los rayos de luz. Así, la luz en esa región no será proyectada en una imagen visual en la fovea. En otras palabras, para una persona que lleve la LIO, no dará como resultado una característica o aberración visual en las condiciones de luz cuando la pupila sea tan grande que la luz incida en la región circunferencial 7 y sea proyectada en la fovea.

La LIO 1 tiene, además, partes táctiles 9, 9' que son conocidas en la técnica y no serán presentadas ulteriormente. Una alternativa conocida para las partes táctiles 9, 9' son las denominadas partes táctiles de placa. La superficie frontal de estas partes táctiles coincide habitualmente con la circunferencia de la lente 3 en ese mismo lado.

En la región principal 4 de la lente, se realizan dos marcas 11 que pueden ser usadas por un cirujano ocular para situar la LIO 1. Esta LIO 1 tiene, además, una indicación 10 que también puede ser usada por un cirujano ocular para encontrar la parte inferior de la LIO 1.

5 La lente principal 4 tiene, además, una parte central 8 que ya ha sido presentada exhaustivamente en el documento WO 2010/095938 A. Cuando los niveles de luz son tales que la pupila tiene aproximadamente el diámetro de un círculo que rodea o limita la parte central 8, la profundidad de campo será tal que la mayoría de las personas no precise una parte 6 de cerca, por ejemplo para leer. Esta parte central 8 habitualmente está limitada por un círculo que tiene un diámetro de aproximadamente 0,2-3 mm. Mas en particular, su diámetro es de aproximadamente 0,2-2 mm. En la mayoría de los casos, un diámetro de aproximadamente 0,2 - 1,6 es suficiente. En su circunferencia, que es una circunferencia interior 4b de la parte principal 4 de la lente y una circunferencia interior 6b de la parte rebajada, la superficie de la parte central 8 cambia radialmente la curvatura de manera uniforme para que coincida con la curvatura de la superficie principal 4' de la lente o de la superficie 6' de rebaje, respectivamente. En la Figura 4 se da un ejemplo de una LIO sin esta parte central 8.

15 En la Figura 2 se muestra un ejemplo del lado posterior o trasero (o lado posterior para ser orientado hacia la cámara posterior del ojo humano) de la LIO 1. En esta realización, el diseño del lateral es conocido, por ejemplo, por el documento WO 2010/095938 A, o puede tener el diseño descrito en el documento PCT/NL 2009/050341 (publicado como WO2010/147455). Las características de la parte posterior de esta realización no serán presentadas ulteriormente.

20 Según se ha mencionado más arriba, en el segundo diseño, mostrado en una realización en las Figuras 8-14, aumenta la altura de la región de la lente en su conjunto; en otras palabras, se eleva la lente o la región de la lente, de tal modo que, en la circunferencia de la lente, la parte rebajada coincida con la superficie ulterior de la LIO. En las Figuras 8-14 se muestra qué aspecto puede tener esto. Así se eleva gran parte de la circunferencia exterior 4a de la parte principal 4 de la lente con respecto a la circunferencia exterior 6a de la parte rebajada 6. Así, la circunferencia de la lente 3 ya no está en un solo plano.

25 En una realización alternativa de la Figura 8, la parte principal 4 de la lente en la posición de la parte táctil 9' continúa en la parte táctil 9', más allá del límite 4a de un círculo que normalmente es la circunferencia 2. Tal continuación (mostrada en un entramado de líneas discontinuas) es solo con fines prácticos y puede ser o no una continuación de la superficie principal de la lente o solo una región de tangenteamiento. En tal realización alternativa, la sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal y la superficie imaginaria 4'' de la lente principal están definidas tanto por la simetría especular de una sección del límite exterior 4a de la lente principal y la superficie principal de la lente a la izquierda de la línea XXII-XXII en la Figura 8 en un plano de simetría que contiene el eje óptico principal 5 y ambas marcas 11, como por la simetría lineal de la misma sección del límite exterior 4a de la lente principal y la superficie principal de la lente a la izquierda de la línea XXII-XXII con respecto al eje óptico principal 5.

35 En la Figura 9 se ilustra otro diseño de esa porción de la parte principal 4 de la lente. Ahí, más allá de la circunferencia circular 4a en la parte táctil 9', la pendiente de la lente principal 4 aumenta rápidamente para que coincida con la superficie de la parte táctil 9'. En un diseño extremo, la lente principal 4 puede terminar en la parte táctil 9' en un escalón para que coincida con la superficie de la parte táctil 9'. Es evidente que la parte de pendiente rápida no forma parte de la lente. En el ejemplo de la Figura 9, la circunferencia 2 es circular.

40 El diseño de tal LIO 1 requiere habitualmente las siguientes etapas. En primer lugar, se determinan las dioptrías requeridas de la parte principal 4 de la lente y la parte rebajada 6. Así, se determina el radio de curvatura de las superficies de ambas partes. A continuación, se determina el diámetro de la parte central 8. Subsiguientemente, se determina el diámetro requerido de la lente. A continuación, se determinará la altura de la lente en dirección axial de tal modo que el límite exterior 6a de rebaje de la parte más empujada de la parte rebajada 6 cruce un primer plano de la lente en el diámetro requerido. Dado que la parte principal 4 de la lente tiene un radio de curvatura mayor que el de la parte rebajada, ello quiere decir que, en el diámetro requerido, la sección de circunferencia exterior 4a de la lente principal 4 estará en un segundo plano de la lente alejado del primer plano.

50 El diseño mostrado en las Figuras 15-21 está relacionado con una LIO que tiene la región circunferencial del diseño de las Figuras 1-7. En este diseño particular, además, el lado posterior de la LIO también está dotado de una región de lente. En particular en la Figura 17, se muestra el lado inverso o posterior de la LIO de las Figuras 15 y 16. En este diseño particular, la región de la lente en el lado posterior de la LIO es una copia especular de la lente en el lado frontal. Así, el valor dióptrico y otras propiedades ópticas de las lentes pueden ser divididos, de hecho, en dos superficies de lente. En particular para dioptrías requeridas más elevadas, es posible mantener las dimensiones de la lente dentro de las posibilidades de diseño. Además, cuando se dividen las propiedades ópticas, las diversas partes de tangenteamiento que se precisan para tangenteear la parte principal 4 de la lente y las partes rebajadas pueden ser menos empujadas o, alternativamente, su anchura puede reducirse. De hecho, en tal diseño la suma de la parte rebajada en el lado frontal y el posterior de la lente puede tener un valor dióptrico relativo con respecto a la suma de ambas partes principales de la lente de aproximadamente +6,0 o más.

- En el diseño de las Figuras 22-28, se combinan los diseños de las Figuras 8-14 y de las Figuras 15-21. De hecho, en esta realización hay una región en la lente en el lado frontal y el posterior de la LIO. Además, cada una de las regiones de la lente tiene una parte principal 4 de la lente y una parte rebajada 6 que tiene el mismo diseño que en las Figuras 8-14. En particular cuando se requieren dioptrías más elevadas de las diversas partes de la lente, o se requieren diferencias mayores entre partes de la región de la lente, esto tiene ventajas. La Figura 26 muestra que la sección de circunferencia exterior 4a de la lente principal y, por lo tanto, la sección imaginaria de circunferencia exterior 4a' de la lente principal están en un primer plano A, y que el límite exterior 6a de rebaje está en un segundo plano B. El primer plano A está situado a una distancia dAB del segundo plano B en una dirección axial hacia fuera de la lente.
- En la Figura 29, se ilustra el problema que surge con el diseño de la región circunferencial que se mostró en el documento WO 2010/095938 A. El diseño se muestra, por ejemplo, en la Figura 7 de esa publicación. En ese diseño, la lente principal continúa en el extremo radial de la parte rebajada. Así, en tal diseño se requiere una zona de tangenteamiento.
- En el dibujo esquemático de la Figura 29, una LIO tiene una parte principal de la lente con foco F1 y una parte de cerca rebajada con foco F2. Se halló que la zona de tangenteamiento, así como la parte principal adicional de la lente, da como resultado varios focos adicionales, indicados con F3 y F3'. Estos focos adicionales pueden tener como resultado puntos de luz no deseados en la fóvea. En el dibujo esquemático, los rayos de luz se detienen en sus respectivos focos F3 y F3'. Sin embargo, en la vida real, estos rayos dan como resultado uno o más puntos borrosos en posiciones sobre la fóvea próximas a una imagen real.
- La LIO de la presente invención puede ser producida usando mecanizado, de una manera ya descrita en el documento WO 2010/095938 A. Por lo tanto, debería considerarse que esta parte está citada por referencia como si se incorporase en esta descripción.
- En las Figuras 30b y 30c se describen adicionalmente dos realizaciones de la invención en comparación con la LIO de la técnica anterior del documento WO 2010/095938 A de la Figura 30a. En estos dibujos, se indica el plano de la lente con ZL PL (plano del nivel Z). Rmn es el radio de curvatura de la región principal de la lente, Rrec es el radio de curvatura de la parte rebajada. Además, se indican la dirección radial RA y la dirección axial AX. Rls es el radio de la lente. En las Figuras 30a-30c, la parte rebajada 6 tiene un radio de curvatura que es menor que el radio de curvatura de la región principal 4 de la lente. La parte de la línea pequeña cercana al número de referencia 8, que indica la parte central, es el extremo de la parte central. Cuando se parte del eje óptico 5, hasta esa posición la superficie tiene el radio de curvatura Rmn. En el diseño de la Figura 30a del estado de la técnica, la parte rebajada 6 cabe de forma continua en una zona BLD de tangenteamiento y cabe de forma continua en una parte exterior que tiene el radio de curvatura de la parte principal de la lente: la parte exterior. La línea a rayas indica la continuación de la superficie principal 4' de la lente y representa la superficie imaginaria 4" de la lente principal. Se halló que, cuando una pupila es muy grande, algo de luz proveniente de luz paralela entrante en la córnea y que pasa por la pupila puede incidir en esta parte exterior. Esta luz se proyectará en el plano focal de la parte principal de la lente, pero un poco desplazada con respecto al eje óptico. Esto da como resultado una imagen borrosa o aberraciones.
- En la Figura 30b, la superficie 6' de rebaje de la parte rebajada en dirección radial termina aproximadamente en el plano B. Después de esa posición radial, la superficie prosigue de manera continua y uniforme, volviendo al plano B, que contiene el límite exterior 6a de rebaje. Así, una parte indicada SR será cóncava. Cuando la misma luz procedente del haz colimado incida en esa parte de la LIO, divergirá alejándose del eje óptico 5. La sección de circunferencia exterior 4a de la lente principal está dentro de un plano A, coincidiendo los planos A y B en la Figura 30b. La circunferencia imaginaria exterior 4a' de la lente principal y el límite exterior 6a de rebaje coinciden (esencialmente) en la Figura 30b. La Figura 20 también muestra los planos A y B coincidiendo para la realización mostrada en las Figuras 15-21. Además, la realización de las Figuras 15-21 tiene planos A y B en el lado anterior de la LIO y planos A y B en el lado posterior de la lente.
- En la realización de la Figura 30c, la parte principal de la lente está elevada en dirección axial hasta tal punto que la parte rebajada termina en el plano B radialmente en la parte más empinada de la superficie 6' de rebaje que tiene el menor Rrec. En este caso, la circunferencia de la parte principal de la lente está esencialmente en el plano A, que está axialmente a una distancia dAB del plano B, o por encima del mismo. En algunas realizaciones específicas, por ejemplo como en las Figuras 8 y 11, parte de la lente principal continúa, por ejemplo, en una parte táctil 9'. En otra realización específica, mostrada en la Figura 9, se crea una zona de transición en la circunferencia. En esta zona de transición, la altura disminuye rápidamente hasta el plano B cuando se va en dirección radial.
- En la Figura 31 se muestra una vista frontal de una LIO con una parte rebajada con varios sectores. La LIO tiene una lente 3 con una circunferencia 2. La LIO tiene una parte principal 4 de la lente con una parte central 8. La parte central tiene habitualmente una anchura d1 de aproximadamente 0,1-0,6 mm, según se ha explicado más arriba. En esta realización, la parte rebajada tiene un entramado y tiene varios sectores, cada uno de los cuales tiene un tipo diferente de sombreado. Más cercano a la parte central hay un primer sector. Habitualmente, este sector tiene un valor dióptrico que está entre +1,0-+5,0 dioptrías con respecto a la potencia óptica de la parte principal 4 de la lente. Este sector se extiende una anchura d2 de 0,1-1,0 mm desde la parte central en dirección radial. Las superficies de

