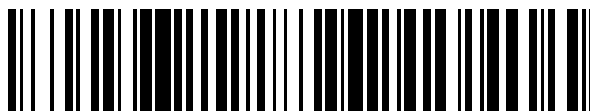


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 443**

51 Int. Cl.:

**G02C 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2015** **E 15168335 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018** **EP 2947505**

54 Título: **Método para reducir el grosor de una forma de lente y pieza elemental de lente sin tallar**

30 Prioridad:

**22.05.2014 WO PCT/US2014/039185**

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

**16.04.2019**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH  
(50.0%)  
Turnstrasse 27  
73430 Aalen, DE y  
CARL ZEISS VISION, INC. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SPRATT, RAY STEVEN;  
KRATZER, TIMO y  
ELLINGER, PHILIPP**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 709 443 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

Método para reducir el grosor de una forma de lente y pieza elemental de lente sin tallar

La presente invención se dirige hacia un método para proporcionar una forma modificada de lente para una pieza elemental de lente sin tallar, en particular para reducir el grosor de la forma de lente sin tallar. Además, la presente invención está dirigida hacia una pieza elemental de lente sin tallar para fabricar una lente para gafas.

En los últimos años, el número de las así llamadas lentes para gafas diseñadas individualmente ha ido significativamente en aumento. Estas lentes para gafas diseñadas individualmente tienen en cuenta varios parámetros individuales de un usuario en cuestión. Además, la demanda de una corrección no solamente de aberraciones de orden inferior sino también de aberraciones de orden superior está creciendo continuamente, Todo esto conduce hacia que cada vez más lentes son diseñadas con "superficies de forma libre", es decir, superficies que no inhiben ninguna simetría en absoluto. Se determina un perfil superficial completo, por ejemplo proporcionando una flecha para cada superficie sobre el área total, y se reenvía a un lugar de fabricación, por ejemplo, para afinar, pulir, revestir y/o rebordear. Sensores de frente de onda comercialmente disponibles, la capacidad y técnicas de procesamiento de datos para corregir las aberraciones de orden elevado del ojo con una lente oftálmica sin introducir más aberraciones de frente de onda de orden bajo, y a la capacidad de mecanizar superficies de lente oftálmica de complejidad adecuada, en particular con técnicas modernas de acabado superficial libre de forma.

Antes de rebordear, es decir tallar la pieza elemental de lente a su forma final para ajustarla a una montura, las lentes son procesadas como así llamadas "piezas elementales de lente sin tallar", es decir piezas elementales de lente que tienen una forma circular o elíptica y una superficie frontal que tiene una curvatura convexa que proporciona una potencia focal específica ya aplicada a la misma. Además, la superficie frontal puede estar ya revestida. Las propiedades ópticas pretendidas son a continuación proporcionadas acabando superficialmente la superficie posterior con una superficie libre de forma predeterminada. Al menos para las operaciones de acabado superficial, es decir afinado y pulido, y para la operación de revestimiento, la pieza elemental de lente sin tallar ha de ser bloqueada mediante piezas de bloqueo correspondientes que pueden sujetar las piezas elementales de la lente sin tallar de manera segura mientras dejan abiertas las superficies que han de ser procesadas. Además, las herramientas y métodos utilizados para el acabado superficial inducen ciertas restricciones sobre la forma de superficies que pueden realmente ser procesadas. Por último, los usuarios prefieren gafas ligeras de peso y ciertas formas de montura estéticamente ventajosas pueden fijar lentes solamente con hasta un cierto grosor de borde exterior.

En la técnica anterior, los problemas asociados con grandes espesores de lente son ya conocidos, en particular para lentes que tienen una potencia focal muy positiva o negativa. Para estos propósitos, se han proporcionado lentes lenticulares que comprenden una porción lenticular que proporciona propiedades ópticas deseadas, en particular de acuerdo con una prescripción, y una porción marginal relativamente delgada exterior de un ángulo de visión específico con propósitos de fabricación y montaje en la montura. Ejemplos para tales lentes lenticulares son proporcionados, por ejemplo, en "System for ophtalmic dispensing" por Clifford W. Brooks e Irvin M. Borish, ISBN-13: 978-0-7506-7480-5. Tercera Edición, Butterworth-Heinemann / Elsevier, 2007, en particular las páginas 425 a 429, así como en las solicitudes de patente US 2009/0244480 A1 y US 2008/0231800 A1.

Volviendo a las superficies de forma libre y a las lentes para gafas correspondientes, el problema básico es aún modificar el perfil de grosor de una lente oftálmica modificando una de las superficies fuera de algún límite especificado. El método tradicional e "ideal" en términos de maximizar el tamaño de la zona óptica al tiempo que se minimiza el grosor central de lentes positivas o el grosor en el borde de lentes negativas y también minimizar la incomodidad del usuario cuando el límite entre la porción lenticular y la porción marginal se encuentra dentro de la montura, requiere que la superficie modificada tenga una discontinuidad inclinada a lo largo del límite.

Los métodos tradicionales no son muy adecuados para la tecnología de forma libre de la superficie posterior actual. Las lentes de potencia positiva requieren discos especializados con superficies frontales complejas, que aumentarían la complejidad y la creatividad requerida para el procesamiento de forma libre. Las lentes negativas requieren que la parte posterior sea acabada superficialmente y pulida dos veces, añadiendo al procesamiento tiempo y coste. Además se perciben los métodos y superficies de "tecnología superior" y son preferidos estéticamente.

El documento WO 2014/060552 A1 muestra un método para determinar una superficie de una lente oftálmica que comprende un soporte y una membrana de Fresnel que se encuentra sobre el soporte. La invención también se refiere a una lente oftálmica que comprende dicha superficie. La invención se refiere especialmente a un método para determinar una superficie de una lente oftálmica, donde dicha superficie comprende una membrana de Fresnel y un soporte que soporta dicha membrana de Fresnel. Dicho soporte tiene un centro geométrico, una primera región central y una región periférica anular, y una simetría de rotación. Dicha membrana de Fresnel, la primera región central y la región periférica están centradas sobre dicho centro geométrico, estando definida la primera región central por un primer límite circular, y estando definida la región periférica por un segundo límite circular y por el borde de la superficie. El método comprende las operaciones de: (S1) determinar un primer perfil de curvatura de dicho soporte en dicha primera región central y un segundo perfil de curvatura de dicho soporte en dicha región periférica; (S10) determinar un primer radio de dicho primer límite y un segundo radio de dicho segundo límite; (S20) determinar un tercer perfil de curvatura de una región de

transición de dicho soporte, en donde dicha región de transición es adyacente a la primera región central y a dicha región periférica; (S30) determinar un perfil de curvatura objetivo de la superficie donde dicho perfil de curvatura objetivo es idéntico en dicha primera región central al primer perfil de curvatura del soporte; (S40) determinar un perfil de curvatura continuo para la membrana de Fresnel a partir de una diferencia entre dicho perfil de curvatura objetivo y dicho perfil de curvatura del soporte; y (S50) determinar la membrana de Fresnel tallando dicho perfil de curvatura continuo para la membrana de Fresnel.

Por tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar un método para reducir el grosor de una pieza elemental de lente sin tallar, en particular con una superficie frontal esférica y una forma de superficie posterior de forma libre arbitraria, y una pieza elemental de lente sin tallar correspondiente.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se ha proporcionado un método implementado por ordenador, para proporcionar una forma modificada de lente para una pieza elemental de lente sin tallar, que comprende las siguientes operaciones:

- a) proporcionar una forma original de lente de una pieza elemental de lente sin tallar que tiene una superficie frontal y una superficie posterior, en donde la forma original de lente comprende una forma original de una superficie frontal y una forma original de la superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar de tal manera que la pieza elemental de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas, y en donde la superficie frontal y la superficie posterior tienen ambas su forma final antes de rebordear;
- b) determinar una línea límite, en donde un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior ha de ser preservado dentro de la línea límite, en donde las alturas sagitales relativas de la superficie posterior son preservadas dentro de la línea límite y el perfil de curvatura como tal puede ser movido a la manera de una transición con relación a la superficie frontal;
- c) determinar al menos una línea de soporte sobre la superficie posterior, y, para cada línea de soporte, determinar una curvatura límite de la superficie posterior en la línea límite;
- d) determinar para cada línea de soporte, un nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea de soporte respectiva entre la línea límite y un borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil de curvatura es igual a la curvatura límite en la línea límite y pasa de manera monótona y continua hacia el borde exterior desde la curvatura límite hacia un valor de curvatura predefinido de una curvatura predefinida;
- e) determinar una forma modificada de lente de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la forma modificada de lente comprende la forma original de la superficie frontal, y una forma modificada de la superficie posterior, en donde la forma modificada de la superficie posterior es determinada por un procedimiento de optimización basado en el nuevo perfil de curvatura hacia una forma objetivo, y en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura preservado de la forma original de lente dentro de la línea límite y una exigencia de grosor para el del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde el perfil de curvatura del diseño de lente original es preservado o fijado dentro de la línea límite, en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura de la forma original de lente de la superficie posterior dentro de la línea límite cuyo perfil de curvatura de la forma original de lente es fijado durante la optimización, el perfil de curvatura de cada línea de soporte fuera de la línea límite cuyo perfil de curvatura de cada línea de soporte es fijado durante la optimización, y el valor de curvatura predefinido para la superficie posterior fuera de la línea límite.

En particular, en el método de acuerdo con el primer aspecto, el valor de curvatura predefinido es una curvatura radial de la superficie posterior o una curvatura dentro de un plano meridiano de la superficie frontal, en particular y en donde la transición del nuevo perfil de curvatura es determinada dentro de un plano meridiano de la superficie frontal.

En particular, en el método de acuerdo con el primer aspecto, un grosor mínimo predefinido del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar es aplicado como una condición obligatoria durante la optimización.

En general, la curvatura predefinida puede ser una curvatura extrema de la superficie posterior, en particular una curvatura máxima o una curvatura mínima.

En particular, las operaciones d) y e) puede ser llevadas a cabo de manera subsiguiente, es decir la operación e) después de la operación d), o en paralelo.

En particular, el método comprende además proporcionar un valor extremo de curvatura de la superficie posterior, en particular una curvatura máxima o una curvatura mínima, como el valor de curvatura predeterminado. En particular, la operación b) comprende determinar una línea límite sobre la superficie posterior, en particular en donde un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior ha de ser preservado dentro de la línea límite. En particular, la operación c) comprende determinar un punto de soporte sobre la superficie posterior y al menos una línea de soporte recta sobre la superficie posterior, en donde cada línea de soporte recta emana desde el punto de soporte, y, para cada línea de soporte recta, determinar una curvatura límite de la superficie posterior en un punto de intersección de la línea

de soporte recta respectiva y de la línea límite.

En particular, la operación d) comprende determinar, para cada línea de soporte recta, un nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea de soporte respectiva desde el punto de intersección a un borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil de curvatura iguala a la curvatura límite en el punto de intersección y pasa de manera monótona desde la curvatura límite al valor de curvatura extrema hacia el borde exterior. En particular, la forma modificada de la superficie posterior es determinada por una optimización hacia una forma objetivo, en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura de la forma original de lente de la superficie posterior dentro de la línea límite cuyo perfil de curvatura es fijado durante la optimización, el perfil de curvatura de cada línea de soporte recta fuera de la línea límite cuyo perfil de curvatura está fijado durante la optimización, y el valor extremo de curvatura para la superficie posterior fuera de la línea límite, y en donde la optimización aplica la condición de que una curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea límite es continua.

La idea básica de la invención es modificar la forma de la superficie posterior original. Es básicamente una modificación de dos etapas de la potencia de la superficie posterior a lo largo de líneas específicas, en particular, la potencia tangencial o radial, más allá de algún límite especificado, y a continuación recalcular la superficie que tiene la curvatura tangencial o radial especificada de nuevo. Mediante el método especificado, es posible aplicar esta reducción de grosor a cualquier forma original de lente, en particular cualquier perfil de superficie de forma libre arbitrario sobre la superficie posterior.

La idea es reducir el grosor de la lente aumentando la curvatura de la superficie posterior tan rápidamente como sea posible radialmente hacia fuera de un área reservada, dadas las restricciones de los procesos de acabado superficial, en particular afinado, pulido y tallado o rebordeado. "Aumentar" la curvatura significa aquí que su magnitud toma un valor extremo tan rápidamente como sea posible. Para lentes positivas que tienen una potencia focal positiva, la curvatura tomará de hecho un valor positivo máximo tan raramente como sea posible. Para lentes negativas que tienen una potencia focal negativa, la curvatura tomará un valor mínimo que puede ser positivo o incluso negativo. La descripción "tan rápidamente como sea posible" significa aquí que la transición hacia el valor extremo considera restricciones limitantes de las herramientas de fabricación y de las molestias causadas a un usuario. Sin embargo han de evitarse cualesquiera alabeos sobre la superficie posterior. Un perfil de curvatura liso es el objetivo que proporciona una apariencia estéticamente preferida en una apariencia menos molesta ópticamente. Como no pueden ocurrir cambios repentinos en la potencia óptica sobre el ángulo de visión, puede asumirse que los usuarios preferirían ciertamente formas superficiales posteriores lisas. Además, las restricciones heredadas por los procesos de fabricación pueden ser tenidas en cuenta. Como los nuevos perfiles de curvatura son generalmente determinados antes del proceso de optimización y la determinación la descripción total de la superficie posterior completa, las restricciones para la extensión de una zona de transición desde una curvatura del área ópticamente preservada dentro de la línea límite hacia el valor extremo de curvatura pueden ser especificadas del mismo modo que podrían definirse los grosores mínimos requeridos para ciertas herramientas de bloqueo. Todo esto asegura que un diseño de lente modificado para la pieza elemental de lente sin tallar es proporcionado siempre que tenga un grosor reducido, lo que puede conducir adicionalmente a un grosor reducido del elemento de lente final. Incluso adicionalmente, se asegura que la pieza elemental de lente sin tallar puede ser afinada, pulida, revestida y rebordeada con herramientas de procesamiento disponibles.

En general, un punto está ubicado sobre la superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Preferiblemente, el punto está dentro de la montura eventual, mas preferiblemente un punto está en el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar o "disco". Para cualquier dirección, la curvatura de la superficie posterior original es determinada en un radio límite especificado a lo largo de una línea recta que emana desde ese punto. Este radio límite interior especificado o "línea límite" es una función  $r(\varphi)$  puede tener cualquier forma y especifica un área de la superficie posterior original en la que el perfil de curvatura ha de ser preservado. En otras palabras, el perfil de la altura sagital es preservado, pero solamente de una manera relativa de modo que las propiedades ópticas del área preservada sigan siendo esencialmente las mismas. La posición absoluta en la dirección z de la altura sagital absoluta sin embargo puede ser ajustada durante el método en caso de lentes positivas, o lentes que tienen una potencia focal positiva, como se explicará posteriormente.

A lo largo de cada línea recta, una función de curvatura es creada entonces que pasa de manera monótona desde la curvatura del área preservada en esa línea límite especificada a una curvatura diferente, en particular el valor extremo de curvatura, en algún radio más alejado, es decir hacia el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Luego, esa curvatura o valor extremo de curvatura es mantenido esencialmente hacia el extremo de la pieza elemental de lente sin tallar, es decir el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Por tanto, fuera de la línea límite, existe un área de una transición o porción de transición de curvatura en la que curvatura pasa hacia el valor extremo y cuya porción de transición abarca el área preservada interior dentro de la línea límite. Sin embargo, dependiendo de la posición de la línea límite, no es necesario que la abarque completamente. En caso de que la línea límite debiera comenzar y terminar en el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar de forma que lo preservado en un área está "abierto" hacia el exterior, la porción de transición, desde luego, puede solamente abarcar el área preservada interior a lo largo de la línea límite realmente presente. Más aún, la curvatura a lo largo de cada línea recta en un ángulo dado  $\varphi$  permanecerá constante hacia el exterior. En general, el radio interior o el radio de la línea límite puede ser menor, igual o mayor que el radio de la montura a lo largo de ese ángulo específico. En general, el ángulo  $\varphi$ , como es usual, ha de ser

medido dentro del plano X-Y del sistema de coordenadas de diseño.

En tal sistema de coordenadas, el plano X-Y puede ser definido como que discurre paralelo a un plano tangente del punto en la superficie frontal con curvatura cero. En un plano de sección de la superficie modificada y a lo largo de cada línea de soporte recta, la nueva superficie es a continuación construida extendiendo el perfil de superficie original dentro de la línea límite de integración el nuevo perfil de curvatura más allá del radio especificado interior de la línea límite hacia el borde exterior. Como ya se ha indicado anteriormente, en general, los radios del límite interior y del extremo de la zona de transición, y la curvatura modificada pueden ser funciones del ángulo  $\phi$ .

En el documento WO 2014/060552 A1, simplemente una diferencia entre el perfil objetivo y el perfil determinado en las operaciones (S1) a (S20) es determinada en la operación S40. Esta diferencia es designada como un perfil curvado continuo que luego es utilizado como la base para tallar una lámina de Fresnel adicional que ha de ser aplicada al soporte. Pero, no parece que sea un procedimiento de optimización para encontrar la forma modificada basado en el nuevo perfil de curvatura, con la optimización hacia una forma objetivo y en donde también se aplica una exigencia de grosor para el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se ha proporcionado un método, en particular un método implementado por ordenador, para reducir un grosor de una forma original de lente de una pieza elemental de lente sin tallar, en particular mediante el uso de un medio legible por ordenador no transitorio, que comprende las siguientes operaciones:

- A) proporcionar una forma original de lente de una pieza elemental de lente sin tallar, en donde la forma original de lente comprende una forma original de una superficie frontal y una superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar, de tal modo que la pieza elemental de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas, en particular de acuerdo con una prescripción;
- B) especificar un conjunto de parámetros que incluyen una magnitud máxima recomendada de un gradiente de curvatura de la superficie posterior, una magnitud máxima de límite estricto de un gradiente de curvatura de la superficie posterior que es mayor que la magnitud máxima recomendada, un valor extremo de curvatura recomendado, un valor mínimo para un ángulo de rotación del ojo, un valor recomendado para el ángulo de rotación del ojo, una línea de montura sobre la superficie posterior a lo largo de la cual ha de ser tallada una lente final de la pieza elemental de lente sin tallar, un grosor máximo de lente a lo largo de la línea de montura, y una línea límite, en particular dentro de la cual ha de preservarse la forma original de la superficie posterior.
- C) llevar a cabo de manera iterativa el método para proporcionar una forma modificada de lente de acuerdo con el primer aspecto de uno de los perfeccionamientos basado en el conjunto de parámetros, para proporcionar una forma modificada de lente hasta que un grosor de lente a lo largo de la línea de montura de la forma modificada de lente sea igual o inferior al grosor de lente máximo especificado, y en donde, durante la iteración, al menos uno del gradiente de curvatura de magnitud máxima de la superficie posterior, de la línea límite y del valor de curvatura definido previamente es modificado.

En particular, durante la iteración en la operación C), el conjunto de parámetros puede ser modificado de acuerdo con la siguiente secuencia:

- I. aplicar la magnitud máxima recomendada del gradiente de curvatura y el valor de curvatura predefinido recomendado, y disminuir la línea límite desde una forma inicial que es al menos parcialmente idéntica a la línea de montura hacia una forma que encierra un área de la superficie posterior que cubre al menos el ángulo de rotación del ojo recomendado;
- II. aumentar la magnitud del gradiente de curvatura máximo desde la magnitud máxima recomendada hacia la magnitud máxima de límite estricto;
- III. disminuir la línea límite desde una forma que encierra el área de la superficie posterior que cubre al menos el ángulo de rotación del ojo recomendado hacia una forma que encierra un área de la superficie posterior que cubre al menos el ángulo de rotación mínimo del ojo.

Este método asegura que un grosor de la lente rebordeada final a lo largo de su exterior, es decir la línea de montura, no es mayor que un grosor máximo de lente especificado a lo largo de la línea de montura. Esto puede ser ventajoso en caso de que la lente esté destinada a montarse en una cierta montura que solamente puede contener lentes de hasta un grosor de lente específico. Hay tres parámetros principales que controlan la reducción de grosor del borde de acuerdo con los métodos propuestos. Estos parámetros son el gradiente de curvatura de la superficie posterior, el valor extremo de curvatura permitido para la superficie posterior cuyo valor extremo de curvatura es un máximo para una lente invertida para lentes positivas y un mínimo para una curva de soporte para lentes negativas, y el ángulo de rotación mínimo del ojo que ha de ser representado por la línea límite, es decir el ángulo de rotación mínimo del ojo que será cubierto por el área de la superficie posterior dentro de la línea límite. A continuación, para satisfacer la solicitud de grosor de borde especificado, en primer lugar se establece el gradiente de curvatura recomendado así como el valor extremo para la curvatura de la superficie posterior. A continuación, se reduce el tamaño del área dentro de la línea

5 limítrofe, por ejemplo manteniendo la forma general de la línea limítrofe que se escala con un factor inferior a uno. Por eso, el tamaño limítrofe puede ser reducido desde un tamaño inicial al tamaño limítrofe recomendado. Por ejemplo, el tamaño inicial puede ser un tamaño que se extiende hasta la línea de montura sobre al menos una parte de la línea limítrofe. Si esta reducción no fuera suficiente, puede aumentarse el gradiente máximo de curvatura permitido desde el valor recomendado a un valor máximo. Si esto no fuera aún insuficiente, el tamaño del área abarcada por la línea limítrofe puede ser reducido adicionalmente para cubrir no el ángulo de rotación del ojo recomendado sino solamente el ángulo de rotación mínimo del ojo. Por último, si esto aún no fuera suficiente, podría elegirse un valor de curvatura incluso más extremo hasta un límite estricto establecido previamente.