la parte central y el primer sector coinciden, pero no es preciso que las superficies coincidan de manera continua. La superficie del segundo sector coincide con la del primer sector. Tiene un valor dióptrico de aproximadamente +1,00 - +5,00 dioptrías con respecto a la parte principal 4 de la lente. Tiene una anchura d3 de 0,2 a 1,6 mm. La parte rebajada tiene un tercer sector que se extiende una anchura d4 de 0,2 - 1,50 mm. Tiene un valor dióptrico relativo de entre -1,00 - +1,00 dioptrías con respecto a la parte principal 4 de la lente. En un diseño, se seleccionaron los diferentes valores:

Diámetro de la lente = 6 mm

	Ejemplo 1		Ejemplo 2		Ejemplo 3		Ejemplo 4	
	Anchura	Dioptrías	Anchura	Dioptrías	Anchura	Dioptrías	Anchura	Dioptrías
d1	0,35		0,15		0,50		0,30	
d2	0,25	+1,00 - +2,25	0,50	+2,25	0,30	+3,50 - +2,50	0,80	+3,50
d3	1,20	+3,0	1,20	+3,5	1,00	+2,25	0,90	+1,75
d4	1,20	Principal+0,50	1,15	-1,0-principal	1,20	principal	1,00	principal

Ejemplo 5		
	Anchura	Dioptrías
d1	0,30	
d2	0,70	+3,0
d3	1,20	+2,25
d4	0,80	Principal+1,00

En otro ejemplo de una LIO, la LIO tiene una lente 3 con una circunferencia 2. La LIO tiene una parte principal 4 de la lente con una parte central 8. La parte central tiene habitualmente una anchura d1 de aproximadamente 0,1-0,6 mm, según se ha explicado más arriba. En esta realización, la parte rebajada tiene dos sectores. Más cercano a la parte central hay un primer sector. Habitualmente, este sector tiene un valor dióptrico que está entre +1,0-+5,0 dioptrías con respecto a la potencia óptica de la parte principal 4 de la lente. Este sector se extiende una anchura d2 de 0,1-2,4 mm desde la parte central en dirección radial. Las superficies de la parte central y el primer sector coinciden, pero no es preciso que las superficies coincidan de manera continua. Tiene un valor dióptrico relativo de entre -1,00 - +1,00 dioptrías con respecto a la parte principal 4 de la lente. En un diseño, se seleccionaron los diferentes valores: Diámetro de la lente = 6 mm

	Ejemplo 6		Ejemplo 7		Ejemplo 8		Ejemplo 9	
	Anchura	Dioptrías	Anchura	Dioptrías	Anchura	Dioptrías	Anchura	Dioptrías
d1	0,30		0,15		0,55		0,20	
d2	1,50	+1,5 - +3,0	1,70	+1,5 - +3,5	1,30	+1,5 - +3,5	1,60	+1,5 - +3,5
d3	1,20	principal	1,15	principal	1,15	principal	1,20	principal

En los diseños presentados, uno de los objetivos es evitar problemas ópticos del extremo de la parte rebajada. Otro objetivo es proporcionar la parte rebajada de tal modo que el grosor de la LIO en la parte rebajada siga siendo al menos 0,20 mm.

También estará claro que la anterior descripción y los dibujos se incluyen para ilustrar algunas realizaciones de la invención, y no para limitar el ámbito de protección. Partiendo de esta divulgación, muchas realizaciones adicionales serán evidentes para una persona experta que están dentro del ámbito de protección y de la esencia de esta invención según las cláusulas y las reivindicaciones siguientes, y que son combinaciones obvias de técnicas de la técnica anterior y de la divulgación de esta patente.

Cláusulas:

1. Una lente intraocular (1) que tiene una lente (3) que comprende:

- una parte principal (4) de la lente que tiene una superficie principal (4') de la lente y un eje óptico principal (5) que define direcciones radial, tangencial y axial; y
  - una parte rebajada (6, 7) que tiene una superficie (6', 7') de rebaje y que se extiende entre dicho eje óptico principal (5) y una circunferencia (2) de dicha lente (3), comprendiendo dicha parte rebajada (6, 7) una parte secundaria (6) de la lente con una superficie secundaria (6') de la lente que tiene una potencia óptica relativa positiva con respecto a la potencia óptica de dicha superficie principal (4') de la lente,
- extendiéndose dicha superficie principal de la lente en una dirección radial hacia el exterior, hacia una sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal alejada de dicho eje óptico principal (5), definiendo dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y dicha superficie principal (4') de la lente:

- una sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal que habría proporcionado, al menos parcialmente, una circunferencia exterior de la lente principal junto con dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal en caso de que dicha parte rebajada (6, 7) hubiera estado ausente; y
  - 5      – una sección imaginaria (4'') de la superficie principal de la lente que habría formado parte de dicha superficie principal (4') de la lente en caso de que dicha parte rebajada (6, 7) hubiera estado ausente, estando rebajada dicha superficie (6', 7') de rebaje con respecto a dicha sección imaginaria (4'') de la superficie principal de la lente,
    - 10        en la que dicha parte rebajada (6, 7) se extiende en una dirección radial hacia el exterior, hasta un límite exterior (6a) de rebaje alejado de dicho eje óptico principal (5), extendiéndose dicho límite exterior (6a) de rebaje a lo largo de dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal, o más allá de la misma, según se mira en una dirección radial hacia el exterior.
2. La lente intraocular según la cláusula 1 en la que dicho límite exterior (6a) de rebaje se encuentra a una distancia de dicho eje óptico principal (5) que es igual o mayor que la distancia de dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal desde dicho eje óptico principal (5) en una misma dirección radial.
    - 15
  3. La lente intraocular según las cláusulas 1 o 2 en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal están definidas esencialmente por la simetría especular con respecto a un plano de simetría que comprende dicho eje óptico principal (5), coincidiendo esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal a un lado de dicho plano de simetría con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y parte de dicha superficie principal (4') de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho plano de simetría; y/o dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal están definidas esencialmente por la simetría lineal con respecto a dicho eje óptico principal (5), coincidiendo esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal a un lado de dicho eje óptico principal (5) con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y parte de dicha superficie principal (4') de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho eje óptico principal (5).
    - 20
    - 25
    - 30
  4. La lente intraocular según las cláusulas 1, 2 o 3 en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal se encuentra, al menos esencialmente, en un primer plano (A) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), y dicho límite exterior (6a) de rebaje se encuentra, al menos esencialmente, en un segundo plano (B) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), coincidiendo, al menos esencialmente dicho primer plano (A) con dicho segundo plano (B).
    - 35
  5. La lente intraocular según las cláusulas 1, 2, 3 o 4 en la que dicho límite exterior (6a) de rebaje coincide, al menos esencialmente, con dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal.
  6. La lente intraocular según las cláusulas 1, 2 o 3 en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal se encuentra, al menos esencialmente, en un primer plano (A) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), y dicho límite exterior (6a) de rebaje se encuentra, al menos esencialmente, en un segundo plano (B) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), encontrándose dicho primer plano (A) a una distancia (dAB) de dicho segundo plano (B), según se mira en una dirección axial hacia el exterior de dicha lente (3).
    - 40
  7. La lente intraocular según las cláusulas 1, 2, 3 o 6 en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal se encuentra a una distancia de dicho límite exterior (6a) de rebaje, según se mira en una dirección axial hacia el exterior de dicha lente (3).
    - 45
  8. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas 1 a 7 en la que dicha superficie (6') de rebaje comprende esencialmente únicamente dicha superficie secundaria (6') de la lente, que se extiende hasta dicho límite exterior (6a) de rebaje.
  9. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas 1 a 7 en la que dicha superficie (6', 7') de rebaje comprende esencialmente únicamente una sección (7') de superficie esencialmente cóncava que se extiende a lo largo de dicho límite exterior (6a) de rebaje, y extendiéndose dicha superficie secundaria (6') de la lente hasta dicha sección (7') de superficie esencialmente cóncava.
    - 50
  10. La lente intraocular según la cláusula precedente en la que dicha sección (7') de superficie cóncava se extiende entre aproximadamente 0,2 y 1,2 mm en la dirección radial.
    - 55

11. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha parte rebajada (6, 7), en direcciones tangenciales, está limitada por límites (6c) de meridiano que se extienden a lo largo de meridianos de dicha superficie principal (4') de la lente que atraviesan dicho eje óptico principal (5).
- 5 12. La lente intraocular según la cláusula precedente en la que dicha parte rebajada (6, 7) se extiende entre 160 y 190 grados en dichas direcciones tangenciales entre dichos límites (6c) de meridiano.
13. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha circunferencia exterior de la lente principal coincide, al menos esencialmente, con dicha circunferencia (2) de dicha lente (3).
- 10 14. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha superficie secundaria (6') de la lente comprende al menos dos secciones de la superficie secundaria de la lente contiguas en una dirección radial, siendo mayor la potencia óptica de una sección de la superficie secundaria de la lente en una dirección radial hacia el exterior con respecto a una sección contigua de la superficie secundaria de la lente.
- 15 15. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha lente (3) comprende, además, una parte central (8) de la lente alrededor de dicho eje óptico principal (5), ajustándose dicha parte central (8) de la lente dentro de un círculo alrededor de dicho eje óptico principal (5) y teniendo un diámetro entre 0,1 y 2,0 mm.
- 20 16. La lente intraocular según la cláusula precedente en la que una superficie de dicha parte central (8) es adyacente a dicha superficie principal (4') de la lente, definiendo una sección de circunferencia interior (4b) de la lente principal de dicha superficie principal (4') de la lente, y adyacente a dicha superficie (6') de rebaje, definiendo un límite interior (6b) de rebaje de dicha superficie (6', 7') de rebaje.
17. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha parte principal (4) de la lente está configurada para optimizar la visión a lo lejos de una persona dotada de dicha lente intraocular (1).
- 25 18. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha parte secundaria (6) de la lente está configurada para optimizar la visión de cerca y/o intermedia de una persona dotada de dicha lente intraocular (1).
19. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha parte principal (4) de la lente tiene una potencia óptica entre aproximadamente -20 y +35 dioptrías.
- 30 20. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha parte secundaria (6) de la lente tiene una potencia óptica entre aproximadamente +0,5 y 10,0 con respecto a dicha parte principal (4) de la lente.
- 35 21. La lente intraocular según una cualquiera de las cláusulas precedentes en la que dicha circunferencia exterior (4a, 4a') de la lente principal cabe dentro de un círculo alrededor de dicho eje óptico principal (5) y que tiene un diámetro entre 5 y 7 mm.
22. Una lente intraocular que comprende un lado posterior para ser orientado hacia la cámara posterior del ojo humano, y un lado anterior para ser orientado alejándose de la cámara posterior cuando está colocada en el ojo humano, estando configurado dicho lado anterior según una cualquiera de las cláusulas 1 a 22.
- 40 23. Una lente intraocular que comprende un lado posterior para ser orientado hacia la cámara posterior del ojo humano, y un lado anterior para ser orientado alejándose de la cámara posterior cuando está colocada en el ojo humano, estando configurado dicho lado posterior según una cualquiera de las cláusulas 1 a 22.

## REIVINDICACIONES

1. Una lente intraocular (1) que tiene una lente (3) que comprende:
- una parte principal (4) de la lente que tiene una superficie principal (4') de la lente y un eje óptico principal (5) que define direcciones radial, tangencial y axial; y
  - una parte rebajada (6, 7) que tiene una superficie (6', 7') de rebaje y que se extiende entre dicho eje óptico principal (5) y una circunferencia (2) de dicha lente (3), comprendiendo dicha parte rebajada (6, 7) una parte secundaria (6) de la lente con una superficie secundaria (6') de la lente que tiene una potencia óptica relativa positiva con respecto a la potencia óptica de dicha superficie principal (4') de la lente, extendiéndose dicha superficie principal de la lente en una dirección radial hacia el exterior, hacia una sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal alejada de dicho eje óptico principal (5), definiendo dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y dicha superficie principal (4') de la lente:
  - una sección imaginaria (4'') de la superficie principal de la lente que habría formado parte de dicha superficie principal (4') de la lente en caso de que dicha parte rebajada (6, 7) hubiera estado ausente, estando rebajada dicha superficie (6', 7') de rebaje con respecto a dicha sección imaginaria (4'') de la superficie principal de la lente, **caracterizada porque** dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y dicha superficie principal (4') de la lente, además, definen
  - una sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal que habría proporcionado, al menos parcialmente, una circunferencia exterior de la lente principal junto con dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal en caso de que dicha parte rebajada (6, 7) hubiera estado ausente, estando definidas esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal por simetría especular con respecto a un plano de simetría que comprende dicho eje óptico principal (5), coincidiendo esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal a un lado de dicho plano de simetría con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y parte de dicha superficie principal (4') de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho plano de simetría; y/o estando definidas esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal por la simetría lineal con respecto a dicho eje óptico principal (5), coincidiendo esencialmente dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal y dicha superficie imaginaria (4'') de la lente principal a un lado de dicho eje óptico principal (5) con imágenes especulares de parte de dicha sección de circunferencia exterior (4a) de la lente principal y parte de dicha superficie principal (4') de la lente, respectivamente, al otro lado de dicho eje óptico principal (5), en la que dicha parte rebajada (6, 7) se extiende en una dirección radial hacia el exterior, hasta un límite exterior (6a) de rebaje alejado de dicho eje óptico principal (5), extendiéndose dicho límite exterior (6a) de rebaje a lo largo de dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal, o más allá de la misma, según se mira en una dirección radial hacia el exterior.
2. La lente intraocular según la reivindicación 1, en la que dicho límite exterior (6a) de rebaje se encuentra a una distancia de dicho eje óptico principal (5) que es igual o mayor que una distancia de dicha sección imaginaria de circunferencia exterior de la lente principal desde dicho eje óptico principal (5) en una misma dirección radial.
3. La lente intraocular según la reivindicación 1 o 2, en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal se encuentra, al menos esencialmente, en un primer plano (A) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), y dicho límite exterior (6a) de rebaje se encuentra, al menos esencialmente, en un segundo plano (B) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), coincidiendo, al menos esencialmente dicho primer plano (A) con dicho segundo plano (B).
4. La lente intraocular según la reivindicación 1, 2 o 3, en la que dicho límite exterior (6a) de rebaje coincide, al menos esencialmente, con dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal.
5. La lente intraocular según la reivindicación 1 o 2, en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal se encuentra, al menos esencialmente, en un primer plano (A) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), y dicho límite exterior (6a) de rebaje se encuentra, al menos esencialmente, en un segundo plano (B) perpendicular a dicho eje óptico principal (5), encontrándose dicho primer plano (A) a una distancia (dAB) de dicho segundo plano (B), según se mira en una dirección axial hacia el exterior de dicha lente (3).

6. La lente intraocular según la reivindicación 1, 2 o 5, en la que dicha sección imaginaria de circunferencia exterior (4a') de la lente principal se encuentra a una distancia de dicho límite exterior (6a) de rebaje, según se mira en una dirección axial hacia el exterior de dicha lente (3).
- 5 7. La lente intraocular según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dicha superficie (6') de rebaje comprende esencialmente únicamente dicha superficie secundaria (6') de la lente, que se extiende hasta dicho límite exterior (6a) de rebaje.
- 10 8. La lente intraocular según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dicha superficie (6', 7') de rebaje comprende esencialmente únicamente una sección (7') de superficie esencialmente cóncava que se extiende a lo largo de dicho límite exterior (6a) de rebaje, y extendiéndose dicha superficie secundaria (6') de la lente hasta dicha sección (7') de superficie esencialmente cóncava.
9. La lente intraocular según la reivindicación precedente, en la que dicha sección (7') de superficie cóncava se extiende entre aproximadamente 0,2 y 1,2 mm en la dirección radial.
- 15 10. La lente intraocular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha parte rebajada (6, 7), en direcciones tangenciales, está limitada por límites (6c) de meridiano que se extienden a lo largo de meridianos de dicha superficie principal (4') de la lente que atraviesan dicho eje óptico principal (5).
11. La lente intraocular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha circunferencia exterior de la lente principal coincide, al menos esencialmente, con dicha circunferencia (2) de dicha lente (3).
- 20 12. La lente intraocular según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha lente (3) comprende, además, una parte central (8) de la lente alrededor de dicho eje óptico principal (5), ajustándose dicha parte central (8) de la lente dentro de un círculo alrededor de dicho eje óptico principal (5) y teniendo un diámetro entre 0,1 y 2,0 mm.
- 25 13. La lente intraocular según la reivindicación precedente, en la que una superficie de dicha parte central (8) es adyacente a dicha superficie principal (4') de la lente, definiendo una sección de circunferencia interior (4b) de la lente principal de dicha superficie principal (4') de la lente, y adyacente a dicha superficie (6') de rebaje, definiendo un límite interior (6b) de rebaje de dicha superficie (6', 7') de rebaje.
14. Una lente intraocular que comprende un lado posterior para ser orientado hacia la cámara posterior del ojo humano, y un lado anterior para ser orientado alejándose de la cámara posterior cuando está colocada en el ojo humano, estando configurado dicho lado anterior según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
- 30 15. Una lente intraocular que comprende un lado posterior para ser orientado hacia la cámara posterior del ojo humano, y un lado anterior para ser orientado alejándose de la cámara posterior cuando está colocada en el ojo humano, estando configurado dicho lado posterior según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