10 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se ha proporcionado un método para fabricar una lente, que comprende las operaciones de proporcionar una forma modificada de lente para una pieza elemental de lente sin tallar de acuerdo con un método según el primer aspecto o de sus perfeccionamientos o de acuerdo con el segundo aspecto o uno de sus perfeccionamientos, y fabricar la pieza elemental de lente sin tallar de acuerdo con la forma modificada de lente.

15 Dicho método para fabricar permite finalmente la fabricación de una lente para gafas sin tallar de acuerdo con la forma modificada de lente. Dicha pieza elemental de lente sin tallar proporciona las ventajas de un grosor reducido que será mantenido sobre el rebordeado y además reducirá el grosor de la lente final rebordeada a continuación. Además, se asegura que la pieza elemental de lente sin tallar puede ser procesada mediante la maquinaria de acabado superficial y rebordeado como restricciones suficientes para la superficie posterior, en particular gradiente de curvatura máximo, valor extremo de curvatura y grosor del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, fueron establecidos y se satisfacen así de manera segura las exigencias mínimas correspondientes. La fabricación podría ser llevada a cabo entonces como es usual, esto significa que las superficies serán afinadas, pulidas y, si se necesita revestidas. Además, puede tener lugar el rebordeado que generalmente puede ser llevado a cabo antes o después del revestimiento.

20 De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se ha proporcionado una pieza elemental de lente sin tallar para fabricar una lente para gafas, que comprende una superficie frontal y una superficie posterior, en donde la superficie frontal es una superficie simétrica a rotación, y en donde la superficie posterior comprende una parte lenticular, una parte marginal y una parte de transición situada entre la parte lenticular y la parte marginal, y en donde una curvatura de la superficie posterior a lo largo de una línea recta que emana desde un punto de la superficie posterior tiene un valor extremo de curvatura sobre la parte marginal completa y pasa de manera monótona hacia el valor extremo de curvatura a través de la parte de transición, en particular donde la curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea recta es continua.

25 En particular, la curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea recta que emana desde el punto sobre la superficie posterior pasa de manera monótona con un gradiente de curvatura diferente desde cero hacia el valor extremo de curvatura. En particular, la porción lenticular tiene un perfil superficial que es asimétrico, en particular cuyo perfil superficial es un perfil superficial de forma libre. En particular, la superficie frontal tiene una curvatura diferente de cero. En particular, la superficie frontal es una superficie convexa. En particular, la superficie frontal puede ser una superficie esférica. En particular, la superficie frontal puede ser una superficie esférica y simétrica a rotación.

30 En particular, la pieza elemental de lente sin tallar es un elemento unitario que consiste de un único material. Por ello, la pieza elemental de lente sin tallar puede tener un índice refractivo unitario y/o un número de Abbe a una longitud de onda específica.

35 En particular, una curvatura de la superficie posterior es continua. En particular, una curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea recta es continua. En particular, una curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea limítrofe es continua. En particular, una curvatura de la superficie posterior fuera de la línea limítrofe iguala a la curvatura del perfil de curvatura fijo de la forma original de lente dentro de la línea limítrofe a lo largo de la línea limítrofe.

40 Por tanto, la pieza elemental de lente sin tallar proporciona las mismas ventajas que son proporcionadas por el método de acuerdo con el tercer aspecto. Es un resultado directo del proceso de fabricación correspondiente. La superficie frontal es una superficie esférica que tiene una curvatura distinta de cero. Usualmente, la superficie frontal es una superficie convexa que tiene curvatura positiva. La superficie posterior comprende una porción lenticular. El término "porción lenticular" ha sido elegido ya que esta es la porción con el perfil de superficie preservado ópticamente de acuerdo con la forma original de lente. Es la porción de la superficie posterior que cubre un ángulo de rotación mínimo del ojo pretendido de manera que el usuario mira a su través. Por tanto esta porción lenticular está rodeada por la línea limítrofe de acuerdo a los métodos según el primer y segundo aspectos. La porción lenticular puede extenderse al borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Por tanto, puede no estar rodeada completamente por la línea limítrofe sino estar "abierta" hacia el exterior. Preferiblemente, esa porción lenticular comprende el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar sobre la superficie posterior. En la porción lenticular, el perfil superficial de la superficie posterior es un perfil superficial de forma libre. Esto significa, que no tiene simetría, ni una simetría a rotación ni una simetría en un plano ni una simetría respecto a un punto. El punto puede ser especificado sobre la superficie posterior, preferiblemente el punto en el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar. Pueden considerarse líneas rectas que emanan desde ese punto. En este documento "recto" significa que discurren en un ángulo constante alrededor de una línea que es normal al centro de curvatura de la superficie frontal. Por tanto, por ejemplo en caso de que el punto es el centro

geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar, cada línea discurre en un meridiano de la superficie frontal. A lo largo de cada línea, la curva de la superficie posterior pasa de manera monótona desde la porción marginal hacia un valor de curvatura plenamente definido, en particular el valor extremo de curvatura, hacia el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Esta transición desde la curvatura en el extremo de la porción lenticular hacia al valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, es llevada a cabo en una porción de transición que, por tanto, está posicionada entre la porción marginal y la porción lenticular. Sobre la porción marginal, el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, está presente. Por tanto, en el caso de que el punto sea el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar, la curvatura tangencial o radial sobre la porción marginal completa es la misma. En este documento "la misma" significa que es esencialmente la misma, dadas las tolerancias de fabricación y las necesidades de optimización usuales del diseño óptico.

En general, incluso sin conocer la ubicación del punto, sería posible elegir una multitud de puntos dentro de la región marginal, es decir la parte de la superficie posterior que no es una superficie de forma libre, calcular curvaturas en cualquier dirección en esta multitud de puntos y luego comparar, en qué direcciones desde estos puntos las curvaturas son absolutamente las mismas. Dibujando líneas rectas en estas direcciones de curvatura idéntica, esto conduciría a las líneas y se tallarían en un solo punto que es entonces el punto de acuerdo con la definición.

De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se ha proporcionado, un producto de programa informático, en particular no transitorio que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método de acuerdo con el primer aspecto o uno de sus perfeccionamientos.

De acuerdo con un sexto aspecto de la invención, se ha proporcionado, un producto de programa informático, en particular no transitorio, que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método de acuerdo con el segundo aspecto o uno de sus perfeccionamientos.

De acuerdo con un séptimo aspecto de la invención, se ha proporcionado una pieza elemental de lente sin tallar fabricada de acuerdo con el método según el tercer aspecto de la invención.

De acuerdo con un octavo aspecto de la invención, se ha proporcionado un sistema informático para proporcionar una forma modificada de lente, que comprende medios para proporcionar una forma original de lente de una pieza elemental sin tallar que tiene una superficie frontal y una superficie posterior, en donde la forma original de lente comprende una forma original de una superficie frontal y una forma original de la superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar de tal forma que la pieza elemental de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas, en particular una prescripción, y en particular proporciona un valor de curvatura predefinido; un medio para determinar una línea límite, en particular en donde un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior ha de ser preservado dentro de la línea límite; un medio para determinar una curvatura límite de la superficie posterior en la línea límite con un medio para determinar un nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior entre la línea límite y un borde exterior de la pieza elemental sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil de curvatura es igual a la curvatura límite en la línea límite y pasa de manera monótona y continua hacia el borde exterior desde la curvatura límite hacia un valor de curvatura predefinido o una curvatura predefinida; y un medio para determinar una forma modificada de lente de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la forma modificada de lente comprende la forma original de la superficie frontal, y una forma modificada de la superficie posterior, en donde la forma modificada de la superficie posterior es determinada por un procedimiento de optimización basado en el nuevo perfil de curvatura hacia una forma objetivo, y en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura, en particular preservado, de la forma original de lente dentro de la línea límite y una exigencia de grosor para el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en particular en donde el perfil de curvatura del diseño de lente original es preservado o fijado dentro de la línea límite. Además, el sistema informático comprender medios para la operación A) del segundo aspecto, medios para la operación B) de acuerdo con el segundo aspecto y medios para la operación C) de acuerdo con el tercer aspecto.

De acuerdo con un noveno aspecto de la invención se ha proporcionado una pieza elemental de lente sin tallar para fabricar una lente para gafas, que comprende una superficie frontal y una superficie posterior, en donde la superficie frontal es una superficie convexa simétrica a rotación, y en donde la superficie posterior comprende una porción lenticular que es asimétrica, una porción marginal y una porción de transición situada entre la porción lenticular y la porción marginal, y en donde una curvatura de la superficie posterior a lo largo de una línea recta que emana desde un punto sobre la superficie posterior pasa de manera monótona hacia un valor extremo de curvatura a través de la porción de transición, y en donde la curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea recta es continua.

De acuerdo con un décimo aspecto de la invención, se ha proporcionado un programa informático, en particular no transitorio, que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método de acuerdo con el primer aspecto o uno de sus perfeccionamientos.

De acuerdo con un undécimo aspecto de la invención, se ha proporcionado un programa informático, en particular no transitorio, que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método de acuerdo con el segundo aspecto o uno de sus perfeccionamientos.

De acuerdo con un duodécimo aspecto, se ha proporcionado un medio de almacenamiento legible por máquina que

tiene almacenado en él un programa informático que comprende medios de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método de acuerdo con el primer aspecto o uno de sus perfeccionamientos. De acuerdo con un decimotercer aspecto, se ha proporcionado un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene almacenado en él un programa informático que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método de acuerdo con el segundo aspecto o uno de sus perfeccionamientos.

En particular, los productos de programa informático de acuerdo con el quinto y el sexto aspectos, el sistema informático de acuerdo con el octavo aspecto, la pieza elemental de lente sin tallar de acuerdo con el séptimo y el noveno aspectos, el programa informático de acuerdo con el décimo y el undécimo aspectos y los medios de almacenamiento legibles por máquina según el duodécimo y el decimotercer aspectos proporcionan las mismas ventajas que los métodos de acuerdo con el primero al tercer aspectos y la pieza elemental de lente sin tallar de acuerdo con el cuarto aspecto.

Con relación al antecedente técnico general, en el diseño de una lente oftálmica, una distribución pretendida u "objetivo" de aberraciones de frente de onda es especificada típicamente. Esta distribución representa generalmente el rendimiento óptico ideal del diseño de lente para una combinación particular de potencias de prescripción de gafas y parámetros de ajuste. Un proceso de optimización típico busca conseguir la distribución deseada de potencias ópticas tan próximas como sea posible manipulando una o más superficies continuamente lisas de un elemento de lente oftálmica. En múltiples puntos a través de la abertura de la lente, se evalúan diferencias en el rendimiento óptico entre el elemento de lente oftálmica modelo y la distribución objetivo utilizando un trazado de rayos por ordenador para una posición asumida de uso, que representa la posición de la lente ajustada sobre el usuario. Durante un procedimiento de trazado de rayos típico, se calcula la refracción a través del elemento de lente de una cantidad de rayos desde un punto objeto especificado, suficiente para caracterizar las aberraciones de frente de onda de la lente hasta el orden elegido. Idealmente, estos rayos deberían converger todos en el plano focal ideal del ojo asociado con la distancia al objeto, aunque esto frecuentemente no es posible matemáticamente en todos los puntos a través de la abertura de la lente.

Típicamente, "funciones de mérito" o soluciones de mínimos cuadrados que representan la magnitud total de aberraciones ópticas en estos puntos son minimizadas en cada uno de los puntos especificados a través de la abertura de la lente utilizando técnicas de optimización y modelado matemáticas, tales como análisis de elementos finitos. Además, estas funciones de mérito o los términos individuales de estas funciones de mérito pueden ser ponderados de manera diferente sobre la abertura de la lente para maximizar el rendimiento visual en ciertas regiones de la lente, en donde la calidad de visión es más crítica, o para minimizar la optimización en regiones de lente en donde ciertas aberraciones ópticas son inevitables debido a la naturaleza del diseño de la lente.

Basándose en esto se proporciona una "forma original de lente" de una pieza elemental de lente sin tallar. Los detalles generales de la forma de lente y las bases matemáticas para encontrar tal forma son conocidos para un experto en la técnica. Además, la optimización de un perfil superficial hacia una forma objetivo o basada en parámetros objetivo y condiciones límite son comúnmente conocidas para un experto técnico. Como ejemplo, tales detalles pueden ser derivados de "The Art and Science of Optical Design" por R.R. Shannon, Cambridge University Press, 1997, ISBN 0-521-58868-5, en particular su capítulo 5 "Design optimization", e incluso con más detalle en "Handbook of Optical Systems", Gross et al., Vol. 1 a 5, WILEY-VCH Publishing, Weinheim, 2007, ISBN: 978-3-527-40382-0", en particular en el volumen 3, "Aberration Theory and Correction of Optical Systems", en particular su capítulos 32 "Principles of Optimization", 33 "Optimization process" y 34 "Special Correction Features".

Además de esto, diferentes tipos de funciones de mérito y métricas de optimización para proporcionar resultados de técnicas de refracción objetivas han sido contempladas y son bien conocidas por un experto en la técnica. Se han dado ejemplos en el documento US 7 857 451 B2 "System and method for optimizing clinical optic prescriptions", documento US 2012/0069297 A1 "Eyeglass prescription method", US 2005/0110946 A1 "Objective manifest refraction", WO 03/092485 A1 "Sharpness metric for vision quality", US 2008/0100800 A1 "Eyeglass prescription method" US 2009/0015787 A1 "Apparatus and method for determining an eyeglass prescription for a vision defect on an eye", y en el documento US 8 205 987 B2 "Method for optimizing a spectacle lens for the wavefront aberrations of an eye".

En caso de conflicto, la presente memoria descriptiva controlará.

El término "función de mérito" es bien conocido para un experto en la técnica. Una función de mérito, también conocida como una función de cifra de mérito, es una función que mide el acuerdo entre un modelo objetivo y un modelo de ajuste - aquí la superficie posterior - para una elección particular de los parámetros. En otras palabras, la función de mérito evalúa una elección de parámetro proporcionando un valor, es decir el valor de la función de mérito. La función de mérito puede resultar pequeña cuando se aproxima a un óptimo. Por ejemplo, el valor de la función de mérito puede representar un criterio para calidad de visión o simplemente una diferencia entre la superficie posterior determinada y una forma objetivo. Sin embargo, puede también estar diseñada de modo que resulte grande para una mejor elección de parámetros. Durante la optimización, los parámetros son ajustados basándose en el valor de la función de mérito hasta que un valor óptimo (bien un valor mayor o menor) es obtenido, produciendo así un mejor ajuste o un ajuste objetivo con los parámetros correspondientes que dan el valor óptimo de la función de mérito.

A menos que se indique de otro modo, la terminología utilizada en el contexto de la presente solicitud corresponde a las definiciones de la norma DIN EN ISO 13666:1998-11 del DIN Deutschen Institut für Normung e.V.



Por consiguiente, una "lente para gafas" se refiere a una lente oftálmica que es usada enfrente del ojo pero no en contacto con el ojo, véase el capítulo 8.1.2 de la norma DIN EN ISO 13666. En el contexto de la presente solicitud, una lente para gafas acabadas de acuerdo con el N° 8.4.6 de la norma DIN EN ISO 13666 está también destinada a ser comprendida por el término "lente para gafas". Por consiguiente esta es una lente para gafas que tiene dos superficies ópticas completamente procesadas. Puede ser una lente para gafas antes o después del rebordeado. En principio, las lentes para gafas son entregadas como lentes para gafas sin tallar así llamadas, o lentes para gafas acabadas con bordes en bruto, por ejemplo desde un laboratorio a gran escala para dispensar a los ópticos. La lente para gafas sin tallar tiene generalmente una forma de borde circular o elíptica. Las lentes para gafas sin tallar son solamente adaptadas a una montura particular y llevadas al tamaño y forma finales rebordeando en los establecimientos comerciales del óptico que las dispensa.

El término "pieza elemental de lente sin tallar" de acuerdo con la solicitud actual pretende significar una pieza elemental de lente que tiene dos superficies, es decir la superficie frontal y la superficie posterior, de las que ambas tienen su forma final antes del rebordeado. Puede aplicarse un revestimiento a ninguna, a una o a ambas superficies. También, el término "lente sin tallar" de acuerdo con 8.4.7 de la norma DIN EN ISO 13666, pero solamente con la premisa de que ninguna, una o ambas superficies frontal y posterior pueden ser ya revestidas. Sin embargo, también puede hacerse referencia a ella como una "pieza elemental de lente". Puede tener una forma circular o elíptica. En caso de una pieza elemental de lente circular, el diámetro puede ser al menos de 60 mm, en particular desde 60 mm a 80 mm inclusive. En caso de una pieza elemental de lente elíptica, el menor diámetro puede ser al menos de 60 mm, en particular desde 60 mm 80 mm inclusive.

El término "eje óptico" pretende significar una línea recta que es perpendicular a las dos superficies ópticas de una lente para gafas y a lo largo del cual pasa luz a través de la lente para gafas sin desviar, véase el N° 4.8 de la norma DIN EN ISO 13666.

Un "meridiano" o "meridiano de una superficie" pretende de acuerdo con 5.7.1 de DIN EN ISO 13666 significar cualquier plano que contiene el centro de curvatura de dicha superficie.

En el contexto de la presente invención, un "plano en sección" o "plano de sección" dentro del cual discurre una línea de soporte recta pretende significar una sección transversal a través de la lente, que es paralela a una dirección de fijación principal pretendida de un usuario a través de la lente para gafas. Si la lente tiene un eje óptico, el plano en sección puede ser un plano meridiano. Si la lente tiene una superficie, en particular la superficie frontal, con un centro de curvatura, el plano en sección transversal puede ser un meridiano. Si una lente no tiene un eje óptico, el plano en sección puede también contener el centro geométrico de acuerdo con el N° 5.5 de la norma DIN EN ISO 13666, es decir el punto de intersección de las líneas centrales horizontal y vertical de la caja, con relación a la forma de la pieza elemental de lente sin tallar. El plano en sección también contener el punto visual de acuerdo con el N° 5.11 de la norma DIN EN ISO 13666, es decir el punto de intersección de la línea de visión con la superficie posterior de la lente para gafas.

La "línea de visión" pretende en este caso de acuerdo con el N° 5.32 de la norma DIN EN ISO 13666 significar la línea que une el centro de la fovea con el centro de la pupila de salida del ojo y su continuación desde el centro de la pupila de entrada hacia delante al espacio objeto.

En el contexto de la presente solicitud, un "punto visual" pretende en este caso significar el punto sobre la superficie posterior de la lente para gafas en el que la línea de visión corta a la superficie posterior de la lente para gafas, cuando el ojo asume una posición relajada. Esta es también denominada como una "posición primaria" de acuerdo con el N° 5.31 de la norma DIN EN ISO 13666, es decir una posición del ojo con relación al cuerpo para el caso en el que los ojos miran recto en una dirección de fijación a un objeto que se encuentra al nivel del ojo. La posición del punto de ajuste puede ser colocada y legible como una marca en la pieza elemental de lente sin tallar.

En el caso de descentrado según el N° 5.23 en la norma DIN EN ISO 13666 de la lente para gafas, el punto de centrado requerido es diferente desde el centro de la caja geométrico en la forma de la lente para gafas rebordeada, compárese N° 5.23 para "descentrado" con "punto de centrado" del N° 5.24 en la norma DIN EN ISO 13666. En particular, el plano sección transversal puede entonces comprender el "punto de ajuste" de acuerdo con el N° 5.24 en la norma DIN EN ISO 13666, es decir el punto sobre la superficie frontal de la lente para gafas de la lente para gafas sin tallar que, de acuerdo con la estipulación del fabricante, ha de ser utilizado como un punto de referencia para posicionar la lente frente del ojo. La posición del punto de ajuste es generalmente colocada y legible como una marca en la pieza elemental de lente sin tallar.

Los términos "superficie frontal" y "superficie posterior" en el contexto de la presente solicitud corresponden a los de la norma DIN EN ISO 13666. Según el N° 5.8 de la norma DIN EN ISO 13666, el término "superficie frontal" pretende significar la superficie de la lente para gafas que está destinada a orientarse lejos del ojo en las gafas. Según el N° 5.9 de la norma DIN EN ISO 13666, el término "superficie posterior" pretende significar la superficie de una lente para gafas que está destinada a enfrentarse hacia el ojo en las gafas. Sin embargo, el término "superficie frontal" y "superficie posterior" también podrían intercambiarse por "primera superficie" y "segunda superficie", respectivamente. La "primera superficie", previamente superficie frontal, puede entonces ser definida como una superficie, en particular convexa, que tiene una forma esférica, en particular y simétrica a rotación, o asférica, en particular y simétrica respecto a un plano. La "segunda

superficie", previamente superficie posterior, puede entonces ser definida como una superficie, en particular cóncava, que es asimétrica, siendo en particular una superficie de forma libre.

El término "potencia prismática" pretende según el N° 10.9 de la norma DIN EN ISO 13666, significar tanto la desviación prismática como el ajuste de la base de la desviación prismática. Según el N° 10.8, la "desviación prismática" pretende significar el cambio en la dirección de un rayo de luz como resultado de una refracción. Cuando se hace referencia a una potencia prismática en relación con un plano de sección transversal o en un plano de sección transversal, entonces esto pretende significar la potencia prismática en el plano de sección transversal correspondiente. La posición base se define según el número 10.7 de la norma DIN EN ISO 13666, y puede ser indicada, por ejemplo, en coordenadas polares según el esquema TABO, los grados semicirculares del esquema de arco ampliamente conocidos por los expertos en la técnica.

El término "potencia dióptrica" pretende significar tanto la potencia focal como la potencia prismática de una lente para gafas, véase No 9.3 de la norma DIN EN ISO 13666.

El término "potencia focal" describe tanto la potencia esférica como astigmática de una lente para gafas en un punto particular, véase No 9.2 en la norma DIN EN ISO 13666. Los términos "potencia esférica" y "potencia astigmática" en este caso se refieren a las definiciones dadas en las secciones 11 y 12 de la norma DIN EN ISO 13666.

El término "para un usuario" pretende significar el efecto de la lente para gafas para el usuario para el que está diseñada la lente para gafas. Tal cálculo "para un usuario" se lleva a cabo, por lo tanto, sobre la base de los datos del usuario. En particular, estos datos de usuario se refieren a una posición del punto de rotación del ojo supuesto con relación a la lente para gafas. En particular, la posición del punto de rotación del ojo se indica como una distancia desde la superficie posterior de la lente para gafas. En el caso de una lente para gafas simétrica a rotación, por ejemplo, el punto de rotación del ojo se encuentra a cierta distancia desde la superficie posterior de la lente para gafas sobre su eje óptico.

Los "datos de usuario" pueden ser tanto datos individuales de usuario como datos estándares de usuario. Por ejemplo, una lente para gafas monofocal con una potencia dióptrica particular puede configurarse para datos estándares de usuario. Los datos individuales del usuario son, por ejemplo, grabados por un oculista y enviados a un fabricante de gafas para calcular la forma de la lente para gafas.

La "caja" o el "sistema de cajas" es un sistema de dimensiones y definiciones que se basa en un rectángulo formado por las tangentes horizontales y verticales a los bordes más exteriores de la pieza elemental de lente sin tallar. La "línea central horizontal" es la línea que es equidistante de las dos tangentes horizontales. La "línea central vertical" es la línea equidistante de las dos tangentes verticales. El punto de intersección de la línea central vertical y de la línea central horizontal también se denomina como el "centro geométrico". En el caso de una caja para una lente para gafas rebordeada en una montura, el punto de intersección también se denomina como el "centro de la caja". Las definiciones correspondientes se pueden encontrar en la sección 5 de la norma DIN EN ISO 13666. Una estandarización más sustancial del sistema de caja se puede encontrar en la norma DIN EN ISO 8624. El "plano de gafas" de las gafas es el plano que contiene la línea central vertical de la primera lente, o lente izquierda para gafas, y la línea central vertical de la segunda lente, o lente derecha para gafas. Incluso la estandarización más sustancial del sistema de caja, o dimensión de caja, y el plano para gafas también se explica en la norma DIN 58208-1.9.

Un medio de "prescripción" se conoce comúnmente como el orden de valores ópticos que debe cumplir un diseño óptico para corregir las aberraciones del ojo humano del usuario. En particular, la prescripción puede proporcionar valores de cilindro y eje de esfera o parámetros equivalentes. Además, se puede prescribir una adición, es decir, una diferencia entre la parte cercana y lejana de la lente, así como ciertas potencias prismáticas a lo largo de un eje asociado.

El "punto de soporte" en la superficie posterior es el punto desde el cual emanan las líneas de soporte rectas. Puede ser cualquier punto en la superficie posterior de la lente. Sin embargo, preferiblemente es el punto dentro del área dentro de la línea limítrofe. En particular, el punto de soporte puede ser el punto visual y/o el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar.

La "línea limítrofe" determina el límite exterior del área de la superficie posterior a preservar. La línea limítrofe no es una línea recta. Es una curva que abarca la porción lenticular, es decir, el área de la superficie posterior que se ha de preservar. Puede ser una línea cerrada. Sin embargo, también puede comenzar y terminar en el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, es decir, de tal manera que el área englobada esté "abierta" radialmente hacia afuera.

Un "perfil de curvatura" significa el perfil de curvatura de la superficie de una manera relativa. En particular, un perfil de curvatura de la superficie posterior incluye las curvaturas, es decir, el simple perfil de superficie. Sin embargo, una posición absoluta en la dirección z, es decir, la posición absoluta con respecto a la superficie frontal no está incluida en el perfil de curvatura. Por lo tanto, si un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior se "es preservado", se preservan las alturas sagitales relativas de la superficie posterior, pero el perfil de curvatura como tal puede moverse de manera en traslación con respecto a la superficie frontal, es decir, cada punto del perfil de curvatura se mueve con respecto a la superficie frontal en la misma dirección y en la misma magnitud.

Una "línea de soporte" como se ha explicado previamente puede ser una línea de soporte recta que discurre en un cierto

ángulo y que emana del punto de soporte. Por ejemplo, en caso de que el punto de soporte sea el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar, el ángulo se desarrollaría alrededor de la línea central geométrica de la pieza elemental de lente. En particular, un punto central geométrico sería normal al centro de curvatura de la superficie frontal. En caso de que el punto de soporte no sea el centro geométrico, se podría considerar una línea paralela a la línea del centro geométrico a través del punto de soporte, y alrededor de esa línea específica se pueden desarrollar los ángulos a lo largo de los cuales discurre cada línea de soporte. En general, una línea de soporte no debe ser recta. También son posibles líneas de soporte curvadas o líneas de soporte que siguen un trayecto dado.

La transición "de manera monótona" significa que la primera derivada de la curvatura o el gradiente de curvatura no cambia su signo algebraico durante la transición. El algebraico es o bien solamente positivo o bien solamente negativo. Además, el gradiente de curvatura puede ser constante.

Además, "transición" significa que el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, se aproxima desde un valor de curvatura diferente del valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura. El valor de curvatura predefinido puede ser una curvatura máxima o mínima. Por lo tanto, en caso de una curvatura mínima, es así la curvatura más pequeña de la superficie posterior, en particular a lo largo de una línea de soporte. Por lo tanto, en caso de una curvatura máxima, es así la curvatura más grande de la superficie posterior, en particular a lo largo de una línea de soporte. La dirección de la curvatura es diferente de la dirección de la línea limítrofe en un punto en la superficie posterior. La dirección de la curvatura se aleja de la línea limítrofe hacia el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en particular a lo largo de una línea de soporte respectiva. Además, en particular, la curvatura límite es diferente del valor de curvatura predefinido, en particular del valor extremo de curvatura. Por tanto, transición significa que el gradiente de curvatura a través de la zona de transición no está constantemente en cero. Como un mero ejemplo, en caso de que la curvatura límite a lo largo de una línea de soporte debiera ser de 5 dioptrías y el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, se define que ha de ser de 15 dioptrías, la curvatura aumentará constantemente de 5 a 15 dioptrías sin disminuir entre ellas. En la porción de transición, el gradiente de curvatura solamente sería positivo.

Una curvatura que es "continua" sobre una superficie o a lo largo de una línea significa que no hay discontinuidades en la superficie correspondiente o a lo largo de la línea respectiva, es decir, ningún alabeo. En otras palabras, a lo largo de la línea limítrofe, la curvatura de la superficie posterior dentro de la línea limítrofe es igual a la curvatura de la superficie posterior fuera de la línea limítrofe. Por esto, una curvatura continua, en otras palabras, asegura una superficie lisa. Desde luego, debido a las tolerancias de fabricación, un alabeo podría no ser una discontinuidad aguda sino que en realidad puede comprender un radio de curvatura muy pequeño, por ejemplo, inferior a 5 mm o incluso inferior a 2 mm. En particular, continua significará entonces que la magnitud de un radio de curvatura de la superficie posterior siempre está por encima de 2 mm o siempre está por encima de 5 mm.

Una "exigencia de grosor" para el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar es una condición o condición límite de la forma objetivo del proceso de optimización. Por ejemplo, la exigencia de grosor puede ser un valor establecido para el grosor más pequeño del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar a lo largo de su periferia. Esto se aplica a las lentes positivas, en particular. Como otro ejemplo, la exigencia de grosor puede ser un grosor mínimo del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar a lo largo de su periferia. Por lo tanto, un valor para el grosor más pequeño del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar a lo largo de su periferia tiene que ser igual o mayor que el grosor mínimo. Esto se aplica a las lentes negativas, en particular.

Así, el objeto como se ha expuesto anteriormente se resuelve por completo.

En un perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la curvatura de la superficie posterior es continua.

Por ejemplo, la curvatura de la superficie posterior de la forma modificada de las lentes se determina que ha de ser continua, por ejemplo durante la determinación en la operación e). En particular, la superficie posterior o su curvatura no comprenden ninguna discontinuidad. La superficie posterior puede ser una superficie lisa, en particular sin ningún alabeo o salto, por ejemplo como una capa Fresnel. La curvatura continua de la superficie posterior, por ejemplo facilita la fabricación posterior de la pieza elemental de lente sin tallar.

En un perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la pieza elemental de lente sin tallar es un elemento unitario hecho de un único material.

Por ejemplo, la pieza elemental de lente sin tallar se determina que ha de ser un elemento unitario hecho de un sólo material en las operaciones del método. La pieza elemental de lente sin tallar que es un elemento unitario hecho de un único material puede tener aún un revestimiento aplicado, por ejemplo a la superficie frontal y/o a la superficie posterior. Esto, por ejemplo, facilita la fabricación posterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Por ejemplo, no se necesitan unir láminas de Fresnel adicionales.

En un perfeccionamiento del método según el primer aspecto, el método comprende además proporcionar un valor extremo de curvatura de la superficie posterior, en particular una curvatura máxima o una curvatura mínima, como el valor de curvatura predeterminado.

En un perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la operación c) comprende determinar un punto de soporte en la superficie posterior y al menos una línea de soporte recta en la superficie posterior, en donde cada línea de soporte recta emana desde el punto de soporte, y, para cada línea de soporte recta, determinar una curvatura límite de la superficie posterior en un punto de intersección de la línea de soporte recta respectiva y la línea limítrofe.

5 En un perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la operación d) comprende determinar, para cada línea de soporte recta, un nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea de soporte respectiva desde el punto de intersección hasta un borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil de curvatura es igual a la curvatura límite en el punto de intersección y pasa de manera monótona desde la curvatura límite al valor extremo de curvatura hacia el borde exterior.

10 En un perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la forma modificada de la superficie posterior es determinada mediante una optimización hacia una forma objetivo, en donde la forma objetivo incluye:

- i. el perfil de curvatura de la forma original de lente de la superficie posterior dentro de la línea limítrofe cuyo perfil de curvatura es fijado durante la optimización,
- 15 ii. el perfil de curvatura de cada línea de soporte recta fuera de la línea limítrofe, cuyo perfil de curvatura es fijado durante la optimización, y
- iii. el valor extremo de curvatura para la superficie posterior fuera de la línea limítrofe, y en donde la optimización aplica la condición de que una curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea limítrofe es continua.

20 En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, el punto de soporte es el punto visual según la forma original de lente, o en que el punto de soporte es el punto de ajuste según la forma original de lente, o en que el punto de soporte es el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar, en particular de manera que la curvatura es una curvatura tangencial de la superficie posterior y cada línea de soporte recta discurre en un meridiano de la superficie frontal.

25 Por supuesto, puede darse el caso de que el punto visual sea también el punto de ajuste y/o sea también el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar. Además, en general con cualquier perfeccionamiento, se puede definir que el punto de soporte es el punto en la intersección de la superficie posterior con el eje de simetría a rotación de la superficie frontal. Esto se aplicaría en particular en caso de que la superficie frontal sea una superficie esférica. Puede ser preferible que el punto de soporte sea el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar. En ese caso, cada línea de soporte recta discurriría en un meridiano de la superficie frontal como el centro de curvatura de la superficie frontal, por supuesto, como en el centro geométrico. Esto también significaría que la curvatura, es decir, la curvatura a lo

30 largo de cada línea de soporte recta, es una curvatura tangencial o radial de la superficie posterior. La forma correspondiente es relativamente rápida de establecer y determinar. Como el área óptica de la forma original que se ha de preservar está normalmente en el centro de la forma original, por lo general tiene sentido desarrollar la reducción del grosor alrededor de este punto.

35 En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, se proporciona una forma de una montura en la que se ha de insertar una lente final, en donde una línea de montura se define por una línea a lo largo de la cual se tallará la pieza elemental de lente sin tallar para ajustarla en la montura, y en donde una forma de la línea limítrofe corresponde a una forma de la línea de montura, en particular en donde un área de superficie posterior dentro de la línea limítrofe es menor, igual o mayor que un área de superficie posterior dentro de la línea de montura.

40 En general, la línea limítrofe podría tener cualquier forma arbitraria. En este contexto, "forma" significa la figura geométrica general de una proyección bidimensional de las áreas rodeadas por la línea limítrofe, o dentro de la montura, en otras palabras, la "sombra". Se ha encontrado que es estéticamente ventajoso si la forma de la línea limítrofe corresponde a la forma de la línea de montura. Sin embargo, esto no significa necesariamente que la línea limítrofe sea igual a la línea de montura. La línea limítrofe también puede abarcar la superficie que es menor, igual o mayor que el área de la superficie posterior dentro de la línea de la montura. Por lo tanto, en general, la línea limítrofe puede ser la

45 línea de montura escalada por cualquier factor mayor, igual o menor que uno.

En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la curvatura de una línea de soporte recta, después de que la curvatura haya alcanzado el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, permanece constante en el valor de curvatura predefinido, en particular en el valor extremo de curvatura, hacia el borde exterior, en particular hasta que la línea de soporte recta alcance el borde exterior.

50 Mantener la curvatura en el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, proporcionará que toda la porción marginal tenga la misma curvatura extrema en el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura. Esto conduce a una reducción máxima del grosor de la pieza elemental de lente sin tallar resultante.

55 En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, se determina una multitud de líneas de soporte rectas, en particular en donde una separación entre líneas de soporte rectas adyacentes está entre 0,5 y 10 grados,

preferiblemente 1, 2 o 3 grados.

Por supuesto, esto significa que, por ejemplo, en el caso de que cualquier línea de soporte recta discurra dentro de un meridiano de la superficie frontal, el ángulo de separación así determinado es también el ángulo entre los meridianos. Este ángulo de separación determina el ángulo entre dos direcciones radiales de líneas de soporte rectas adyacentes. La separación usada puede depender de los recursos de procesamiento reservados para el método. También puede depender de cómo se soportará exactamente un proceso de optimización posterior. Cuanto menor es el ángulo de separación, más superficies de soporte se determinan, lo que proporciona condiciones de inicio más exactas para el proceso de optimización posterior. Esto proporcionará más control sobre la optimización.

En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la forma original de lente proporciona una potencia focal positiva, en donde el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, es un valor de curvatura máximo, en particular positivo, y en donde, durante la optimización, se aplica un grosor mínimo predefinido del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar a la forma objetivo como una condición obligatoria, en particular para que, durante la optimización, una altura sagital del perfil de curvatura fijado o preservado de la forma original de lente de la superficie posterior dentro de la línea límite sea ajustado mientras se mantiene el perfil de curvatura fijado o preservado.

Este perfeccionamiento, en particular, trata de las así llamadas "lentes positivas", es decir, lentes de potencia focal positiva. En oftalmología, habitualmente se usan lentes de menisco. Tales lentes convexas-cóncavas pueden ser o bien positivas o bien negativas, dependiendo de la curvatura relativa de las dos superficies. Por lo tanto, una lente de menisco negativa o una lente minus tiene una superficie cóncava (superficie posterior) con una curvatura mayor que la de la superficie frontal. Tal lente negativa será más delgada en el centro que en la periferia o borde exterior. A la inversa, la lente de menisco positiva o lente plus tiene una superficie convexa (superficie frontal) con una curvatura mayor que la superficie cóncava y, por lo tanto, será más gruesa en el centro geométrico que en la periferia o borde exterior. Por lo tanto, al tratar con lentes positivas, estas lentes se adelgazarán hacia la periferia. Aplicando el método actual, el grosor de la superficie posterior aumentará rápidamente en la región marginal hacia la periferia o el borde exterior. Sin embargo, esto no es necesario ya que el objetivo del método sería reducir el grosor central de tal lente positiva. Por lo tanto, teniendo en cuenta las herramientas de fabricación, en particular las piezas de bloqueo, se ha de observar una exigencia mínima para el grosor de la pieza elemental de lente sin tallar alrededor de su periferia como condición obligatoria. Luego, durante la optimización, esto tiene el efecto de que, mientras se mantiene el perfil de curvatura dentro de la línea límite y se mantienen los nuevos perfiles de curvatura a lo largo de las líneas de soporte, la superficie posterior es "movida" hacia la superficie frontal durante la optimización de manera que un grosor mínimo en la periferia resulta el grosor mínimo predefinido. Por lo tanto, como la curvatura en la región marginal de la forma modificada de lente es mayor que la de la forma original de lente, el área ópticamente preservada dentro de la línea límite se "eleva" hacia la superficie frontal. El grosor central disminuye así.

En otro perfeccionamiento, se lleva a cabo una segunda optimización posterior a la operación e), en donde la optimización adicional usa la forma modificada de la superficie posterior como una forma inicial y optimiza solamente el perfil de curvatura dentro de la línea límite hacia una prescripción o las propiedades ópticas predeterminadas de la forma original de lente, en particular teniendo en cuenta el grosor central reducido de la forma modificada de lente.

En el caso de lentes positivas, debido al grosor central reducido y como las lentes son "lentes reales" y no "lentes ideales", el grosor central reducido tiene un efecto sobre las propiedades ópticas del perfil de curvatura fijado dentro de la línea límite. Para restaurar estas propiedades ópticas, se puede llevar a cabo una optimización adicional usando el perfil de curvatura que se fijó como condición de inicio para una optimización adicional que reajusta un perfil de curvatura al grosor central reducido. Sin embargo, tal reajuste solamente tiene que realizarse en caso de que la reducción del grosor central y el deterioro asociado de las propiedades ópticas se considere significativo. De hecho, hay otros asuntos concebibles para restaurar las propiedades ópticas. Por ejemplo, como la lente siempre resultará más delgada, puede ser una medida reajustar el radio de curvatura de la superficie frontal. La superficie frontal solamente necesitaría que se afinara con una curvatura ligeramente mayor para compensar el grosor reducido. Entonces puede ser una opción establecer el grosor mínimo predefinido del borde exterior, por ejemplo, 5% o 10% o 20% mayor que el grosor mínimo real para asegurar que se preservará aún un grosor mínimo en caso de que la superficie frontal se afine con una curvatura más alta. Por ejemplo, en caso de que el grosor mínimo sea de 1 mm. El método podría ser llevado a cabo con un grosor mínimo predefinido de 1,1 o 1,2 mm de manera que, cuando la superficie frontal se afine con una curvatura mayor, se mantenga un grosor mínimo de 1,0 mm alrededor de la periferia. Sin embargo, como no es necesario afinar toda la superficie frontal con una curvatura mayor, sino solamente un área dentro de la línea de montura o dentro de la línea límite, esto puede no ser necesario. Como última medida, puede ser una alternativa calcular ya la forma original de lente con un grosor central que es menor que el grosor central real de la forma original de lente. Por lo tanto, la superficie posterior de la forma original de lente no proporcionaría propiedades ópticas ideales dentro de la línea límite. Pero, después de la reducción del grosor según el método descrito, se ajustaría a continuación al grosor reducido de la lente.

En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, la forma original de lente proporciona una potencia focal negativa, en donde el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, es un valor de curvatura mínimo, en particular negativo, y en donde durante la optimización, se fija una altura sagital del perfil de curvatura fijado

de la forma original de lente de la superficie posterior dentro de la línea limítrofe, en particular en donde, como la exigencia de grosor, se aplica un grosor mínimo del borde exterior como condición límite obligatoria durante el proceso de optimización.