Fig 1

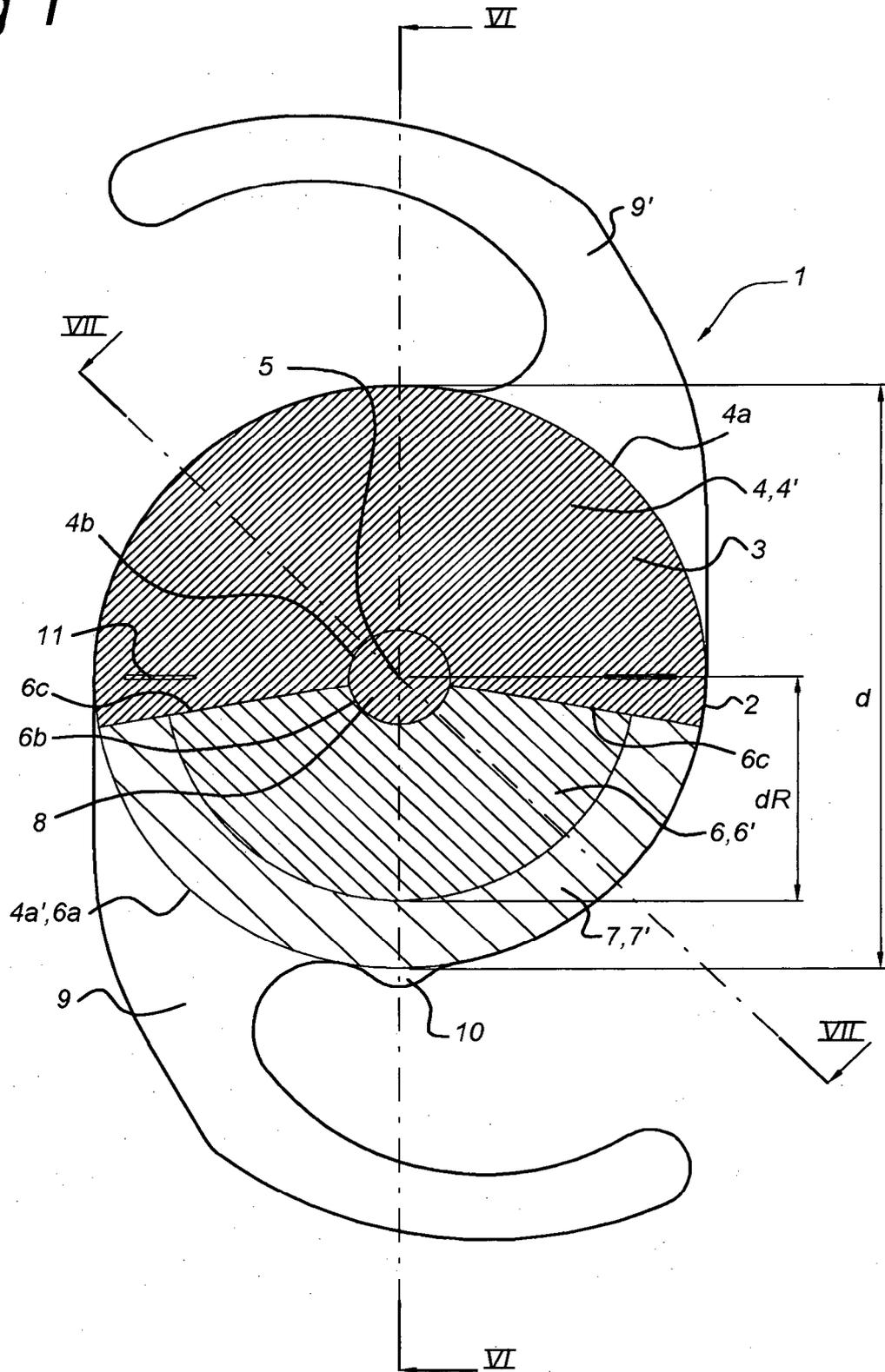
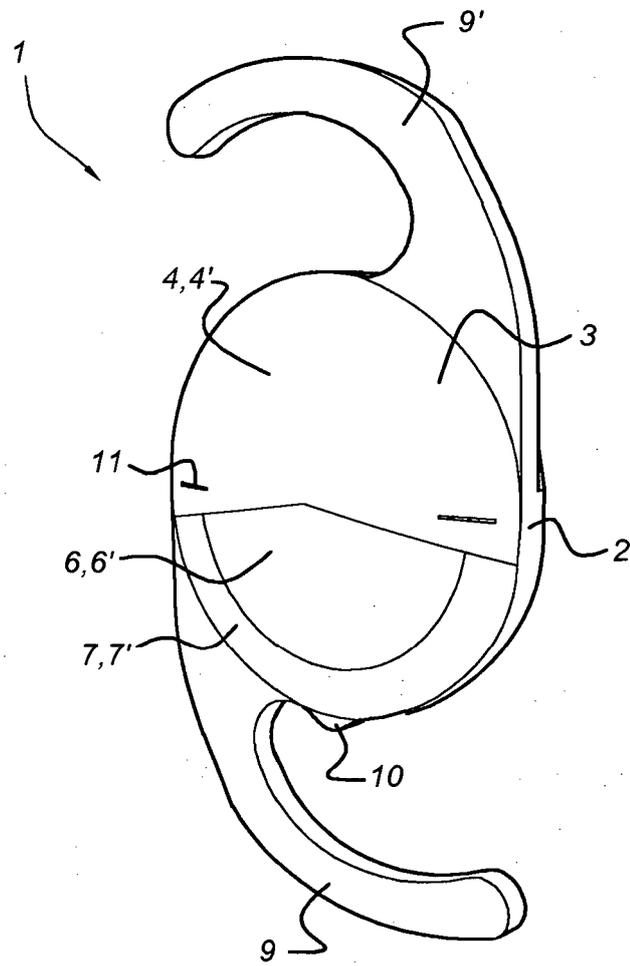
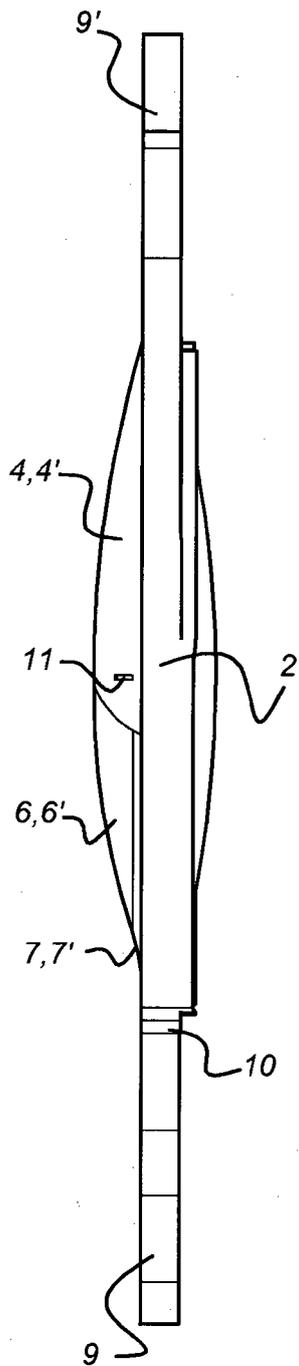




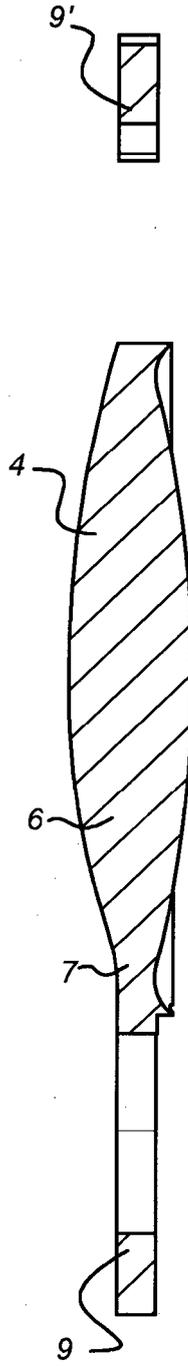
Fig 4



*Fig 5*



*Fig 6*



*Fig 7*

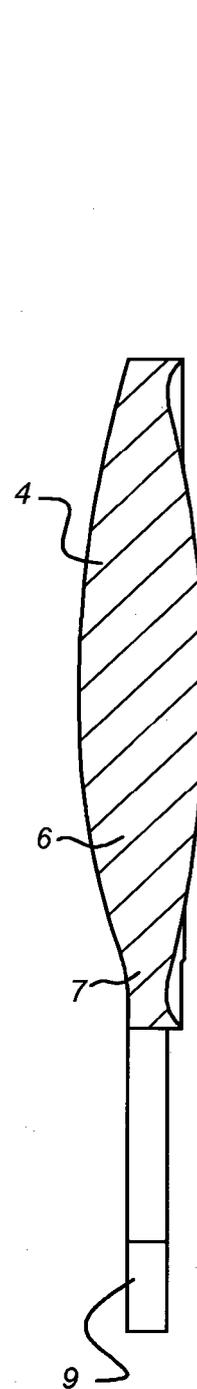


Fig 8

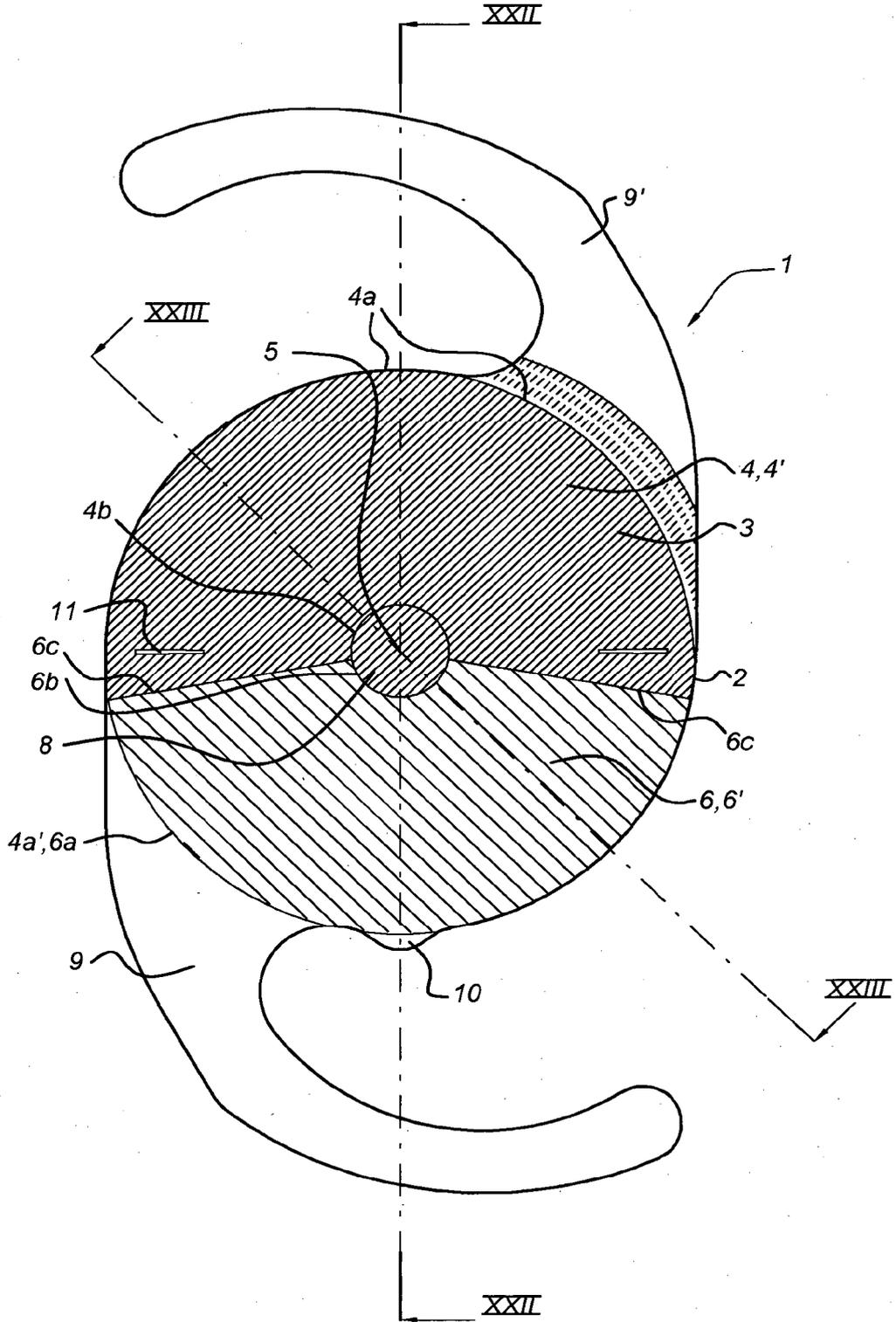


Fig 9

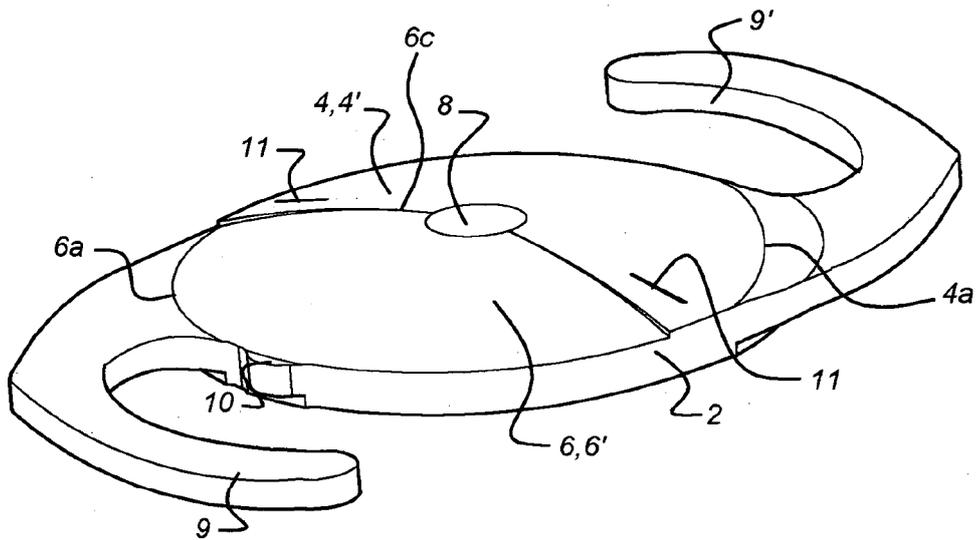


Fig 10

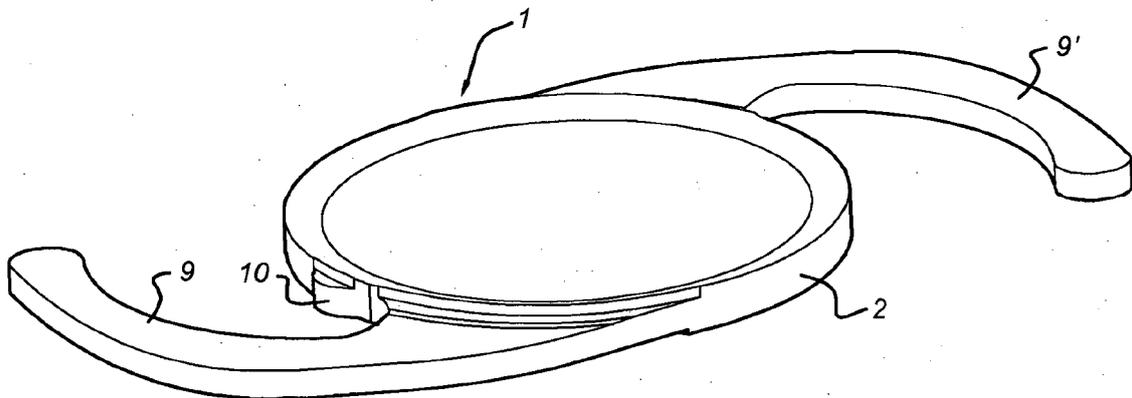


Fig 11

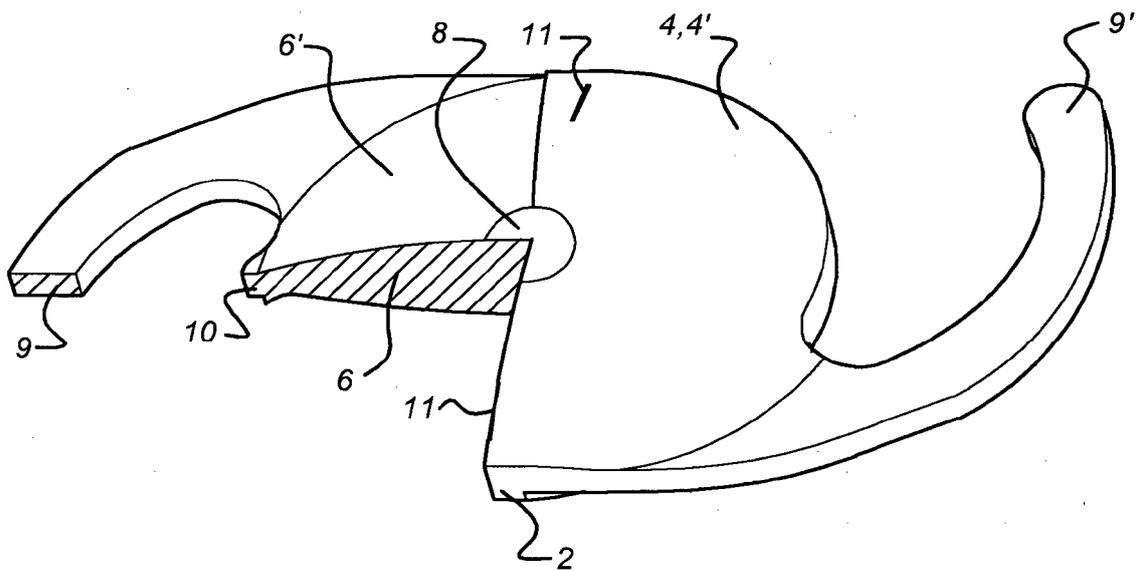