5 En este caso, el grosor de la forma original de lente en el centro es menor que en la periferia. Por tanto, el grosor crítico a reducir es el del borde exterior o periferia. Por ello, en este caso, no es necesario el reajuste de las propiedades ópticas del perfil de curvatura fija dentro de la línea limítrofe. Por tanto, una altura sagital del perfil de curvatura fija de la forma original de lente dentro de la línea limítrofe permanece fija. Sin embargo, todavía se puede proporcionar una condición obligatoria de un grosor mínimo del borde exterior para que se pueda llevar a cabo el bloqueo adecuado alrededor de la periferia y no se lleve a cabo demasiada reducción de grosor alrededor del borde exterior.

10 En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, el método comprende además definir una zona de transición adyacente a la línea limítrofe hacia el borde exterior en la que la zona de transición de la curvatura pasa de manera monótona desde la curvatura límite al valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, hacia el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, y en el que la zona de transición se establece como una longitud mínima, en particular a lo largo de cada línea de soporte, en particular donde la zona de transición se define antes de la operación d).

15 El término "zona de transición" se usa durante la descripción del método y se puede considerar equivalente a la "porción de transición" que se usa cuando se describe la superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar. Para asegurar la preservación óptica del área dentro de la línea limítrofe y asegurar además que la pieza elemental de lente sin tallar según la forma modificada de lente, en particular la superficie posterior, se pueda fabricar realmente según la forma, se puede definir una zona de transición. Al definir una longitud mínima a lo largo de cada línea de soporte, se puede proporcionar una protección del área dentro de la línea limítrofe de los procesos de tallado y pulido. Por ejemplo, la longitud de la zona de transición a lo largo de cada línea de soporte puede definirse como que tiene una longitud de 5 mm. La longitud real dependerá en gran medida de las herramientas de tallado y pulido correspondientes. En general, la zona de transición puede tener una longitud de 1 a 10 mm, preferiblemente de 2 a 8 mm, en particular 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 mm.

20 En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, el método comprende además definir una zona de transición adyacente a la línea limítrofe hacia el borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en cuya zona de transición la curvatura pasa de manera monótona desde la curvatura de límite al valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, hacia el borde exterior, y en donde la zona de transición se establece definiendo una magnitud máxima para un gradiente de la curvatura a lo largo de cada línea de soporte, en particular en donde la zona de transición se define antes de la operación d).

25 En particular para lentes negativas, la zona de transición también se puede definir definiendo una magnitud máxima para un gradiente de la curvatura, en particular a lo largo de cada línea de soporte. De este modo, se puede definir la transición desde la curvatura específica en la línea limítrofe hacia el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura. Los gradientes más bajos proporcionarán una mayor longitud de la zona de transición a lo largo de la línea de soporte, los gradientes más altos reducirán la longitud de la zona de transición, pero permitirán una mejor reducción del grosor de la lente. El gradiente puede, nuevamente, depender de las herramientas de acabado superficial correspondientes disponibles.

30 En otro perfeccionamiento del método según el primer aspecto, en la operación d), cada nuevo perfil de curvatura se determina con un gradiente de curvatura esencialmente constante, en particular un gradiente de curvatura constante, para la transición desde la curvatura límite al valor de curvatura predefinido, en particular, el valor extremo de curvatura.

35 El gradiente de curvatura a lo largo del cual la zona de transición puede ser esencialmente constante o, en particular, exactamente constante. Por supuesto, se aplican tolerancias de fabricación. Al proporcionar un gradiente constante, se puede proporcionar una forma estéticamente ventajosa que es menos probable que sea considerada molesta por un usuario.

40 En otro perfeccionamiento del método según el segundo aspecto, se puede proporcionar que la etapa C) comprenda además especificar un valor de curvatura predefinido de límite estricto, en particular un valor extremo de curvatura, que tiene una magnitud mayor que el valor de curvatura predefinido recomendado, en particular, el valor extremo de curvatura, y en donde, después de la operación III de secuencia, el valor de curvatura predefinido de límite estricto, en particular el valor extremo de curvatura, se aplica como valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, durante la optimización.

45 Por esto, en caso de que después de la operación III no se haya alcanzado el grosor máximo especificado de la lente, se podría hacer el último esfuerzo para terminar con una forma satisfactoria. Sin embargo, a continuación se debería devolver un aviso o advertencia para que se marque la forma correspondiente de la lente y, por ejemplo, se pueda vigilar específicamente durante la fabricación.

55 En otro perfeccionamiento del método según el segundo aspecto, un grosor máximo de la lente a lo largo de la línea de

la montura de una forma modificada de lente de la última iteración de la operación C) está por debajo del grosor máximo especificado de la lente, y en donde se lleva a cabo una iteración adicional entre la forma modificada de lente es de las dos últimas iteraciones de la operación C) para hacer coincidir el grosor máximo de la lente a lo largo de la línea de la montura con el grosor máximo especificado de la lente.

5 En el caso de la última iteración, el grosor de la lente es menor que el grosor máximo especificado de la lente, se podría llevar a cabo una iteración entre las dos últimas operaciones para que coincida exactamente con el grosor máximo de la lente. Esto proporciona la ventaja de que también se puede lograr el máximo ángulo de rotación ocular alcanzable, lo que podría tener prioridad.

10 Además, el método según el tercer aspecto, a saber, el método de fabricación, puede proporcionar la operación adicional de rebordar la pieza elemental de lente sin tallar, en particular a lo largo de la línea de la montura. Luego, se logra una lente final con un grosor de lente reducido a lo largo de la línea de la montura para asegurar que la lente final correspondiente se pueda insertar en una montura correspondiente.

15 En otro perfeccionamiento de una pieza elemental de lente sin tallar, en particular según el cuarto aspecto, la porción lenticular tiene un perfil de superficie que es asimétrico, en particular cuyo perfil de superficie es un perfil de superficie de forma libre.

20 En otro perfeccionamiento de una pieza elemental de lente sin tallar, el valor extremo de curvatura es la curvatura más pequeña o la menor, en particular con signo, de la superficie posterior a lo largo de la línea recta o en la que el valor extremo de curvatura es una curvatura más grande o mayor, en particular con signo, de la superficie posterior a lo largo de la línea recta. En particular, la curvatura más pequeña puede incluso ser negativa. En particular, una curvatura que proporciona -4 dioptrías se ha de considerar más pequeña o menor que una curvatura que proporciona +2 dioptrías.

En otro perfeccionamiento de una pieza elemental de lente sin tallar, la porción de transición rodea completamente la porción lenticular.

25 En otro perfeccionamiento de una pieza elemental de lente sin tallar, la porción marginal se extiende hasta un borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar a lo largo de la línea recta, y en donde la porción marginal se extiende circunferencialmente a lo largo al menos de una parte del borde exterior de la pieza elemental de lente sin tallar.

En otro perfeccionamiento de una pieza elemental de lente sin tallar, la porción marginal se extiende circunferencialmente a lo largo del borde exterior completo de la pieza elemental de lente sin tallar.

30 En otro perfeccionamiento de la pieza elemental de lente sin tallar, el punto es el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar, o en que el punto es el punto visual, en particular en donde la ubicación del punto visual se codifica en un grabado en la pieza elemental de lente, o en que el punto es el punto de ajuste, en particular en donde la ubicación del punto de ajuste se codifica en un grabado en la pieza elemental de lente sin tallar. Por lo tanto, las mismas características que se han descrito para los métodos según los aspectos primero a tercero anteriores también se pueden aplicar características estructurales que definen la pieza elemental de lente sin tallar según la invención. Por supuesto, esto se aplica a todas las características mencionadas y relativas a los métodos.

35 Además, el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, de la pieza elemental de lente sin tallar en la porción marginal puede estar entre 10 y 20 dioptrías en curvatura que equivaldría a un radio de 53 a 26,5 mm. En general, a lo largo de la solicitud, las curvaturas en dioptrías se dan con un índice refractivo de 1,53. Por lo tanto, en el caso de que se proporcione una curvatura en dioptrías, la curvatura correspondiente en radio se puede calcular por

$$r = \frac{1,53 - 1}{\text{dioptrías}}$$

40 con un índice refractivo conocido que es 1,53 en toda la solicitud. En particular, el valor de curvatura predefinido, en particular, con signo o el valor extremo de curvatura pueden ser iguales o mayores a 14 dioptrías. En particular, esto también puede expresarse como un radio de curvatura positivo. Una magnitud del radio de curvatura puede ser igual o inferior a 37,85 mm de radio, para el índice refractivo de referencia de 1,53, con el fin de proporcionar una potencia igual o superior a 14 dioptrías. En particular, la curvatura puede ser de 14 a 18 dioptrías. En particular, puede ser 14, 15, 16, 45 17, 18, 19, 20 dioptrías. Preferiblemente, es de 16 dioptrías como herramienta estándar para un generador de forma libre de aproximadamente 33 mm de radio o aproximadamente 16 dioptrías de curvatura.

50 Este valor para el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, puede aplicarse para lentes positivas. En el caso de lentes negativas, el valor de curvatura predefinido o, en particular, con signo o el valor extremo de curvatura pueden ser iguales o inferiores a -4 dioptrías. En particular, esto también puede expresarse como un radio de curvatura negativo. Una magnitud del radio de curvatura negativo puede ser igual o inferior a 132,5 mm, para el índice refractivo de referencia de 1,53, con el fin de proporcionar una potencia igual o inferior a -4 dioptrías. En particular, el valor de curvatura predefinido, en particular el valor extremo de curvatura, puede ser de entre -4 y -8 dioptrías, en particular -4, -5, -6, -7, -8 dioptrías. Preferiblemente, el valor de curvatura predefinido o el valor extremo de curvatura se establece en -6 dioptrías. El gradiente de curvatura se puede establecer entre 1 dioptría/mm y 4 dioptrías/mm, en particular 1, 2, 3, 4 dioptrías/mm. En particular, un gradiente recomendado podría ser de 2 dioptrías/mm y un límite 55

máximo o estricto podría ser de 3 dioptrías/mm.

En general, un ángulo mínimo de rotación del ojo se podría establecer entre 20 y 50 grados, en particular 20, 25, 30, 35, 40, 45 grados. Preferiblemente, un ángulo de rotación del ojo recomendado es de 45 grados y un límite mínimo de 35 grados.

- 5 Debe comprenderse que las características mencionadas anteriormente y aquellas que aún no se han explicado pueden usarse más adelante no solamente en la combinación indicada respectivamente, sino también en otras combinaciones o por separado, sin desviarse del alcance de la presente invención.

Las realizaciones de la invención se han representado en los dibujos y se explicarán con más detalle en la descripción a continuación.

- 10 La fig. 1 muestra una realización de un método según un primer aspecto de la invención,  
La fig. 2a muestra un diagrama simplificado que muestra e ilustra una realización de las diferentes operaciones del método de la fig. 1,  
La fig. 2b muestra otro diagrama simplificado general que muestra e ilustra las diferentes operaciones del método para lentes positivas y para lentes negativas,
- 15 La fig. 3 muestra diagramas para ilustrar una determinación del nuevo perfil de curvatura,  
La fig. 4 muestra un diagrama para ilustrar otra determinación del nuevo perfil de curvatura,  
La fig. 5 muestra otro diagrama para ilustrar otra determinación del nuevo perfil de curvatura,  
La fig. 6 muestra diagramas que ilustran los efectos de diferentes enfoques para la determinación del nuevo perfil de curvatura, en particular una zona de transición que tiene un gradiente de curvatura constante,
- 20 La fig. 7a muestra una realización de una pieza elemental de lente sin tallar,  
La fig. 7b muestra la pieza elemental de lente sin tallar de la Fig. 7 a lo largo de una línea de corte X-X,  
La fig. 8a muestra diagramas que ilustran un ejemplo general,  
La fig. 8b muestra otros diagramas que ilustran el ejemplo general,  
La fig. 8c muestra otros diagramas que ilustran el ejemplo general,
- 25 La fig. 9 muestra diagramas que ilustran un primer ejemplo de una lente positiva,  
La fig. 10 muestra otros diagramas que ilustran el ejemplo de una lente positiva,  
La fig. 11 muestra otro diagrama que ilustra el ejemplo de una lente positiva,  
La fig. 12 muestra aún otro ejemplo que ilustra la realización de una lente positiva,  
La fig. 13 muestra otro diagrama que ilustra los efectos del método en el ejemplo de una lente positiva,
- 30 La fig. 14 muestra diagramas que ilustran un segundo ejemplo de una lente positiva acanalada,  
La fig. 15 muestra otros diagramas que ilustran los efectos del método en el ejemplo de la lente positiva acanalada,  
La fig. 16 muestra el resultado del método en el ejemplo de una lente positiva acanalada,  
La fig. 17 muestra diagramas que ilustran un ejemplo de una lente negativa.  
La fig. 18 muestra otros diagramas que ilustran el ejemplo de una lente negativa,
- 35 La fig. 19 muestra el efecto del método y ejemplo de una lente negativa,  
La fig. 20 muestra una realización de un método según el segundo aspecto de la invención,  
La fig. 21 muestra un diagrama que ilustra el conjunto de parámetros en varias operaciones de saturación del método según la fig. 20,  
La fig. 22 muestra los diferentes resultados del ejemplo del método según el segundo aspecto,
- 40 La fig. 23 muestra otros diagramas que ilustran el ejemplo del método según el segundo aspecto,



La fig. 24 muestra un diagrama de bloques de un método de fabricación según un tercer aspecto de la invención.

La fig. 1 muestra una realización del método según el primer aspecto de la invención. El método está designado en general con el número de referencia 100.

5 El método es en particular un método implementado por ordenador. Como resultado, el método proporciona una forma modificada de lente para una pieza elemental de lente sin tallar, en particular a través del uso de un medio legible por ordenador no transitorio. La forma modificada de lente proporciona un grosor reducido en comparación con la forma original de lente.

La realización del método, a continuación, se explica viendo tanto la fig. 1 como la fig. 2.

10 En primer lugar, se realiza una operación 102 para proporcionar una forma original 10 de lente de una pieza elemental de lente sin tallar. La forma original 10 de lente comprende una forma original de una superficie frontal y de una superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar. En particular, la forma original está diseñada según una prescripción. Además, se proporciona un valor de curvatura predefinido de la superficie posterior. Este valor de curvatura posterior predefinido está preestablecido y puede ser, por ejemplo, de 15 dioptrías o un equivalente en radio. En particular, ese valor de curvatura predefinido debería elegirse según un valor extremo de curvatura que puede ser fabricado por una herramienta de acabado superficial de forma libre asociada. Por lo tanto, a continuación, el valor de curvatura predefinido también se puede denominar como el valor extremo de curvatura.

20 En la Fig. 2a, la pieza elemental 10 de lente sin tallar se muestra esquemáticamente con una vista en la superficie posterior en la parte superior izquierda. La modificación sigue a continuación las flechas hacia la línea inferior. La pieza elemental de lente sin tallar tiene una periferia o borde exterior 16 de la pieza elemental de lente. Se puede proporcionar un ángulo de rotación mínimo del ojo que se preservará con respecto a las propiedades ópticas de la superficie posterior, sin embargo, eso no es necesario. Además, se determina un punto de soporte en la superficie posterior. Preferiblemente, ese punto de soporte es el centro geométrico de la pieza elemental de lente sin tallar. La periferia de la pieza elemental de lente sin tallar puede tener la forma de un círculo o una elipse. Entonces, en una operación 104, se determina una línea límite 18. En particular, un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior debe preservarse dentro de la línea límite 18. Además, en particular, el punto de soporte 14 se establece en la superficie posterior, en el ejemplo dado en el centro geométrico, y se determina una línea límite 18 en la superficie posterior, en particular cuando un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior debe ser preservado dentro de la línea límite 18. Por tanto, como se muestra en la parte superior derecha de la Fig. 2a, la línea límite 18 generalmente se dibujará para encerrar el ángulo de rotación mínimo 12 del ojo previsto. La forma de la línea límite se puede elegir para que sea idéntica a la forma de la montura en el que se ha de insertar la lente final. En el ejemplo dado en la Fig. 2a, el tamaño de la línea límite 18 se elige para que sea del mismo tamaño que la montura. Dentro de la línea límite 18, se debe preservar el perfil de curvatura de la forma original 10 de lente. El resto de la forma original de lente de la superficie posterior puede considerarse recortada. Por lo tanto, solo se muestra una línea discontinua 26 de la periferia original. La forma de la lente ahora se modificará de manera que en una región marginal o porción marginal 28, el valor extremo para la curvatura estará presente. En una porción de transición o zona de transición 24, el gradiente de curvatura pasará de la curvatura de la forma de lente preservada dentro de la línea límite 18 hacia el valor extremo 28 de curvatura. Por lo tanto, se puede considerar que una línea de transición exterior 22 es el límite exterior de la zona de transición 24, siendo la línea límite 18 la línea límite interior de la zona de transición 24. Sin embargo, la zona de transición 24, la porción marginal 28 y la línea límite exterior 22 aún están por determinar en las siguientes operaciones. Simplemente se explican en el ejemplo en la parte superior derecha de la Fig. 2a para fines ilustrados. En el ejemplo de la Fig. 2a, la forma original de lente proporciona una potencia focal positiva o es una "lente positiva".

45 En una siguiente operación 106, se determina una curvatura límite de la superficie posterior 72 en la línea límite 18. En particular, se determina al menos una línea de soporte recta 30 a 37 en la superficie posterior, donde en cada línea de soporte recta que emana desde el punto de soporte 14 y, para cada línea de soporte recta 30 a 37, se determina una curvatura límite de la superficie posterior en un extremo del punto de la sección de la línea de soporte recta respectiva 30 a 37 en la línea límite 18.

50 Los ejemplos de puntos de intersección se designan con el número de referencia 29. Cada línea de soporte recta 30 a 37 discurre en un ángulo  $\phi$  diferente. Como en el ejemplo dado, la periferia de la pieza elemental 10 de la lente sin tallar tiene la forma de un círculo, cada línea de soporte discurre en un plano que corta todo el diámetro de este círculo. Como en el ejemplo dado, la superficie frontal tiene una forma esférica, y el punto de soporte 14 como en el centro geométrico, cada línea de soporte 30 a 37 discurre en un meridiano de la superficie frontal. En el ejemplo proporcionado, se usan ocho líneas de soporte de manera que un ángulo  $\phi$  de separación entre ellas es de 45 grados. Sin embargo, se podría usar cualquier número diferente de líneas de soporte.

55 Ahora, en la operación 108, un nuevo perfil 38 de curvatura de la superficie posterior 72 entre la línea límite 18 y un borde exterior 16 de la pieza elemental 60 de la lente sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil de curvatura 38 es igual a la curvatura límite en la línea límite 18 y pasa de manera monótona y continua desde la curvatura límite hacia el valor de curvatura predefinido hacia el borde exterior 16. En particular, para cada de soporte recta 30 a 37, se determina un nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior a lo largo de la línea de soporte respectiva desde el punto de

intersección 29 hasta un borde exterior o periferia 16 de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil 38 de curvatura es igual a la curvatura límite del punto de intersección 29 y pasa de manera monótona desde la curvatura límite al valor extremo de curvatura hacia el borde exterior 16.

5 En la Fig. 2a, esto se ha mostrado en la imagen en la parte central derecha. En la línea límite 18, es decir, en el punto de intersección 29, la curvatura del nuevo perfil de curvatura dentro del plano de la línea de soporte recta, es decir, en el ejemplo dado la curvatura tangencial o radial, es igual a la curvatura del área ópticamente preservada de la forma original 10 de la lente dentro de la línea límite 18. Eso significa que las curvaturas dentro y fuera de la línea límite son iguales entre sí al aproximarse a la línea límite 18. Por lo tanto, la curvatura a lo largo de la línea límite se determina como continua. Eso significa que no se prevé ningún alabeo en la línea límite 18. Además, en el ejemplo dado de una 10 lente positiva, se establece una longitud de la zona de transición 24 basada en una herramienta de fabricación de forma libre asociada de manera que se asegure que la superficie posterior modificada se pueda fabricar sin dañar la superficie preservada ópticamente, en particular la superficie de forma libre, dentro de la línea límite 18. Por ejemplo, se establece una longitud radial, es decir, la longitud dentro del plano de la línea de soporte, o el meridiano de la línea de soporte, en particular, por ejemplo, a un valor de 5 mm.