Fig 12

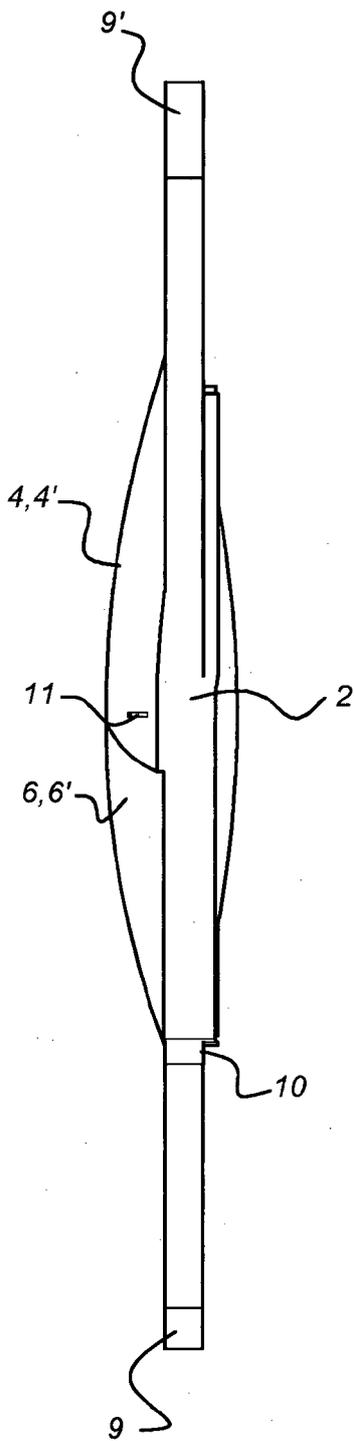


Fig 13

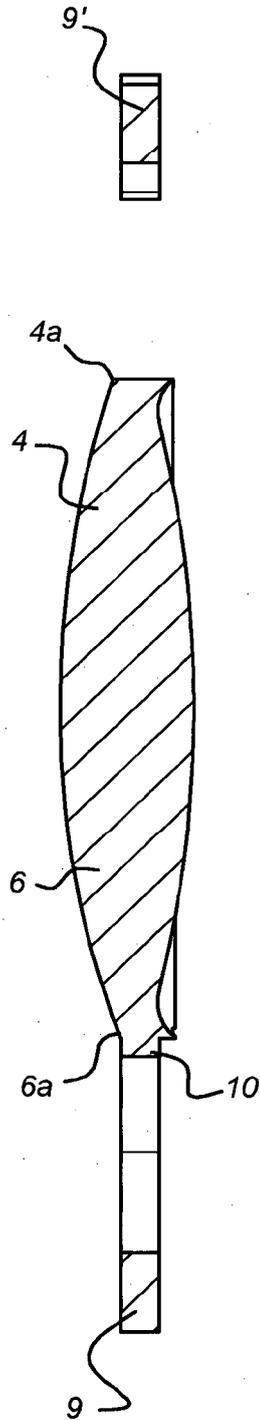


Fig 14

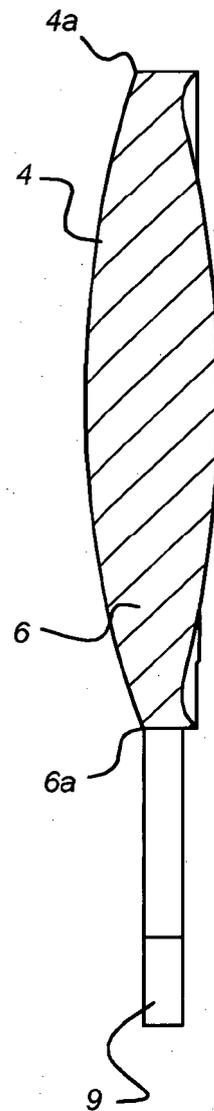


Fig 15

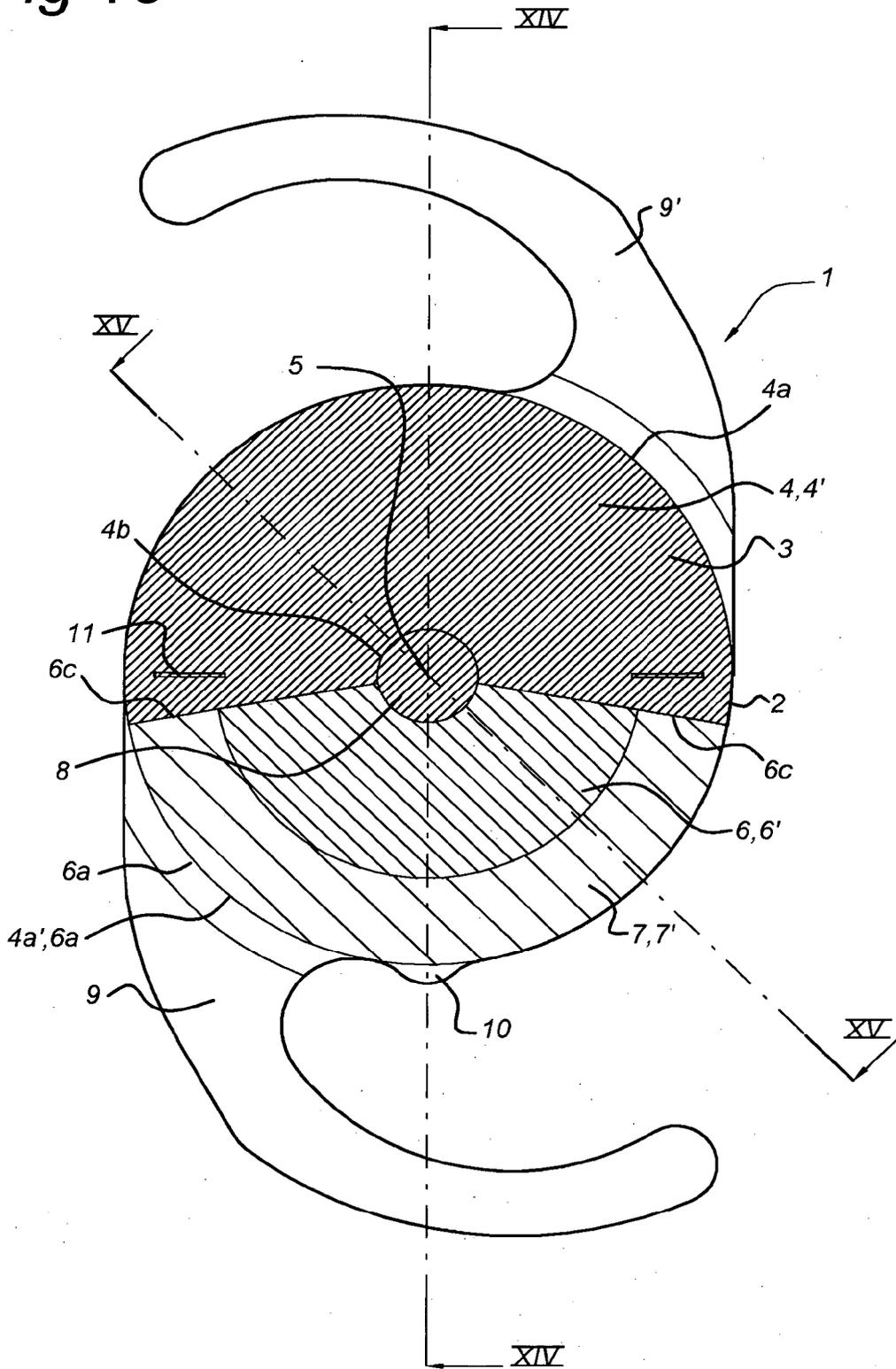


Fig 16

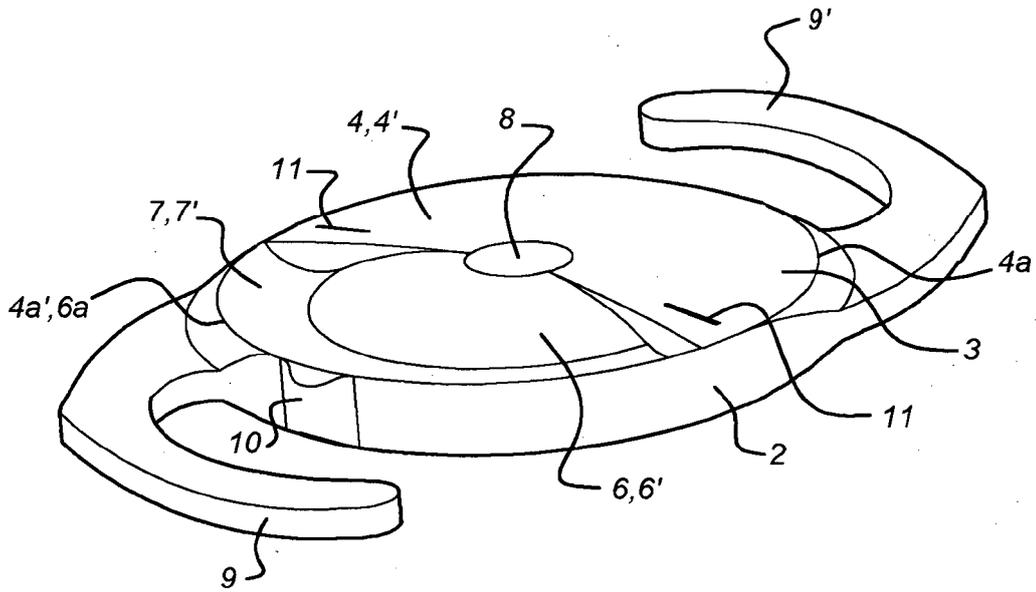


Fig 17

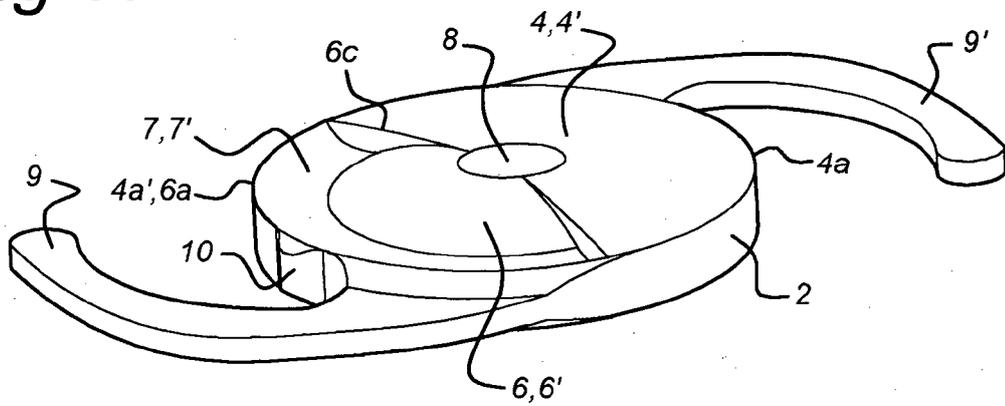


Fig 18