15 A la zona de transición en la región marginal 28, se le ha proporcionado un valor extremo para la curvatura, por ejemplo, 15 dioptrías. Por esto, se determina un nuevo perfil 38 de curvatura para cada línea de soporte, y así se explicará con más detalle a continuación con un gradiente de curvatura constante a lo largo de la zona de transición o al menos un gradiente esencialmente constante a lo largo de la zona de transición por aproximación con un polinomio cúbico. A continuación esto conduce a los nuevos perfiles de curvatura de cada línea de soporte 30 a 37. El resultado se muestra 20 en la parte central derecha. El perfil de curvatura de la forma original dentro de la línea límite 18 se fija con los nuevos perfiles de curvatura fuera de la línea límite 18 unidos a ella. En la vista recta en la superficie posterior, por tanto, en esta etapa, el perfil de la superficie posterior determinado y fijado se parece a una "araña" siendo el perfil de curvatura ópticamente preservado dentro de la línea límite 18 el cuerpo y formando cada nuevo perfil de curvatura a lo largo de una línea de soporte una pata.

25 A continuación, en la operación 110, se determina una forma modificada 40 de lente de la pieza elemental de lente sin tallar, en donde la forma modificada 40 de lente comprende la forma original de la superficie frontal 70, y una forma modificada de la superficie posterior 72, en donde la forma modificada de la superficie posterior 72 se determina mediante una optimización basada en el nuevo perfil de curvatura, y en donde, durante la optimización, la forma original 10 de lente se preserva dentro de la línea límite 18. En particular, una forma modificada de lente se determina de la 30 pieza elemental de lente sin tallar, en donde la forma modificada de lente comprende la forma original de lente de la superficie frontal y una forma modificada de la superficie posterior, en donde la forma modificada de la superficie posterior se determina por una optimización hacia una forma objetivo. Tal optimización hacia formas objetivo es comúnmente conocida por un experto en la técnica por el uso de una forma objetivo o función de mérito y técnicas de optimización, por ejemplo las optimizaciones por mínimos cuadrados basadas en estas funciones de forma objetivo y/o 35 de mérito.

Para la fabricación posterior, se necesita una descripción completa de la superficie posterior. Por tanto, la superficie posterior entre las "patas de araña" aún no se ha determinado. Además, puede ser necesario volver a ajustar la altura sagital del perfil de curvatura fijado dentro de la línea límite en el caso de una lente positiva. La optimización se realiza 40 hacia una forma objetivo, en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura de la forma original de lente, es decir, solo el perfil de curvatura y no necesariamente la altura sagital sobre la superficie frontal, de la superficie posterior dentro de la línea límite que va al perfil es fijado durante la optimización. Además, comprende el perfil de curvatura de cada línea de soporte recta, es decir, el nuevo perfil de curvatura, fuera de la línea límite cuyo perfil de curvatura es fijado durante la optimización. Además, incluye el valor extremo de curvatura para la superficie posterior fuera de la línea límite. De este modo, a través de la optimización, se puede proporcionar una descripción completa de una superficie 45 posterior que incluye el perfil de curvatura de la forma original de lente dentro de la línea límite 18, los nuevos perfiles de curvatura determinados a lo largo de cada línea de soporte y una superficie posterior adicional que se aproxime de la mejor manera posible al valor extremo de curvatura fuera de la línea límite. Para lentes negativas, el método ya podría entonces finalizar aquí. Sin embargo, en el caso de lentes positivas como en el ejemplo dado en la Fig. 2a, es el caso que simplemente al aumentar la curvatura lo más rápidamente posible a un valor extremo de curvatura, que es en el 50 caso de lentes positivas una curvatura máxima, el grosor de la lente alrededor de la periferia que es mayor que el grosor de lente mínimo preestablecido necesario para un bloqueo suficiente de la pieza elemental de lente sin tallar. Por tanto, no es posible volver a ajustar la altura sagital de la sección preservada ópticamente dentro de la línea límite 18 junto con la forma de la superficie posterior modificada, de manera que alrededor de la periferia, el grosor mínimo de lente sea el grosor mínimo de lente necesario para la fabricación. Todo esto puede llevarse a cabo dentro de la optimización como tal y no necesariamente tiene que ser una operación de optimización separada. De este modo, la forma original del perfil 55 de curvatura de la lente dentro de la línea límite 18 se "eleva" hacia la superficie frontal, en particular se reduce su altura sagital sobre la superficie frontal. Por tanto, el grosor central de la lente positiva se reduce. A continuación, de este modo, se ha proporcionado una forma de lente positiva con un grosor reducido. En caso de que el grosor reducido de la lente debiera considerarse significativo, de manera que, debido al grosor reducido y a las condiciones de una lente real, las propiedades ópticas dentro de la línea límite 18 pudieran deteriorarse, se puede llevar a cabo una operación de 60 optimización adicional que se inicia en la forma original de lente de la superficie posterior y la reajusta para restaurar las

propiedades ópticas de la forma original de lente.

La Fig. 2b muestra ilustraciones simplificadas adicionales para mostrar en general el desarrollo de la forma de lente a través del método. La figura 2b es generalmente independiente de la figura 2a. En la columna de la izquierda, se muestra el desarrollo de una forma de una lente positiva. En la columna de la derecha, se muestra el desarrollo de una forma de una lente negativa.

Con respecto a la lente positiva, de arriba a abajo, se ha proporcionado una forma original 10 de lente de una pieza elemental 60 de lente sin tallar que tiene una superficie frontal 70 y una superficie posterior 72, en donde la forma original 10 de lente comprende una forma original de la superficie delantera 70 y una forma original de la superficie posterior 72 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar, de tal manera que la pieza elemental 60 de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas. A continuación, se determina una línea límite 18 en la superficie posterior 72, en donde un perfil de curvatura 20 de la forma original de la superficie posterior 72 se ha de preservar dentro de la línea límite 18. Luego, se determina una curvatura límite de la superficie posterior 72 en la línea límite 18. Se determina un nuevo perfil 38 de curvatura de la superficie posterior 72 entre la línea límite 18 y un borde exterior 16 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar, en donde una curvatura del nuevo perfil 38 de curvatura en la línea límite 18 es igual a la curvatura límite y pasa de manera monótona y continua hacia el borde exterior 16 desde la curvatura límite hacia un valor de curvatura predefinido. En el caso de la lente positiva, la forma original 10 de lente proporciona una potencia focal positiva, en donde el valor de curvatura predefinido es un valor de curvatura máximo, y en donde, como exigencia de grosor, un valor predefinido para un grosor menor del borde exterior 16 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar se aplica como una condición obligatoria. Este es el valor  $z$  que se alcanzará para el grosor más pequeño de la forma de lente a lo largo de su periferia. Por tanto, se determina una forma modificada 40 de lente de la pieza elemental 60 de lente sin tallar, en donde la forma modificada 40 de lente comprende la forma original de la superficie frontal 70, y una forma modificada de la superficie posterior 72, en donde la forma modificada de la superficie posterior 72 se determina mediante un procedimiento de optimización basado en un nuevo perfil de curvatura hacia una forma objetivo, y en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura preservado de la forma original 10 de lente dentro de la línea límite 18 y la exigencia de grosor para el borde exterior 16 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar. Esto conduce a que el nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior que se ha determinado sea a continuación movido hacia la superficie frontal hasta que se cumpla la exigencia de grosor. Desde luego, aunque se han mostrado como dos operaciones ilustrativas separadas, la determinación del nuevo perfil de curvatura y el movimiento de traslación hacia la superficie frontal pueden llevarse a cabo simultáneamente durante un procedimiento de optimización.

Con respecto a la lente negativa, de arriba a abajo, se ha proporcionado una forma original 10 de lente de una pieza elemental 60 de lente sin tallar que tiene una superficie frontal 70 y una superficie posterior 72, en donde la forma original 10 de lente comprende una forma original de la superficie frontal 70 y una forma original de la superficie posterior 72 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar, de tal manera que la pieza elemental 60 de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas. A continuación se determina una línea límite 18 sobre la superficie posterior 72, en donde un perfil 20 de curvatura de la forma original de la superficie posterior 72 ha de ser preservado dentro de la línea límite 18. A continuación, se determina una curvatura límite de la superficie posterior 72 en la línea límite 18. Se determina un nuevo perfil 38 de curvatura de la superficie posterior 72 entre la línea límite 18 y un borde exterior 16 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar, en donde una curvatura del nuevo perfil 38 de curvatura en la línea límite 18 es igual a la curvatura límite y pasa de manera monótona y continua hacia el borde exterior 16 desde la curvatura límite hacia un valor de curvatura predefinido. En caso de la lente negativa, la forma original 10 de lente proporciona una potencia focal negativa, en donde el valor de curvatura predefinido es un valor mínimo de curvatura, y en donde, como exigencia de grosor, se fija una altura sagital del perfil de curvatura fijo de la forma original 10 de lente de la superficie posterior 72 dentro de la línea límite 18, y en donde se aplica un grosor mínimo del borde exterior 16 como una condición límite obligatoria durante el proceso de optimización. Por tanto, el grosor de la forma modificada es igual o mayor que la condición límite aplicada como exigencia de grosor. Por tanto, se determina una forma modificada 40 de lente de la pieza elemental 60 de lente sin tallar, en donde la forma modificada 40 de lente comprende la forma original de la superficie frontal 70, y una forma modificada de la superficie posterior 72, en donde la forma modificada de la superficie posterior 72 se determina mediante un procedimiento de optimización basado en el nuevo perfil de curvatura hacia una forma objetivo, y en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura preservado de la forma original 10 de lente dentro de la línea límite 18 y la exigencia de grosor para el del borde exterior 16 de la pieza elemental 60 de lente sin tallar. Esto conduce al nuevo perfil de curvatura de la superficie posterior que es determinado. Desde luego, como se ha mostrado, la curvatura mínima de la superficie posterior podría ser establecida incluso negativa de modo que la curvatura cambia desde una curvatura positiva a una curvatura negativa durante la transición desde la línea límite hacia el borde exterior.

Esencialmente, hay dos métodos diferentes para determinar las curvas de soporte o lenticulares que tienen un gradiente de curvatura "constante" o esencialmente constante desde el punto de intersección a algún valor extremo de curvatura (o radio máximo) a lo largo de cada línea de soporte. La única diferencia entre los métodos así denominados "simple" y "complejo" es cómo se garantiza de manera exacta que el gradiente es constante. El método simple sólo usa un polinomio cúbico en la zona de transición, mientras que el método complejo utiliza un cálculo (bastante) riguroso de una sección con gradiente de curvatura constante.

A continuación, se describe el método simple en primer lugar.

La ecuación para la curvatura tangencial  $T$  a lo largo de cada línea de soporte, en otras palabras en un ángulo específico  $\theta$ , es lineal en la segunda derivada, y no lineal en la primera derivada:

$$T = \frac{Z_{rr}}{(1 + Z_r^2)^{3/2}} \quad (1)$$

5 donde  $Z_r$  y  $Z_{rr}$  son la primera y la segunda derivadas a lo largo de un radio de la superficie  $Z(r,\theta)$ . Tomando la derivada con respecto a  $r$  da el gradiente de curvatura tangencial.

$$T_r = \frac{Z_{rrr}}{(1 + Z_r^2)^{3/2}} - \frac{3Z_r Z_{rr}^2}{(1 + Z_r^2)^{5/2}} \quad (2)$$

10 Para una curva esencialmente plana el gradiente de curvatura es directamente proporcional a la tercera derivada. Por ello, un simple polinomio de tercer orden tendría una forma de curvatura constante. Para un polinomio cúbico con una pendiente significativa el gradiente no permanecería constante, pero al menos puede ser especificado en un punto. Resolver para  $Z_{rrr}$  da

$$Z_{rrr} = T_r (1 + Z_r^2)^{3/2} + \frac{3Z_r Z_{rr}^2}{(1 + Z_r^2)} \quad (3)$$

15 La idea es hacer una simple modificación a una característica de extrapolación cuadrática añadiendo un término cúbico que da a la superficie un gradiente de potencia tangencial especificado más allá de la línea límite. Podemos llamar a la ubicación límite  $r = 0$ , el gradiente deseado en el límite  $g = T_r(0)$ , entonces la extensión polinómica a lo largo de una línea es solo

$$Z = a + br + cr^2 + dr^3 \quad (4)$$

donde  $a$ ,  $b$ , y  $c$  son determinadas a partir de la función original del diseño de lente original en la interfaz o punto de intersección, y pueden ser derivadas a partir de la ecuación (3):

$$d = \frac{g}{6} (1 + b^2)^{3/2} + \frac{2bc^2}{(1 + b^2)} \quad (5)$$

20 En la expresión anterior  $g$  tiene las unidades de  $1/r$ . Si el gradiente  $G$  ha de ser especificado en dioptrías por mm, entonces sustituir  $g = G/530$ , y medir  $r$  en milímetros (la constante 530 resulta del índice refractivo asumido de 1,53).

25 El gráfico en la fig. 3 muestra el resultado de extender un círculo de 6 dioptrías más allá de  $r = 25$  mm con distintos valores para el gradiente inicial  $G$ . Las curvas 50 muestran las líneas de gradiente constante. Las líneas 52 muestran las líneas determinadas de acuerdo con lo anterior. Para los gradientes negativos la aproximación cúbica funciona bien, pero falla al aumentar el gradiente. Esto es debido a que la pendiente de la curva está aumentando con gradiente creciente, y el efecto no lineal de la pendiente resulta más importante.

A continuación se ha descrito el método complejo.

30 Para obtener un control total del gradiente de curvatura, una base puede ser el documento EP 0 271 920 A1 "Progressive power ophthalmic lens" y los documentos de su familia de patentes. Ese documento describe el método de "involuta de la evoluta" de construir un trayecto ocular. La única modificación es no empezar la integración en un punto con una pendiente cero. La imagen en la fig. 4 es utilizada para la explicación. Para cada punto  $(r,z)$  en la curva hay un punto asociado  $(r_c, z_c)$  para el centro de curvatura del círculo "que hace contacto" en ese punto.

El elemento crítico es que el ángulo  $\theta$  puede ser calculado mediante la siguiente fórmula

$$\sin \theta = \sin \theta_0 + \int_0^r \frac{d\rho}{R(\rho)} \quad (6)$$

35 donde  $\tan \theta_0 = dz/dr$  en  $r = 0$ , el punto de comienzo de la extensión para simplificar la descripción matemática. Así si el perfil de curvatura, preferiblemente en un modo integrable de manera continua, es especificado, el ángulo puede ser determinado. En particular en caso de que la curvatura ha de tener un gradiente constante entonces

$$\frac{1}{R(r)} = \frac{1}{530} (P_0 + Gr) \quad (7)$$

y por ello

$$\text{sen } \theta = \text{sen } \theta_0 + \int_0^r \frac{d\rho}{530} (P_0 + G\rho) = \frac{1}{530} \left( P_0 r + G \frac{r^2}{2} \right) \quad (8)$$

A continuación, esos ángulos son insertados en las ecuaciones para  $r_c$  y  $z_c$  (por geometría)

$$r = r - R \text{sen } \theta \quad (9)$$

$$z_c = z(0) + R \cos + \int_0^r \tan \theta d\rho \quad (10)$$

La respuesta para la integral de la tangente ha de ser determinada mediante medios de resolución apropiados, por ejemplo aproximaciones numéricas para resolver ecuaciones integrales disponibles comercialmente. Una vez que se conocen  $R$ ,  $r_c$  y  $z_c$ , la involuta es sólo un círculo móvil:

$$z = z_c \pm \sqrt{R^2 - (x - x_c)^2} \quad (11)$$

donde el  $\pm$  tiene el signo opuesto que  $R$ . El convenio de signos es círculos con flecha positivas dan curvaturas positivas.

Para la integración, se han aplicado distintos órdenes de cuadratura Gaussiana-Legendre. Puntos del  $G = +/-1$  están mostrados en la fig. 5 utilizando sumas de 2, 3, y 4 puntos para aproximar la integral. Solamente la suma 56 de dos puntos se inclina un poco en las curvaturas más elevadas (más allá de la curvatura máxima para una herramienta de tallado típica, por ejemplo) de las sumas de 3 y 4 puntos 54.

Las diferencias entre el método simple y el complejo pueden no ser significativas en aplicaciones prácticas. Un soporte liso para una lente negativa elevada utilizará un gradiente negativo elevado, es decir tan elevado como un usuario pueda tolerar. Habrá una gran cantidad de distorsión, hasta el punto de que hay solamente una pequeña posibilidad de que el usuario intente mirar a través de ese área de la lente. En ese caso, solamente es de menor importancia si el gradiente es exactamente constante. Para la aplicación en lentes positivas, la superficie usualmente sólo será modificada más allá del borde de la montura o de la línea de la montura, y la potencia o curvatura será incrementada rápidamente hasta el máximo permitido por las herramientas. Por ello, en tanto en cuanto "algún" polinomio cúbico pueda alcanzar la curvatura máxima lo bastante rápidamente el gradiente inconstante no puede ser un problema. Por tanto, en otro ejemplo solamente se comparará un ejemplo de lente negativa.

Los gráficos en la fig. 6 son para un ejemplo de soporte liso. La lente es una Mitsui MR8 Elan HD adición de +2,50 con prescripción de -7 y una CT de 1,5 mm. Los tres mapas en la fila superior muestran el grosor de la lente de las tres versiones diferentes de la lente, contorneada a intervalos de 1 mm. El mapa de la izquierda es de la forma original de lente optimizada ópticamente. Los dos contornos muestran la forma de la montura y el límite elíptico seleccionado para el inicio del soporte liso. La línea 58 es la línea de montura. La línea 18 es la línea limítrofe. El gráfico central "gradiente constante" es el grosor después de que se aplica una curva de soporte a la superficie exterior, calculado utilizando el método de gradiente constante con un gradiente de -2 dioptrías por milímetro. El mapa de la derecha "extensión cúbica" ha utilizado el método de extensión cúbica simple, con un gradiente inicial del mismo de -2 D/mm.

Los gráficos siguientes son superposiciones de los resultados de las tres versiones diferentes de la lente. El máximo grosor de borde ocurre a lo largo del meridiano de 170 grados para las tres lentes. La potencia del vértice posterior a lo largo del meridiano muestra el incremento lineal de potencia para el método de gradiente constante, junto con la curva recta no precisamente para el método cúbico. La línea vertical muestra la extensión de la montura. El trazado del grosor de la lente a lo largo del mismo meridiano muestra la similitud entre los dos métodos de superficie de soporte. El gráfico final a la derecha muestra el grosor de la lente alrededor de la montura. El máximo grosor de borde de la montura original era de 8,04 mm, el método de gradiente constante redujo eso a 6,78, mientras que la extensión cúbica tenía un máximo en 6,85.

Eso es aproximadamente una reducción de menos de 5% para el método cúbico utilizando el mismo gradiente inicial, y desde luego que podría haber sido hecho ajustando el gradiente inicial del método cúbico en un 5%. Por ello, la implementación del método cúbico sería significativamente más simple que el método de gradiente constante completo, pero da solamente un control ligeramente menor sobre el perfil de curvatura de la superficie posterior.

La fig. 7a muestra una pieza elemental 60 de lente sin tallar que es a continuación proporcionada de acuerdo con la

presente invención. Tiene una periferia o borde exterior 16 que puede ser circular o elíptica, en el ejemplo de la fig. 7 es circular. El punto de soporte puede entonces ser el centro geométrico 14 como se ha explicado anteriormente. En la superficie posterior mostrada en la fig. 7, la línea limítrofe 18 cubre un área preservada 62 que es el área de la superficie posterior dentro de la línea limítrofe 18 que tiene una superficie de forma libre, es decir un perfil de curvatura superficial que no tiene simetrías. No es simétrica ni respecto a un punto ni respecto a un plano ni a rotación. Además, hay una porción marginal 66 que rodea la línea limítrofe 18. En la porción marginal, el valor extremo de curvatura se aplica en el plano de cada línea de soporte. En el ejemplo dado en la fig. 7, en cada meridiano la curvatura tendría un valor extremo que corresponde al valor extremo de curvatura preestablecido. Entre la porción marginal 66 y la línea limítrofe 18, está la porción 64 de transición. En la porción 64 de transición, la curvatura pasa desde la curvatura de la superficie de forma libre dentro de la línea limítrofe 18 hacia el valor extremo de curvatura. Pasa de manera monótona al valor extremo de curvatura. Significa que en caso de una lente positiva, la curvatura aumenta continuamente. En caso de una lente negativa, la curvatura disminuye continuamente. En caso de una lente negativa el valor extremo de curvatura puede incluso ser negativo. Una longitud de la zona de transición puede ser especificada en una dirección radial en el ejemplo de la fig. 7a de manera que la extensión de las zonas de transición tiene una longitud radial predefinida y ninguna herramienta de tallado o acabado superficial puede dañar la superficie de forma libre dentro de la línea limítrofe 18.

La fig. 7b muestra una sección a lo largo de la línea X-X en la fig. 7a. Una superficie frontal de la pieza elemental de lente sin tallar es esférica. Por tanto, es simétrica a rotación con respecto al centro geométrico y tiene una única curvatura. La superficie posterior está designada con el número de referencia 72. La línea limítrofe 18 es elegida de manera que el ángulo mínimo 12 de rotación del ojo esté dentro de la línea limítrofe 18. El ojo 74 puede ser determinado con su centro de rotación de acuerdo con el ojo normal utilizado para cálculos. La fabricación de la pieza elemental del ente sin tallar tiene la porción marginal 28 con una curvatura constante 76. En el ejemplo proporcionado en las figs. 7a y 7b, esto significa que en cada meridiano de la superficie frontal, la curvatura tangencial es constante sobre la porción marginal y tiene el mismo valor.

En las figs. 8a a 8c, se han proporcionado diagramas que ilustran un ejemplo general de la determinación de una pieza elemental de lente sin tallar de acuerdo con la invención. Este ejemplo es una lente hecha de CR39 cuya prescripción es +6,00 dioptrías, es decir una lente positiva que tiene una potencia focal positiva. La pieza elemental de lente sin tallar redonda es de 65 mm de diámetro mientras que la lente final rebordeada se ajustará dentro de un círculo de 50 mm de diámetro centrado en la pieza elemental cuyo círculo forma la línea limítrofe con la porción lenticular dentro de ella. Por tanto, el punto sobre la superficie posterior es el centro geométrico de la pieza elemental sin tallar. Cada línea recta que emana desde un punto es un meridiano. La curvatura a lo largo de cada línea es una curvatura tangencial. Se requiere un grosor mínimo de borde de 0,5 mm para la lente de 65 mm. Luego, la lente procesada de manera convencional resultante tendrá un grosor central de 7,097 mm y una curva de superficie posterior de 1,92 dioptrías, estando todas las curvaturas superficiales en este ejemplo también referenciadas al índice refractivo de 1,530. En general, dioptrías se ha abreviado mediante "D".

En el ejemplo, la herramienta de tallado de forma libre tiene un radio de 17 mm. La curvatura tangencial de la superficie posterior puede por ello no ser mayor de  $530/17$  o ligeramente más de 31 dioptrías. Se establece un máximo de 30 dioptrías para el diseño. Una longitud de 5 mm de la zona de transición entre la superficie de 50 mm de diámetro interior de 1,92 D a lo largo de la línea limítrofe y el valor extremo de curvatura de 30 D más lejos en una porción marginal da como resultado un gradiente de curvatura de  $(30 - 1,92)/5 = 5,616$  D/mm en la zona de transición que conecta la porción lenticular y la porción marginal. Utilizando esta superficie posterior modificada con el mismo frente de 8 D y un grosor de borde de 0,5 mm baja el grosor central a 6,295 mm.

Sin embargo, el grosor central reducido dentro de la porción lenticular reduce también la potencia en el vértice posterior de la lente ligeramente a + 5,97 D. Puede considerarse como necesaria una corrección. La corrección podría ser conseguida de varias formas. Para ser totalmente consistente la curvatura de la porción interior de la superficie posterior debería ser reducida a 1,89 D para corregir la pérdida de potencia, y el gradiente elevado a  $(30 - 1,89)/5 = 5,622$  D/mm. Alternativamente, pueden ser sustraídas las alturas sagitales de una esfera de 0,03 dioptrías de las de la superficie posterior modificada. Estos cambios llevan el grosor central ligeramente hacia arriba a 6,326 mm pero corrigen las potencias ópticas para adaptarse a una prescripción.

Las gráficas de las figs. 8a a 8c comparan la lente procesada convencionalmente y la lente que incluye la parte lenticular inversa descrita anteriormente. La fig. 8a presenta los valores sagitales de las superficies posteriores de las dos lentes; como los mapas de cada superficie y un gráfico que compara sus valores sagitales a lo largo de uno, es decir, de cualquier meridiano. En el centro, es decir a  $r=0$ , el valor sagital es cero tanto para la superficie convencional como para la superficie lenticular inversa de acuerdo con la invención. La superficie modificada diverge rápidamente desde la superficie convencional más allá de la línea limítrofe a  $r=25$  mm.

La fig. 8b es el mismo conjunto de gráficos para el grosor de lente medido en Z que es normal al centro de las superficies. Incluso aunque la lente modificada tiene un grosor central menor, ambas lentes satisfacen los 0,5 mm especificados en el borde.

A continuación la fig. 8c presenta la curvatura tangencial en dioptrías para el par de lentes. No hay contornos para lente convencional debido a que su parte posterior es esférica, pero hay un crecimiento muy rápido en la curvatura de la lente

## ES 2 709 443 T3

modificada más allá de la línea limítrofe de 25 mm hasta que alcanza el valor extremo de curvatura de 30 D en un radio de 30 mm. La diferencia de 0,03 D en curvatura no es notable a la escala proporcionada.

La siguiente tabla da los valores para todas las figuras anteriores:

Radio	Altura sagital (mm)		Grosor (mm)		Curvatura tangencial (D)	
	Conv.	Lenticular Inv.	Conv.	Lenticular Inv.	Conv.	Lenticular Inv.
0	0,00000	0,00000	7,097	6,326	1,92	1,89
1	0,00181	0,00179	7,091	6,320	1,92	1,89
2	0,00726	0,00714	7,074	6,303	1,92	1,89
3	0,01633	0,01607	7,045	6,274	1,92	1,89
4	0,02903	0,02857	7,005	6,233	1,92	1,89
5	0,04536	0,04464	6,953	6,181	1,92	1,89
6	0,06532	0,06428	6,890	6,118	1,92	1,89
7	0,08891	0,08750	6,815	6,042	1,92	1,89
8	0,11613	0,11429	6,728	5,955	1,92	1,89
9	0,14699	0,14466	6,629	5,856	1,92	1,89
10	0,18148	0,17860	6,519	5,745	1,92	1,89
11	0,21961	0,21612	6,397	5,622	1,92	1,89
12	0,26137	0,25722	6,262	5,487	1,92	1,89
13	0,30677	0,30190	6,115	5,340	1,92	1,89
14	0,35582	0,35016	5,956	5,180	1,92	1,89
15	0,40850	0,40201	5,785	5,007	1,92	1,89
16	0,46483	0,45744	5,600	4,822	1,92	1,89
17	0,52481	0,51646	5,403	4,624	1,92	1,89
18	0,58844	0,57907	5,193	4,413	1,92	1,89
19	0,65571	0,64528	4,969	4,188	1,92	1,89
20	0,72665	0,71508	4,732	3,950	1,92	1,89
21	0,80124	0,78848	4,481	3,698	1,92	1,89
22	0,87949	0,86548	4,217	3,432	1,92	1,89
23	0,96140	0,94608	3,937	3,151	1,92	1,89
24	1,04698	1,03029	3,644	2,856	1,92	1,89
25	1,13623	1,11812	3,335	2,546	1,92	1,89
26	1,22915	1,21150	3,011	2,222	1,92	7,51
27	1,32576	1,32021	2,671	1,894	1,92	13,13
28	1,42604	1,45595	2,315	1,574	1,92	18,76
29	1,53001	1,63045	1,942	1,272	1,92	24,38
30	1,63766	1,85542	1,553	0,999	1,92	30,00
31	1,74902	2,14111	1,145	0,767	1,92	30,00
32	1,86407	2,49227	0,720	0,577	1,92	30,00
32,5	1,92298	2,69370	0,500	0,500	1,92	30,00

En las figs. 9 a 13, se han proporcionado figuras que ilustran un ejemplo para una pieza elemental de lente sin tallar de lentes positivas de acuerdo con la invención.

5 Hay algunas restricciones a tener en cuenta cuando se talla una superficie sobre un generador de forma libre. Un límite "estricto" es el radio de la herramienta de tallado. La herramienta estándar es de aproximadamente 33 mm de radio, o de aproximadamente 16 dioptrías de curvatura. Un límite peor definido es la capacidad del pulido para reproducir exactamente una superficie compleja. Hay otras limitaciones no relacionadas directamente con el procesamiento. La representación superficial enviada al generador es típicamente una curva cúbica sobre una rejilla rectangular. Esta rejilla puede causar la aparición de artefactos "de modo escalonado" en límites curvados de forma abrupta. Y finalmente está el usuario, que no puede tolerar fácilmente un cambio brusco en la potencia óptica de la lente en aquellos casos en donde el límite está dentro de la montura. La totalidad de esas consideraciones puede ser abordada con el ajuste en dos etapas a la curvatura tangencial de la superficie posterior de acuerdo con la invención; una zona de transición que tiene un gradiente de curvatura desde el valor de curvatura en el límite a una curvatura máxima especificada (para lentes positivas) o mínima (para lentes negativas).

15 Para el ejemplo de prescripción positiva general de las figs. 9 a 13, es el caso de una lente progresiva de superficie posterior con un límite conformado de montura, que separa la zona dentro de la línea límite 18 para mantener buenas propiedades ópticas y la zona exterior que será vidriada. Los gráficos en la fig. 9 muestran la altura de superficie, la curvatura media, el astigmatismo, y la curvatura tangencial de la superficie posterior de una lente con prescripción (Rx) = +5,00 D/3,00 ad., con un frontal de 8 dioptrías y un índice refractivo de 1,660 del material utilizado realmente. Todas las curvaturas en la unidad de "dioptrías" en la aplicación son proporcionadas en el índice refractivo de 1,530. Para mantener un grosor mínimo de borde de 1 mm sobre el diámetro de disco de 70 mm obligatorio el grosor central de la lente debe ser de 7,62 mm.

25 De nuevo, la idea es reducir el grosor de la lente aumentando la curvatura de la superficie posterior tan rápidamente como sea posible, dadas las restricciones del tallado y pulido. Por ejemplo si la curvatura tangencial de la superficie posterior está limitada a 15 dioptrías, se requiere una zona de transición de 5 mm para proteger la zona dentro de la línea límite 18 de los procesos de tallado y pulido. Es matemáticamente posible producir una potencia tangencial especificada en cualquier lugar fuera del límite convexo. En este caso se calculó la superficie modificada utilizando un programa de optimización de mínimos cuadrados, que especifica las alturas de la superficie o el perfil de curvatura dentro de la línea límite, y la potencia tangencial fuera de la línea límite. Las alturas superficiales y la curvatura tangencial de la superficie modificada están mostradas en la fig. 10.

30 El gráfico de la fig. 11 traza las curvaturas tangenciales de las superficies original y modificada a lo largo del meridiano vertical, sólo para enfatizar la naturaleza de dos etapas de la curvatura tangencial modificada fuera de la línea límite 18.

35 Utilizando la forma de superficie posterior modificada, la forma de superficie frontal original y ajustando la potencia de la superficie posterior para compensar la prescripción para el cambio de grosor en una optimización subsiguiente adicional, esto da un grosor central de 6,69 mm que aplica el mismo grosor mínimo de borde de 1 mm, para una reducción de 0,93 mm. Los mapas de grosor sobre el disco de 70 mm redondo completo y un gráfico del grosor alrededor de la línea límite están mostrados en las figs. 12 y 13.

40 En general la línea límite 18 puede no representar el contorno del recorte final o línea de montura 58. La línea límite 18 puede ser mayor que la forma de la montura para permitir un margen mayor para la zona óptica. Alternativamente, parte o la totalidad de la línea límite podría encontrarse dentro de la zona de montura o de la línea de montura, compensando alguna distorsión en la periferia para una reducción de grosor, particularmente para lentes de potencia minus.

45 En las figs. 14 a 16, el siguiente ejemplo es de una lente de monovisión con prescripción (Rx) de +5 esfera/ -4 cilindro a 90 grados (por tanto, vertical). En este caso asumiremos que el disco de 8 D, de índice 1,499 es copiado a un diámetro de 65 mm, justo un par de milímetros más allá del borde temporal de la montura, contorneado con la línea de montura 58 en la fig. 14. La parte posterior es tallada de tal manera que el grosor mínimo de borde es mantenido por encima de 1 mm. Debido a la orientación del cilindro alto ese mínimo ocurre en la parte superior y en la parte inferior del disco dejando el centro a 6,54 mm de grueso.

50 Los gráficos en la fig. 15 muestran el resultado después de la modificación. La línea 18 muestra el límite dentro del cual es preservada la superficie original. En este caso la línea límite 18 se encuentra totalmente fuera de la línea de montura 58, y cae fuera del disco en el lado temporal extremo. Se ha utilizado una zona de transición de 2 mm de ancho, elevando la curvatura tangencial a 15 dioptrías (abreviado con "D" a lo largo de toda esta solicitud) más allá de la zona de transición. Con el mismo grosor de 1 mm en la parte superior de este disco el grosor central, después de ajustar la curvatura para restaurar la prescripción, es ahora de 5,51 mm, para una reducción de 1,03 mm. La imagen en la fig. 16 muestra la sección transversal del disco completo de 65 mm a lo largo del meridiano de 90 grados.



El ejemplo en las figs. 17 a 19 es para lentes negativas. Reducir el grosor de borde requiere reducir la curvatura de la superficie posterior más allá del límite, así la curvatura de la herramienta de tallado no es una restricción. Aún, se aplica la misma estrategia de dos etapas. En este ejemplo, la magnitud del gradiente de potencia tangencial está limitada en vez de tener una longitud constante para la zona de transición. El gradiente podría ser determinado por la tolerancia del usuario a la distorsión en la periferia, por ejemplo. La curvatura tangencial constante final puede ser negativa (convexa) determinada a partir de la estética, y en algunos casos puede no ser alcanzada por el borde del disco.

El par de gráficos en la fig. 17 muestra el grosor de la lente y la curvatura tangencial para una lente deportiva grande descentrada envuelta. El disco de 80 mm de policarbonato tiene un frente de 8 dioptrías. La prescripción es -3 de esfera con un -2 de cilindro a 90 grados (vertical), con 15 grados de envoltura de la montura.

La línea 58 muestra del borde de la montura, mientras que la línea limítrofe 18 muestra el contorno de un límite seleccionado para la reducción del grosor del borde. Este límite fue elegido para dar a la sección ópticamente preservada de la lente la apariencia de una lente menor conformada similarmente, a la lente completa. El grosor máximo de borde de la lente sería de 9,2 mm sin modificación.

En el siguiente ejemplo se ha aplicado un gradiente de curvatura tangencial de 2 D/mm más allá del límite especificado 18, y se ha limitado la curvatura de la superficie posterior a convexa con -6 D. El resultado se ha mostrado en la fig. 18. El grosor máximo de borde de la lente que utiliza la parte posterior modificada es reducido a 6,75 mm como se ha mostrado en la fig. 19.

La fig. 20 muestra una realización de un método 130, en particular que puede ser también un método implementado por ordenador, para reducir un grosor de una forma original de lente de una pieza elemental de lente sin tallar, en particular mediante el uso de un medio legible por ordenador no transitorio. Después de que se ha iniciado el método, se proporciona de nuevo, la forma original de la lente de una pieza elemental de lente sin tallar, en donde la forma original de lente comprende una forma original de lente de una superficie frontal y una superficie posterior de la pieza elemental de lente sin tallar, en particular una forma de acuerdo con una prescripción.

A continuación, en la operación 134, se han especificado ciertos parámetros, en particular un conjunto de parámetros que incluyen una magnitud máxima recomendada de un gradiente de curvatura de la superficie posterior, una magnitud máxima de límite estricto de un gradiente de curvatura de la superficie posterior que es mayor que la magnitud máxima recomendada, un valor extremo de curvatura recomendado, un valor mínimo para un ángulo de rotación del ojo, un valor recomendado para el ángulo de rotación del ojo, una línea de montura sobre la superficie posterior a lo largo de la cual ha de ser tallada una lente final de la pieza elemental de lente sin tallar, un grosor máximo de lente a lo largo de la línea de montura, y una línea limítrofe, en particular dentro de la cual ha de ser preservada la forma original de la superficie posterior.

A continuación, se lleva a cabo el método como se ha descrito anteriormente en conexión con la fig. 1 y de acuerdo con el primer aspecto de la invención. Este método es llevado a cabo de manera repetida, una vez en cada iteración en la operación 136. Se determina un grosor máximo a lo largo de la línea de montura después de cada determinación de la forma modificada de lente y se compara con el grosor máximo de la lente especificado, en caso de que el grosor máximo de la lente a lo largo de la montura de la forma modificada de lente fuera igual o inferior al grosor máximo especificado, la operación 138 de comparación produciría un "sí" y el método podría detenerse. Si no es así, en la operación 140 se modifican los parámetros a lo largo de los cuales es llevado a cabo el método 100. En particular, al menos uno del gradiente de curvatura de magnitud máxima de la superficie posterior, la línea limítrofe 18 y el valor de curvatura predefinido pueden ser modificados. En particular, para estas modificaciones, se ha proporcionado una secuencia específica de modificaciones de acuerdo con lo siguiente. Estas secuencias van seguidas como se ha indicado en la operación 138, la comparación produce el "no".

En primer lugar se aplican la magnitud máxima recomendada del gradiente de curvatura y el valor extremo de curvatura recomendado. Luego, la línea limítrofe sobre la superficie posterior es disminuida desde una forma inicial que es al menos parcialmente idéntica a la línea de montura hacia una forma que encierra un área de la superficie posterior que cubre solamente al menos el ángulo de rotación del ojo recomendado. La línea limítrofe es disminuida hasta que hace contacto sobre el área del ángulo de rotación del ojo recomendado en al menos un punto. Como la forma de la línea limítrofe puede tener cualquier forma y el área cubierta por el ángulo de rotación del ojo es esencialmente un círculo, la línea limítrofe puede aún cubrir ángulos de rotación del ojo mayores en otros meridianos. Por tanto, "al menos" cubre el ángulo de rotación del ojo recomendado. Sin embargo, en una dirección radial o en un meridiano, es idéntico al ángulo de rotación del ojo recomendado.

Si esto no fuera suficiente, la magnitud del gradiente de curvatura máximo es incrementada desde la magnitud máxima recomendada hacia la magnitud máxima de límite estricto.

Si esto aún no fuera suficiente, la línea limítrofe es disminuida adicionalmente desde una forma que encierra el área de la superficie posterior que cubre al menos el ángulo de rotación del ojo recomendado hacia una forma que encierra un área de la superficie posterior que cubre al menos el ángulo de rotación mínimo del ojo.

Por último, si aún esto no fuera suficiente, el valor extremo de curvatura que fue mantenido constante en el valor recomendado antes, podría ser elevado hacia el límite estricto. Sin embargo, entonces, debería devolverse un aviso al usuario.

Este método se ha explicado además a lo largo del ejemplo de las figs. 21 a 23.

5 Hay tres parámetros principales que controlan la reducción en el grosor del borde; el gradiente, la curva extrema de la parte posterior permitida (máximo para lenticula inversa para lente positiva, mínimo para curva soporte para lente negativa), y el ángulo mínimo de rotación del ojo representado por el límite. En el ejemplo de las figs. 17 a 19 que es utilizado para la explicación adicional, la zona ópticamente preservada es de aproximadamente 40 grados de rotación del ojo al lado temporal de la cruz de ajuste. Puede ser deseable permitir que el grosor de borde máximo de la lente sea especificado. En general eso puede conseguirse ajustando la totalidad de los tres parámetros mencionados. El siguiente ejemplo describe una de las muchas maneras en las que los parámetros pueden ser determinados a partir de un grosor de borde máximo especificado.

15 Para cada uno de los tres parámetros se supone que hay un valor recomendado más un límite estricto. En este ejemplo, el gradiente recomendado es establecido como 2 D por mm con un máximo limitado a 3 D por mm, una curvatura posterior mínima de -6 D tanto con la recomendada con el límite estricto y como un límite estricto, y un ángulo de rotación del ojo recomendado del límite de 45 grados con el mínimo limitado a 35 grados. Para satisfacer una exigencia de grosor de borde los parámetros podrían ser modificados en la siguiente secuencia; 1) establecer el gradiente recomendado y el mínimo de curvatura y reducir el tamaño límite desde el tamaño de la montura al tamaño límite recomendado. 2) aumentar el gradiente desde el recomendado al máximo. 3) disminuir el límite desde el recomendado al mínimo. 4) si el grosor de borde máximo especificado no es conseguido aún, utilizar los valores de límite estricto y devolver un aviso.

20 Para la lente anterior las siguientes curvas muestran los parámetros y el grosor máximo de borde para siete casos muestreados de la secuencia anterior en la fig. 21.

25 La siguiente fig. 22 es un solapamiento de secciones transversales de lente sobre la parte superior del gráfico de grosor de borde máximo, sólo para examinar la región entre los números y las lentes. Las secciones transversales son a lo largo del meridiano de 20 grados, aproximadamente la parte más ancha y más gruesa de la lente.

30 En el siguiente ejemplo, el pedido de lente especifica un grosor máximo de borde de 6,5 mm. Ese nivel está representado por la línea roja horizontal en el primer gráfico de grosor de borde máximo. Una simple interpolación de esa función da un valor aproximado de rotación del ojo de 37,9 grados asociado con ese grosor de borde, la ubicación de las líneas verticales. Los otros parámetros asociados con ese ángulo son sólo el gradiente máximo de 3 D/mm y la curvatura posterior mínima de -6 dioptrías. El Grosor de Lente y la Curvatura Tangencial utilizando un límite con esa magnitud temporal junto con los dos parámetros están trazados en la fig. 23. La combinación produce una lente con un grosor central de 6,49 mm. Si no está lo suficientemente cerca de 6,50 entonces podría realizarse una iteración.