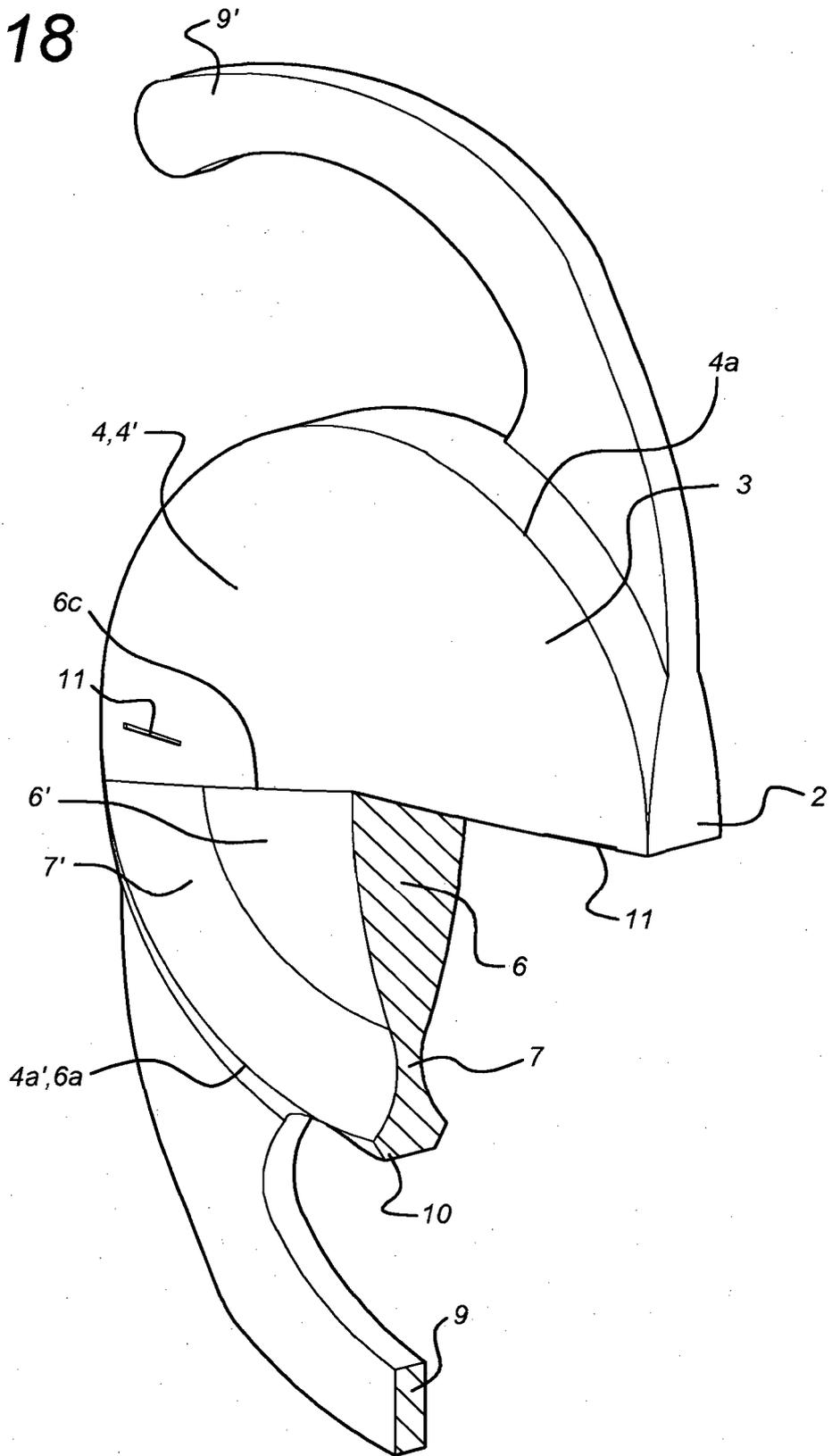


Fig 19

Fig 20

Fig 21

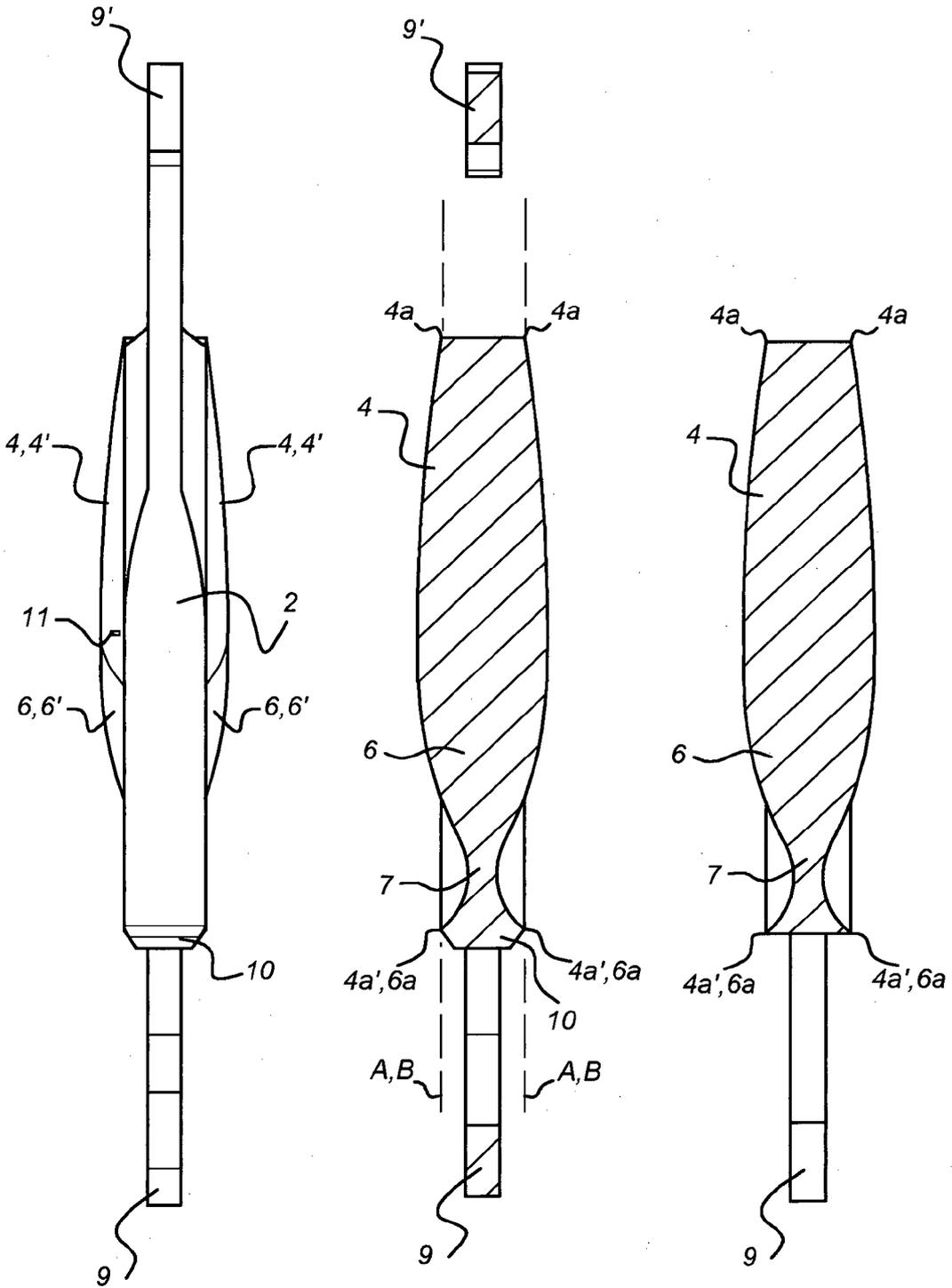


Fig 22

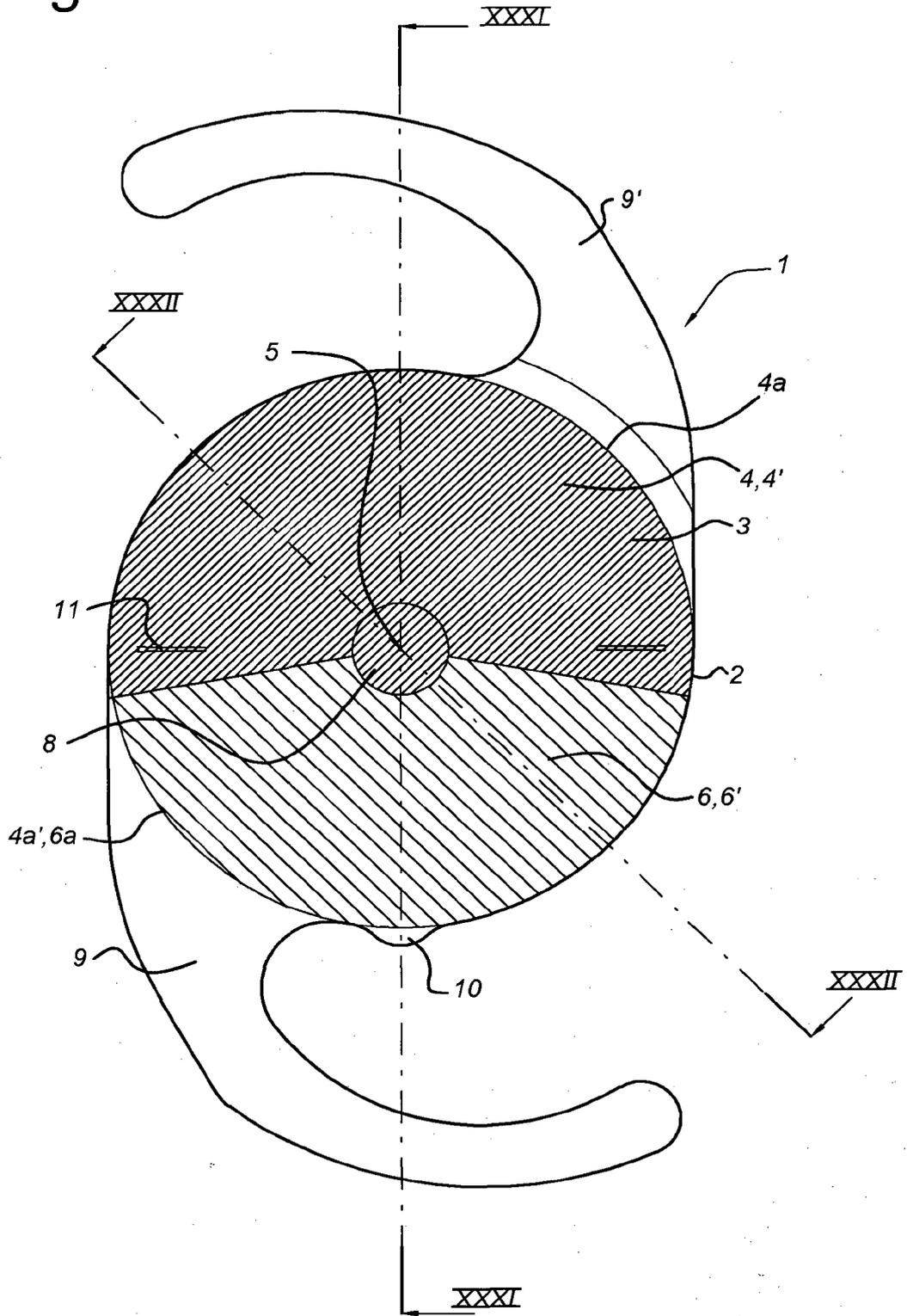


Fig 23

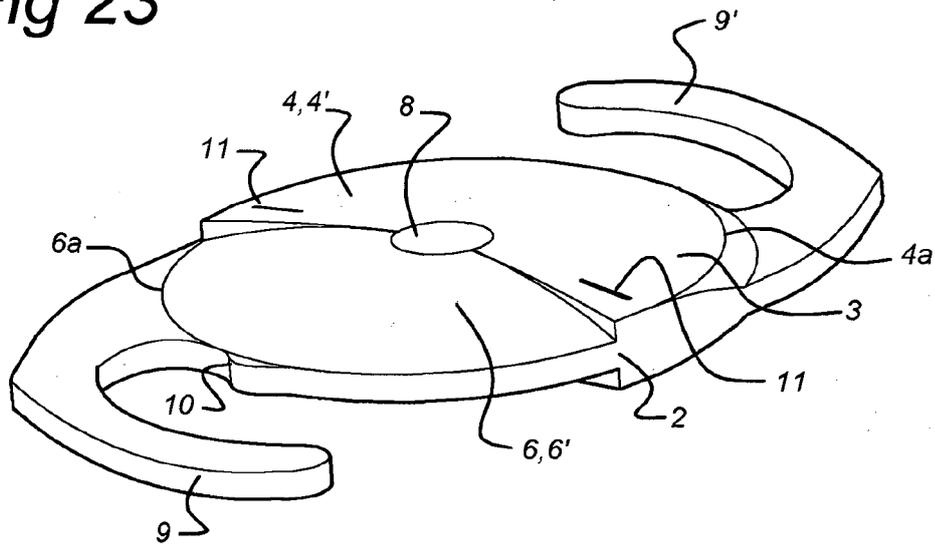


Fig 24

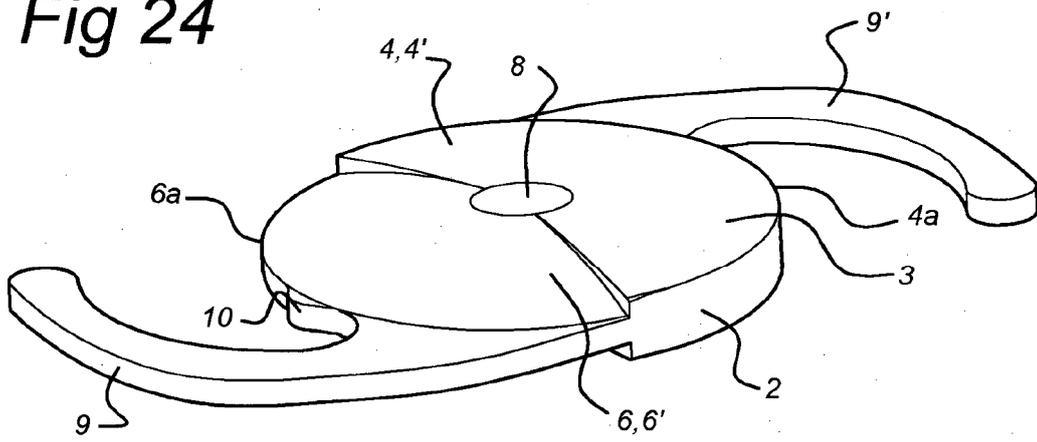




Fig 26

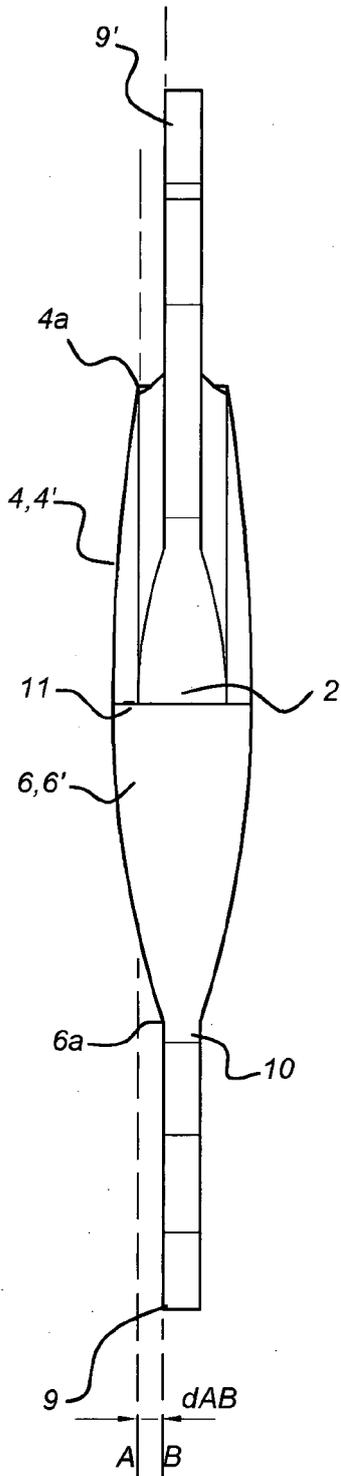