35 Finalmente, la fig. 24 muestra un método de fabricación generalmente designado por el número de referencia 150. Después del inicio, un método 100 de acuerdo con el primer aspecto y/o un método 130 de acuerdo con el segundo aspecto es llevado a cabo. Después de eso, basándose en la forma modificada de lente, tendría lugar una operación 152 de fabricación que fabrica la pieza elemental 60 de lente sin tallar. Posteriormente, la pieza elemental 60 de lente sin tallar sería reenviada a la operación 154 y podría ser procesada adicionalmente. La operación 154 podría incluir en particular un proceso de rebordeado que talla la lente desde la pieza elemental de lente sin tallar hacia su forma final que en particular puede entonces ser enviada hacia un dispensador oftálmico.

40 El método finaliza entonces.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método (100) implementado por ordenador, para proporcionar una forma modificada (40) de lente para una pieza elemental (60) de lente sin tallar, que comprende las siguientes operaciones:

- 5 a) proporcionar (102) una forma original (10) de lente de una pieza elemental (60) de lente sin tallar que tiene una superficie frontal (70) y una superficie posterior (72), en donde la forma original (10) de lente comprende una forma original de una superficie frontal (70) y una forma original de la superficie posterior (72) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar de tal forma que la pieza elemental (60) de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas, y en donde la superficie frontal (70) y la superficie posterior (72) tienen ambas su forma final antes del rebordeado;
- 10 b) determinar (104) una línea límite (18) sobre la superficie posterior (72) en donde un perfil de curvatura de la forma original de la superficie posterior (72) ha de ser preservado dentro de la línea límite (18), en donde las alturas sagitales de la superficie posterior (72) son preservadas dentro de la línea límite (18) y el perfil de curvatura como tal puede ser movido a la manera de una traslación con relación a la superficie frontal (70);
- 15 c) determinar (106) al menos una línea de soporte sobre la superficie posterior (72), y, para cada línea de soporte, determinar una curvatura límite de la superficie posterior (72) en la línea límite (18);
- 20 d) determinar (108) para cada línea de soporte, un nuevo perfil (38) de curvatura de la superficie posterior (72) a lo largo de la línea de soporte respectiva entre la línea límite (18) y un borde exterior (16) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar, en donde la curvatura del nuevo perfil (38) de curvatura es igual a la curvatura límite en la línea límite (18) y pasa de forma monótona y continua hacia el borde exterior (16) desde la curvatura límite hacia un valor de curvatura predefinido;
- 25 e) determinar (110) una forma modificada (40) de lente de la pieza elemental (60) de lente sin tallar, en donde la forma modificada (40) de lente comprende la forma original de la superficie frontal (70), y una forma modificada de la superficie posterior (72), en donde la forma modificada de la superficie posterior (72) es determinada por un procedimiento de optimización basado en el nuevo perfil de curvatura hacia una forma objetivo, y en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura preservado de la forma original (10) de lente dentro de la línea límite (18) y una exigencia de grosor para el borde exterior (16) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar, en donde la forma objetivo incluye el perfil de curvatura de la forma original de lente de la superficie posterior dentro de la línea límite cuyo perfil de curvatura de la forma original de lente es fijado durante la optimización, el perfil de curvatura de cada línea de soporte fuera de la línea límite cuyo perfil de curvatura de cada línea de soporte es fijado durante la optimización, y el valor de curvatura predefinido para la superficie posterior fuera de la línea límite.

2. El método según la reivindicación 1, caracterizado por que la curvatura de la superficie posterior (72) es continua.

3. El método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la pieza elemental (60) de lente sin tallar es un elemento unitario hecho de un único material.

35 4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la forma original (10) de lente proporciona una potencia focal positiva, en donde el valor de curvatura predefinido es un valor máximo de curvatura, y en donde, como exigencia de grosor, se aplica un valor predefinido para el menor grosor del borde exterior (16) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar como una condición obligatoria.

40 5. El método según la reivindicación 4, caracterizado por que la condición obligatoria es aplicada de modo que, durante el proceso de optimización, una altura sagital del perfil de curvatura preservado de la forma original (10) de lente de la superficie posterior (72) dentro de la línea límite (18) es ajustada mientras el perfil de curvatura preservado es mantenido.

45 6. El método según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que una segunda optimización es llevada a cabo después de la operación e), en donde la optimización adicional utiliza la forma modificada de la superficie posterior (72) como una forma inicial y optimiza solamente el perfil de curvatura dentro de la línea límite (18) hacia las propiedades ópticas predefinidas de la forma original (10) de la lente.

50 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la forma original (10) de la lente proporciona una potencia focal negativa, en donde el valor de curvatura predefinido es un valor mínimo de curvatura, y en donde, como exigencia de grosor, una altura sagital del perfil de curvatura fijado de la forma original (10) de lente de la superficie posterior (72) dentro de la línea límite (18) es fijada, y en donde un grosor mínimo del borde exterior (16) es aplicado como una condición límite obligatoria durante el proceso de optimización.

8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el método comprende además definir una zona de transición (24) adyacente a la línea límite (18) hacia el borde exterior (16) en cuya zona de transición (24) la curvatura pasa de manera monótona desde la curvatura límite al valor de curvatura predefinido hacia el borde exterior

(16) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar, y en donde la zona de transición (24) es establecida como una longitud mínima.

5 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el método comprende además definir una zona de transición (24) adyacente a la línea limítrofe (18) hacia el borde exterior (16) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar en cuya zona de transición (24) la curvatura pasa de manera monótona desde la curvatura límite al valor de curvatura predefinido hacia el borde exterior (16), y en donde la zona de transición (24) es establecida definiendo una magnitud máxima para un gradiente de la curvatura.

10 10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se proporciona una forma de una montura en la que ha de ser insertada una lente final, en donde una línea de montura (58) es definida por una línea a lo largo de la cual ha de ser tallada la pieza elemental (60) de lente sin tallar para ajustar en la montura, y en donde una forma de la línea limítrofe (18) corresponde a una forma de la línea de montura (58).

11. Un método (130) implementado por ordenador, para reducir un grosor de una forma original (10) de lente de una pieza elemental (60) de lente sin tallar, en particular mediante el uso de un medio legible por ordenador no transitorio, que comprende las siguientes operaciones:

15 A) proporcionar (132) una forma original (10) de lente de una pieza elemental (60) de lente sin tallar, en donde la forma original (10) de lente comprende una forma original de una superficie frontal (70) y de una superficie posterior (72) de la pieza elemental (60) de lente sin tallar, de tal modo que la pieza elemental (60) de lente sin tallar satisface propiedades ópticas predeterminadas;

20 B) especificar (132) un conjunto de parámetros que incluyen una magnitud máxima recomendada de un gradiente de curvatura de la superficie posterior (72), una magnitud máxima de límite estricto de un gradiente de curvatura de la superficie posterior (72) que es mayor que la magnitud máxima recomendada, un valor de curvatura predefinido recomendado, un valor mínimo para un ángulo (12) de rotación del ojo, un valor recomendado para el ángulo (12) de rotación del ojo, una línea de montura (58) sobre la superficie posterior (72) a lo largo de la cual ha de ser tallada una lente final de la pieza elemental (60) de lente sin tallar, un grosor máximo de lente a lo largo de la línea de montura (58), y una línea limítrofe (18), en particular dentro de la cual ha de preservarse la forma original de la superficie posterior (72).

25 C) Llevar a cabo de manera iterativa (136) el método para proporcionar una forma modificada (40) de lente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 basado en el conjunto de parámetros, para proporcionar una forma modificada (40) de lente hasta que un grosor de lente a lo largo de la línea de montura (58) de la forma modificada (40) de lente sea igual o inferior al grosor de lente máximo especificado, y en donde, durante la iteración, al menos uno del gradiente de curvatura de magnitud máxima de la superficie posterior, de la línea limítrofe (18) y del valor de curvatura predefinido es modificado.

12. El método según la reivindicación 11, caracterizado por que, durante la iteración (136) en la operación C), el conjunto de parámetros es modificado (140) de acuerdo con la siguiente secuencia:

35 I. aplicar la magnitud máxima recomendada del gradiente de curvatura y el valor de curvatura predefinido recomendado, y disminuir la línea limítrofe (18) desde una forma inicial que es al menos parcialmente idéntica a la línea de montura (58) hacia una forma que encierra un área de la superficie posterior (72) que cubre al menos el ángulo (12) de rotación del ojo recomendado;

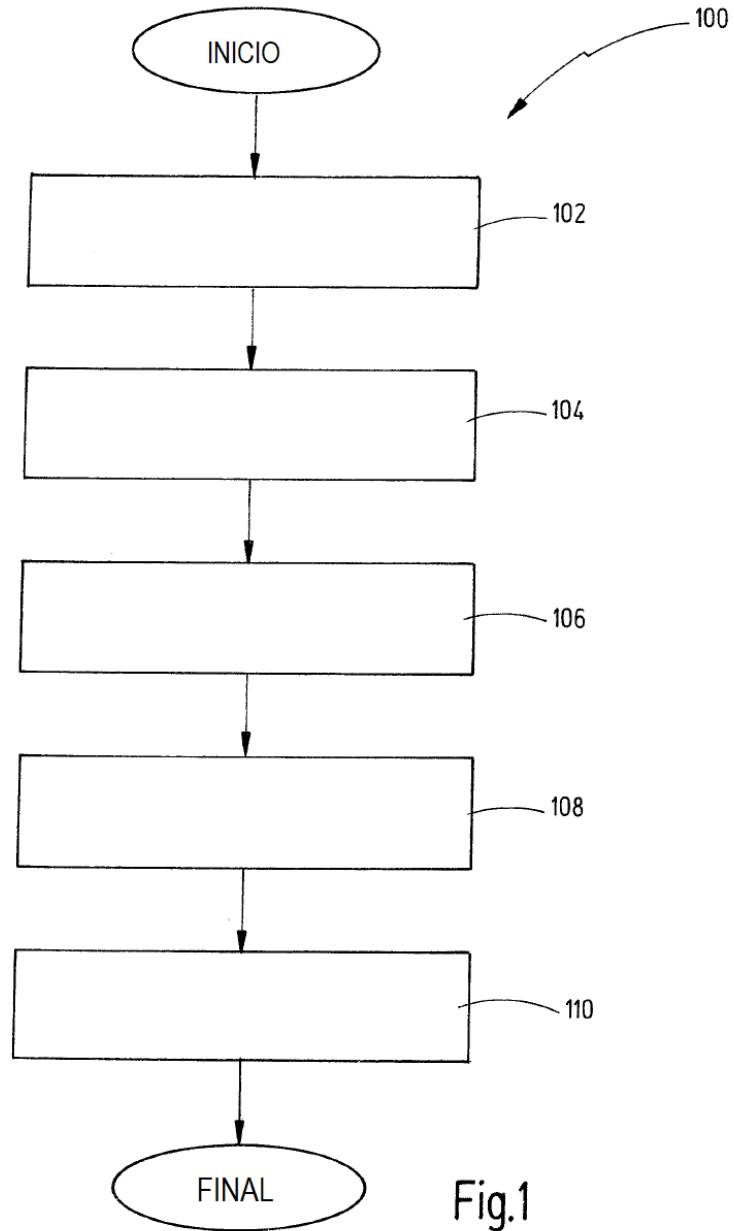
40 II. aumentar la magnitud del gradiente de curvatura máximo desde la magnitud máxima recomendada hacia la magnitud máxima de límite estricto;

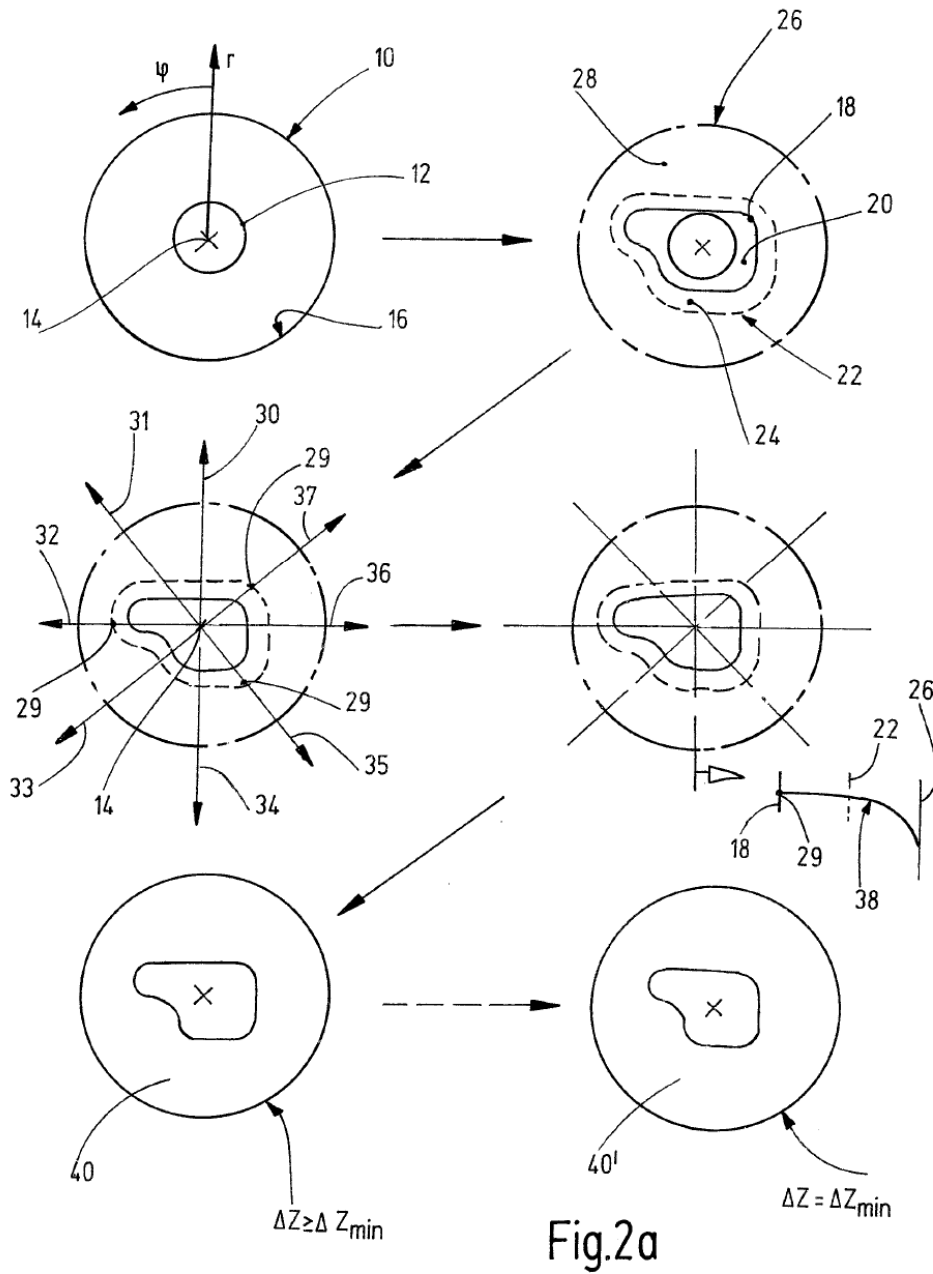
III. disminuir la línea limítrofe (18) de una forma que encierra el área de la superficie posterior (72) que cubre al menos el ángulo (12) de rotación del ojo recomendado hacia una forma que encierra un área de la superficie posterior (72) que cubre al menos el ángulo (12) de rotación mínimo del ojo.

45 13. El método según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que la operación C) comprende además especificar un valor de curvatura predefinido de límite estricto que tiene una mayor magnitud que el valor de curvatura predefinido recomendado, y en donde, después de la operación III de la secuencia, el valor de curvatura predefinido de límite estricto es aplicado como el valor de curvatura predefinido durante la optimización.

50 14. Un método (150) para fabricar una lente, que comprende las operaciones de proporcionar (100, 130) una forma modificada (40) de lente para una pieza elemental (60) de lente sin tallar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, y fabricar (152) la pieza elemental (60) de lente sin tallar de acuerdo con la forma modificada (40) de lente.

15. Un medio de almacenamiento legible por máquina que tiene almacenado en él un programa informático que comprende un medio de código de programa para llevar a cabo las operaciones de un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.