Fig 27

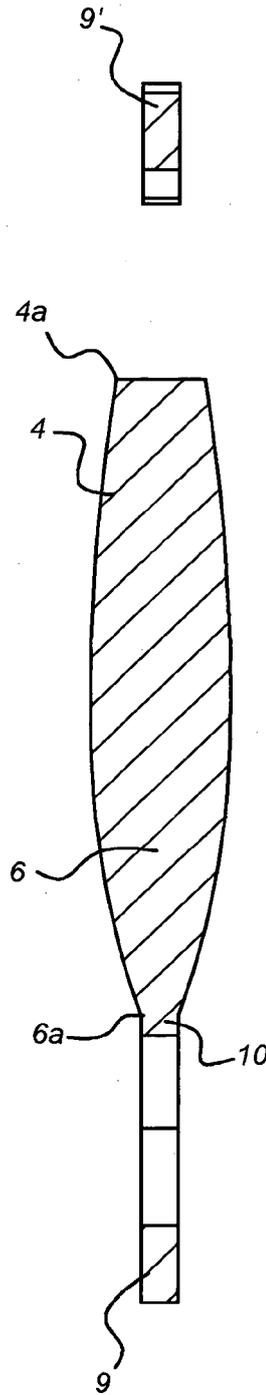
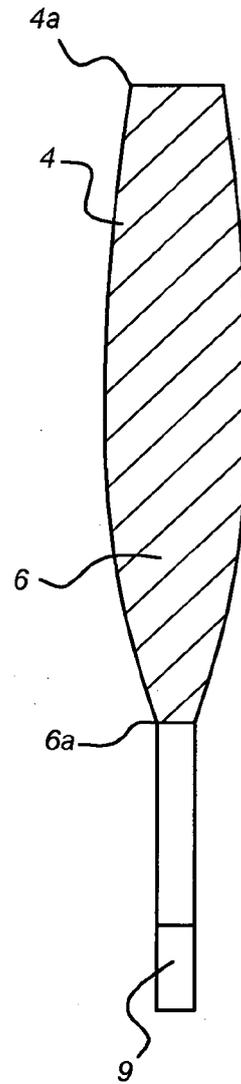


Fig 28



*Fig 29*

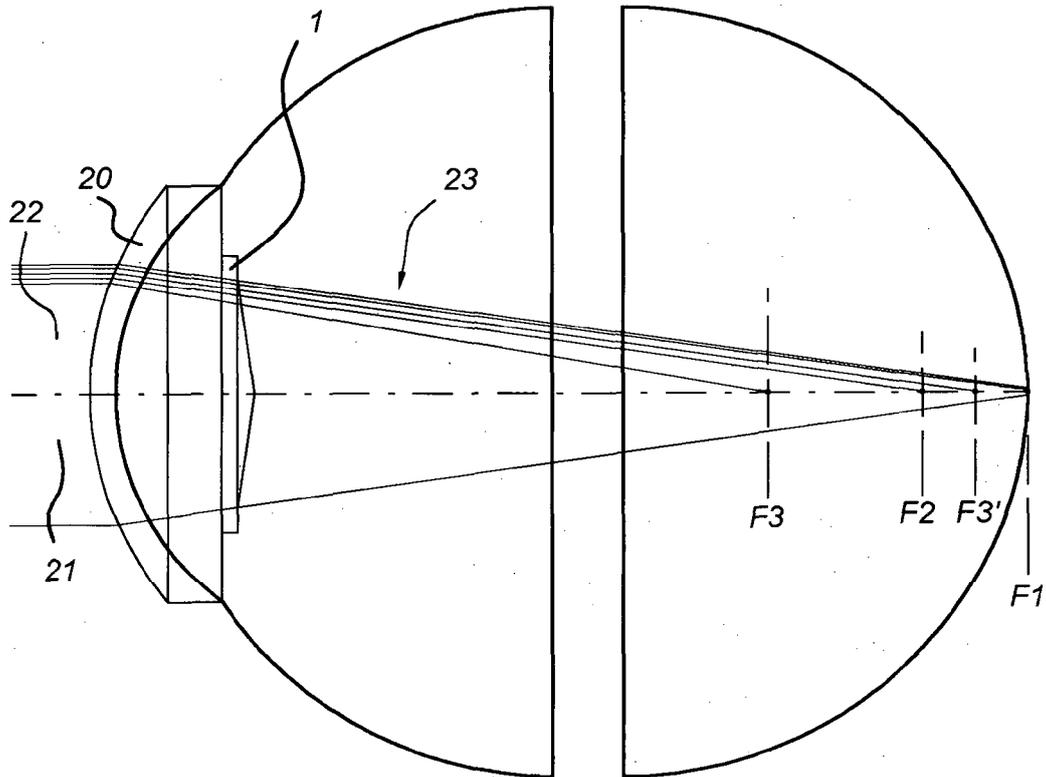


Fig 30a

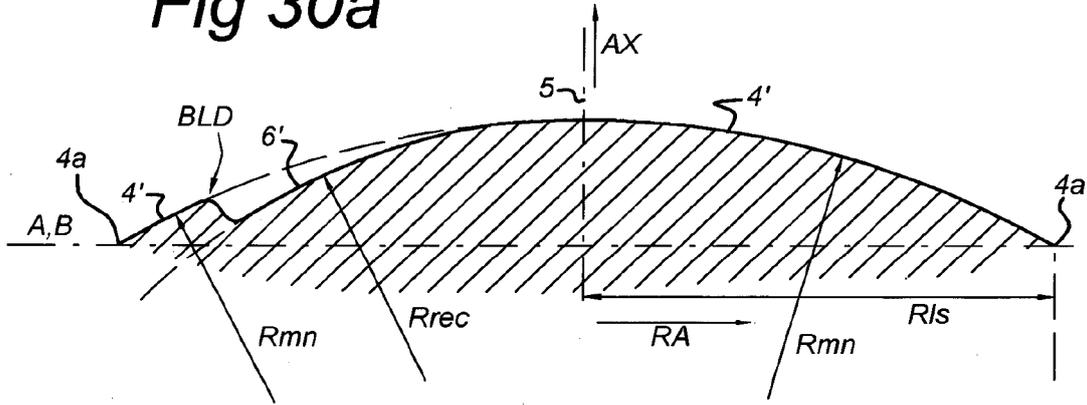


Fig 30b

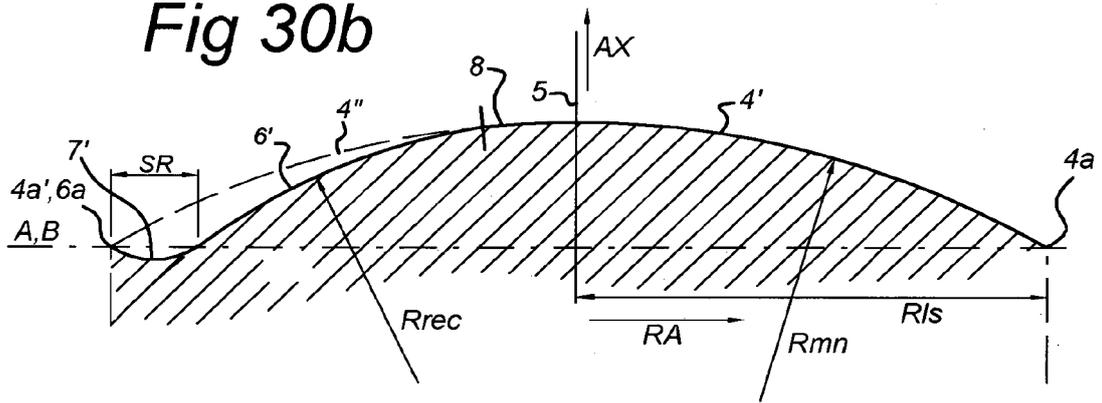


Fig 30c

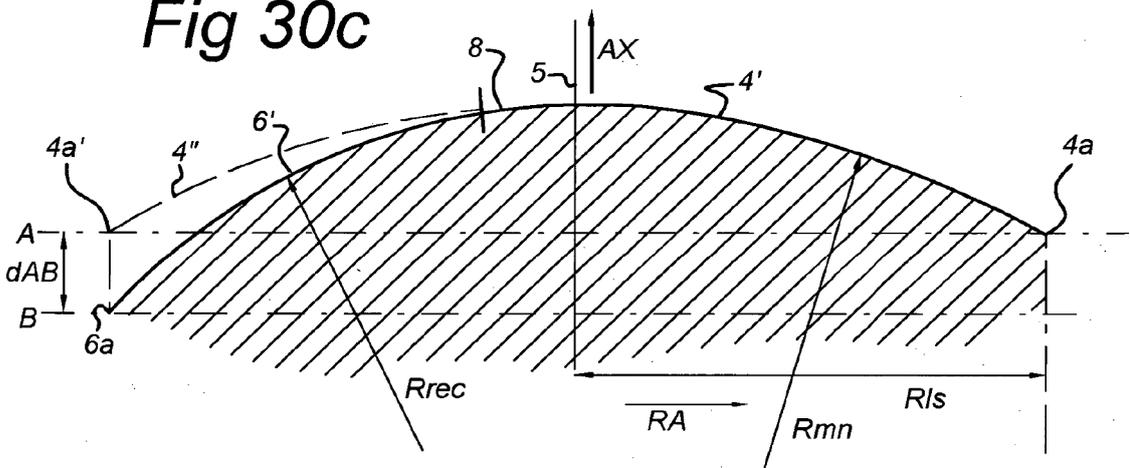


Fig 31