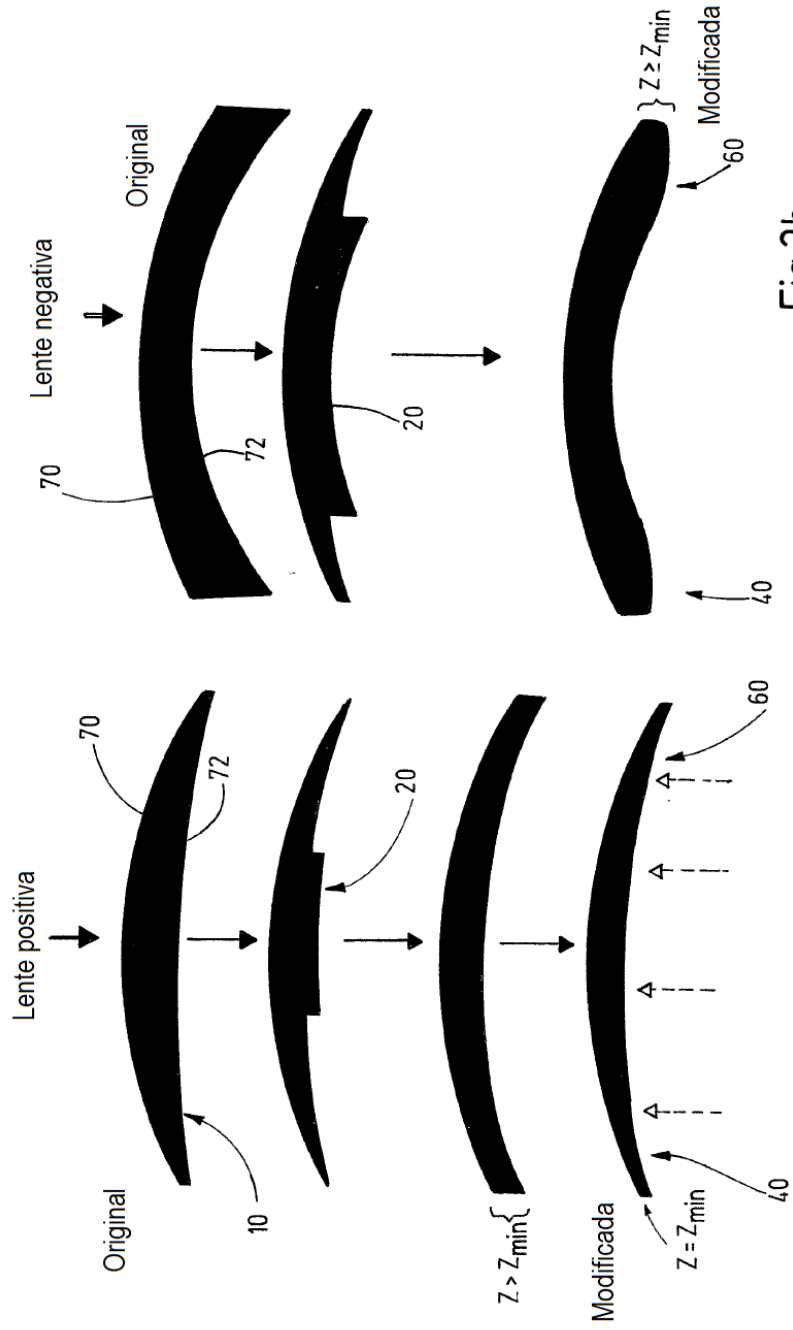


Fig.2b

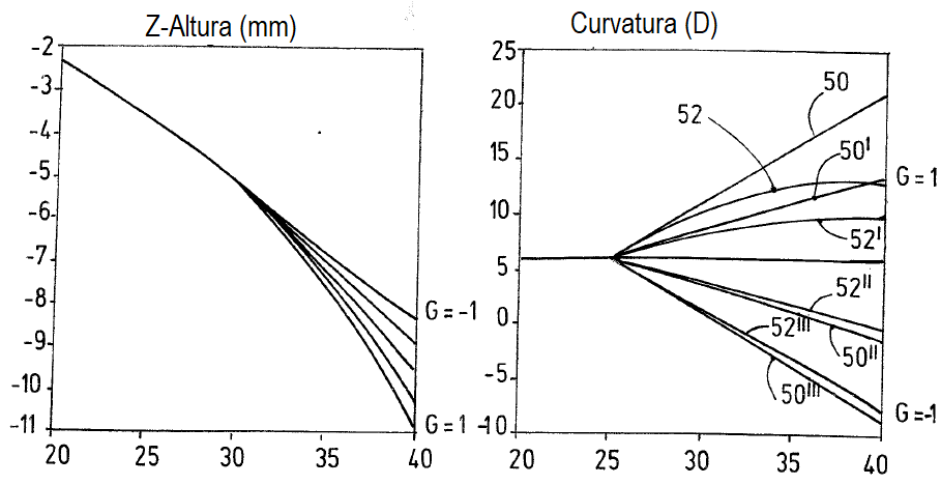


Fig.3

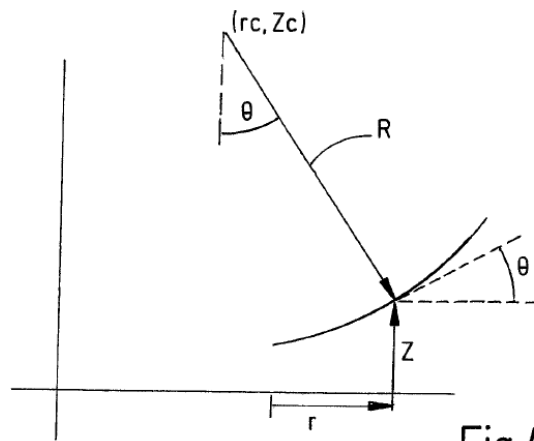


Fig.4



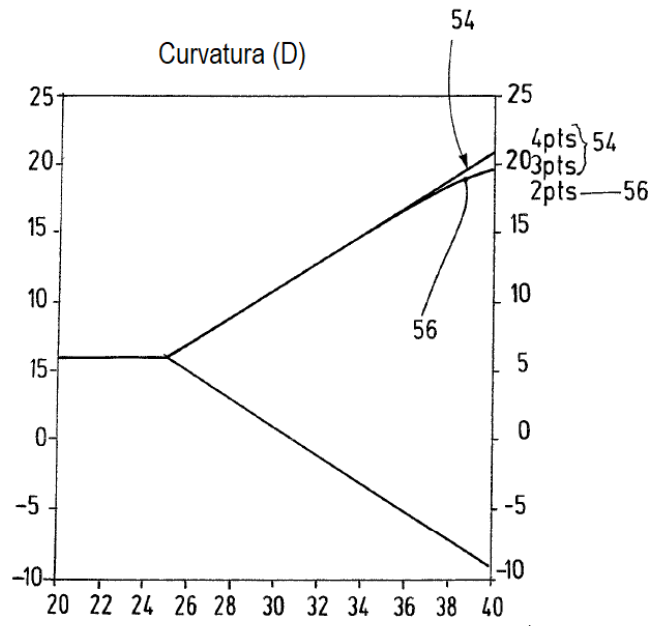


Fig.5

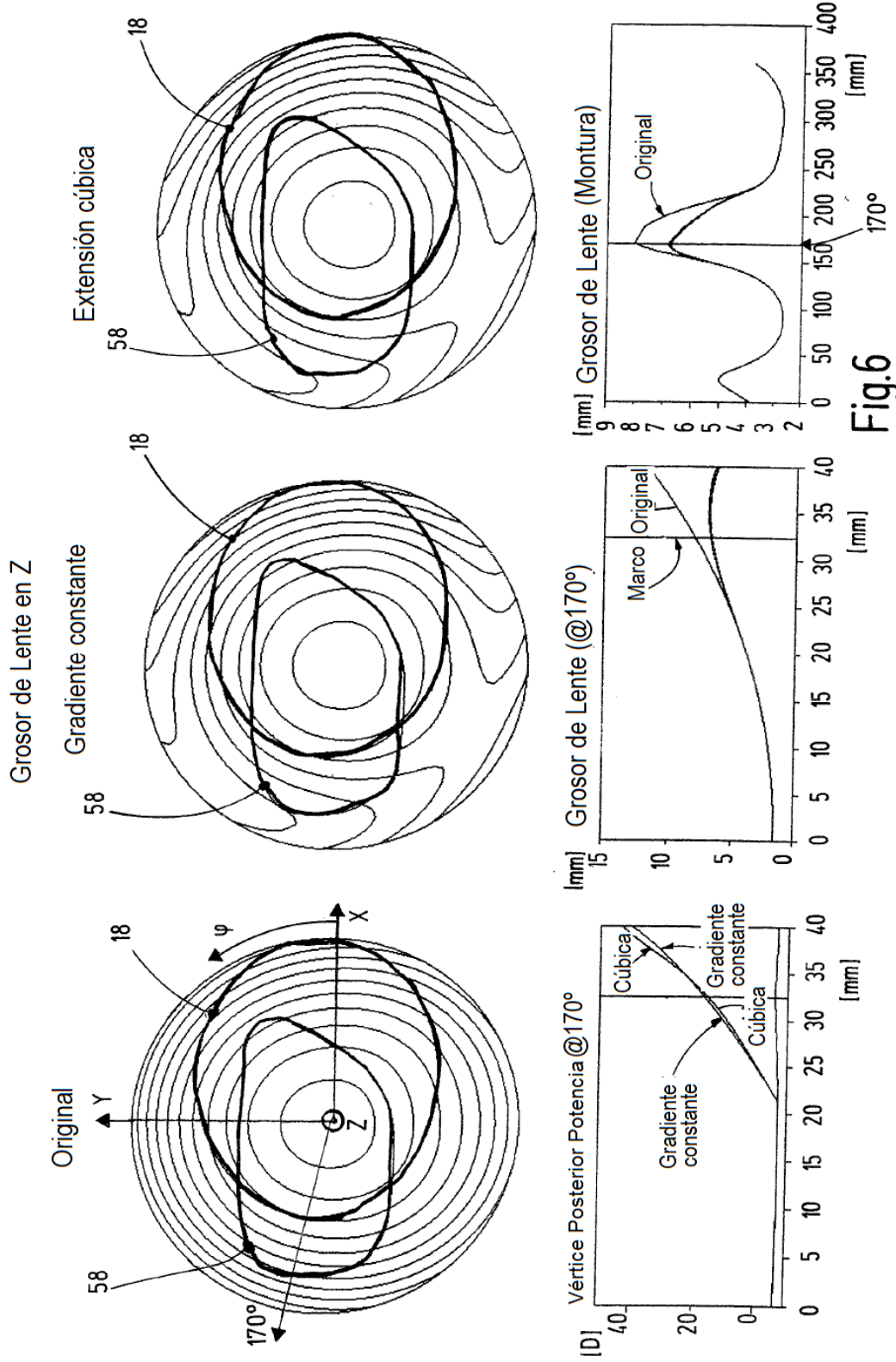
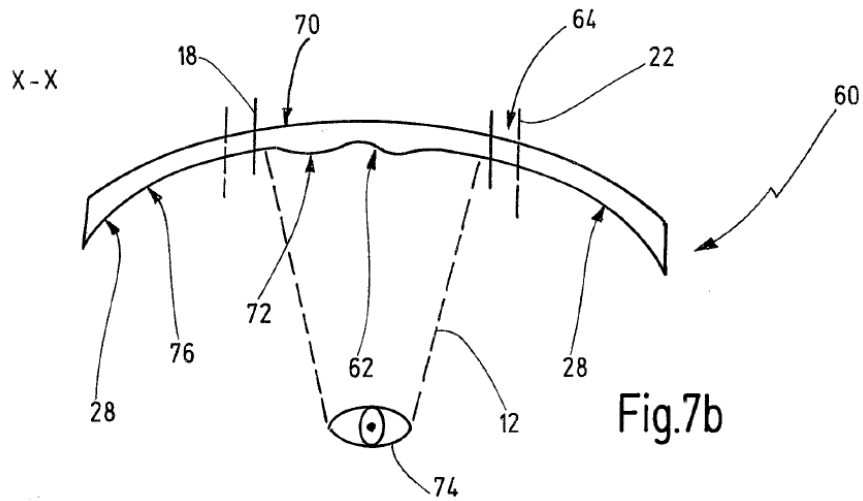
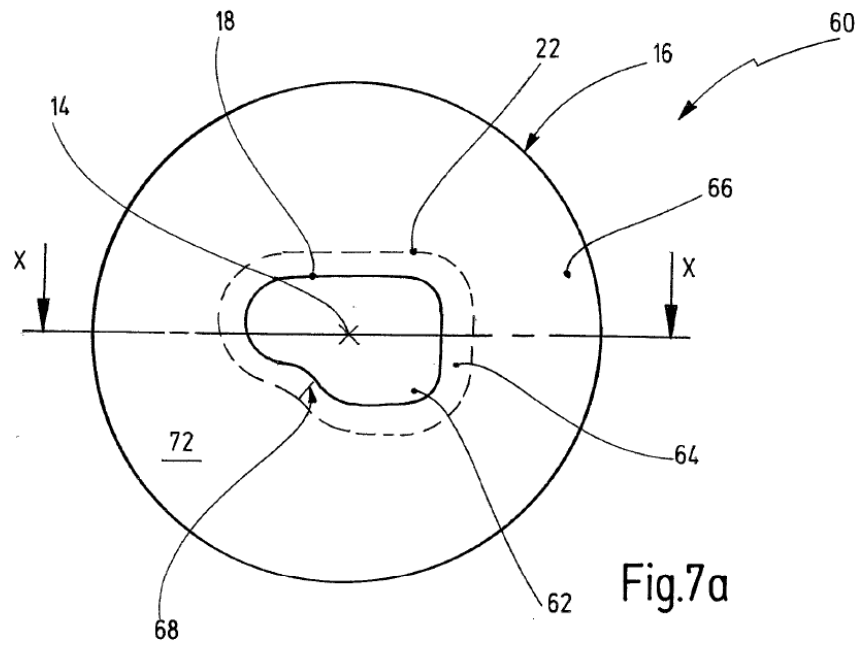


Fig.6



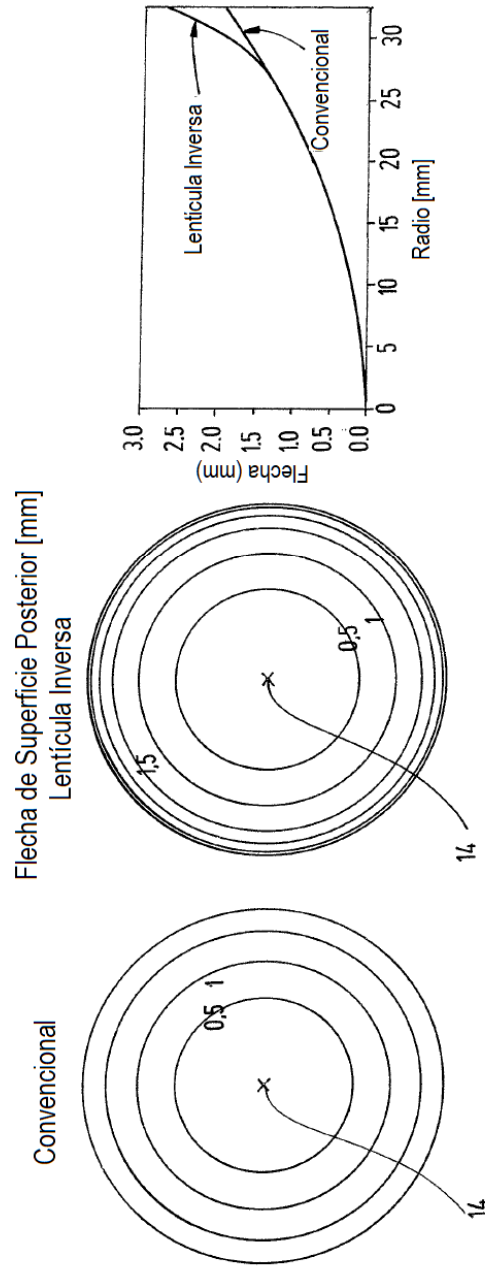


Fig.8a

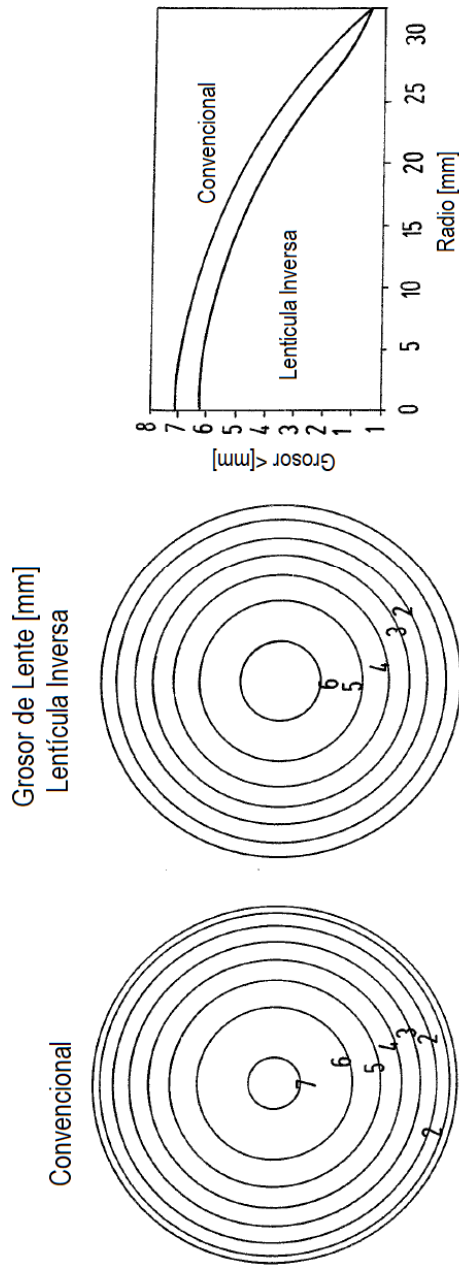


Fig.8b

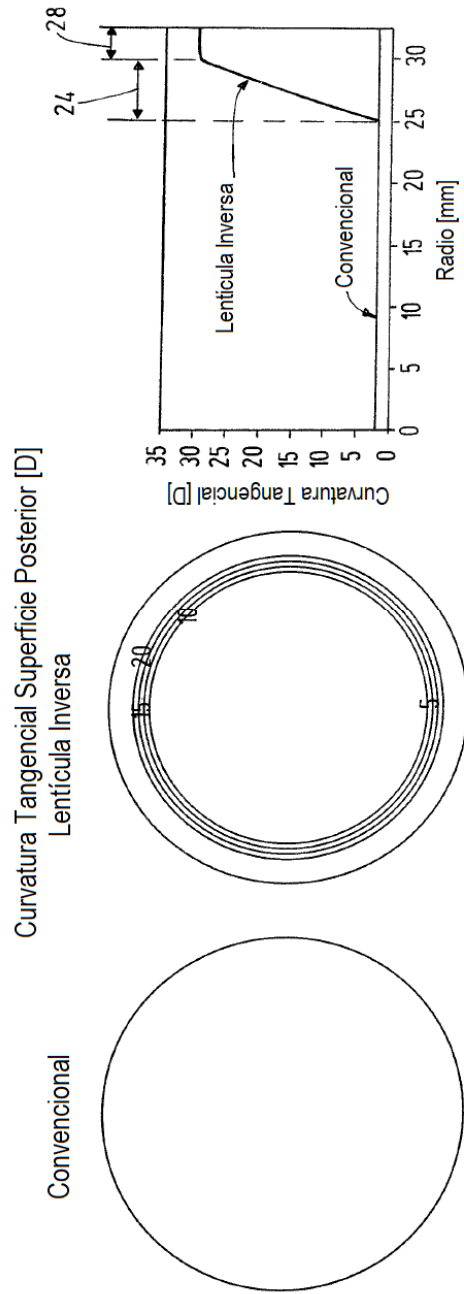
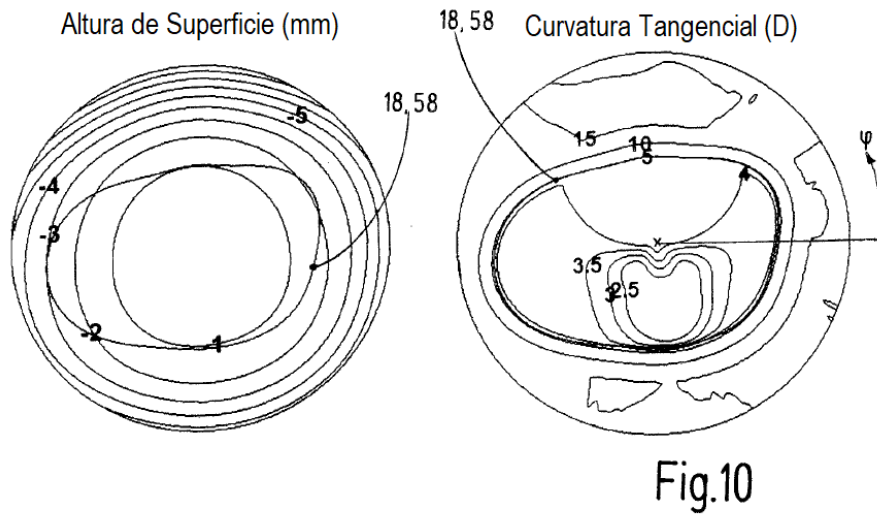
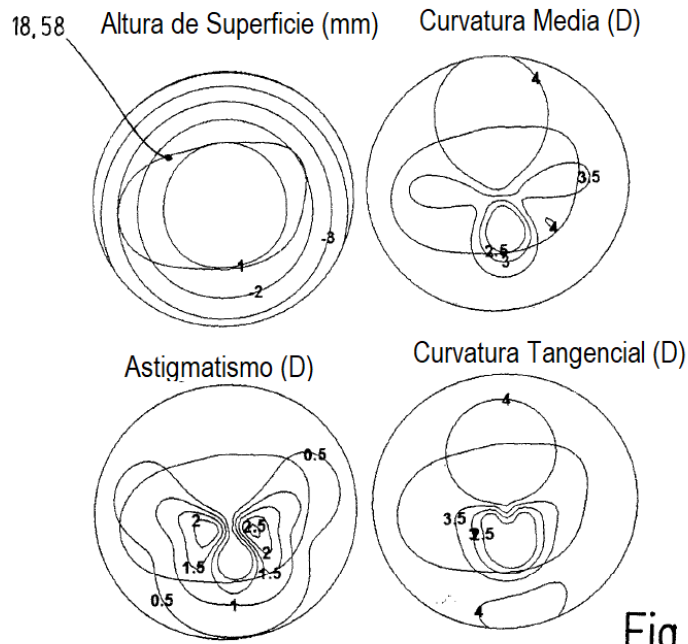


Fig.8c



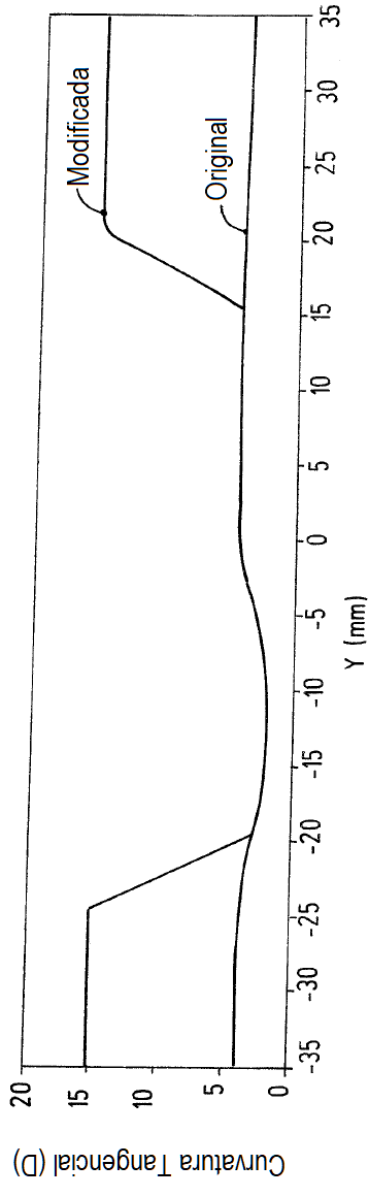


Fig.11

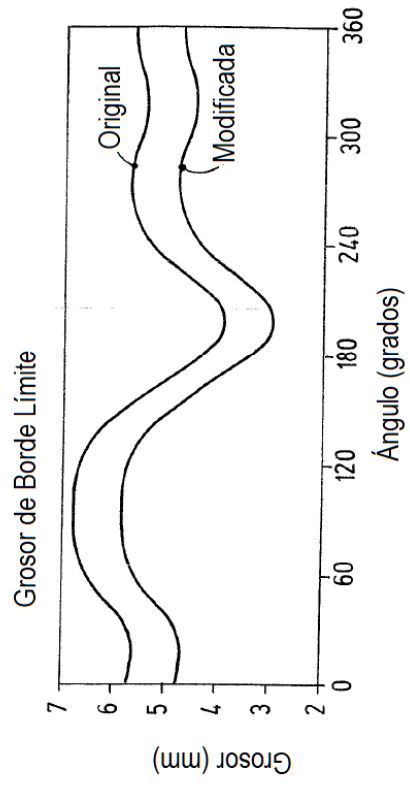


Fig.12



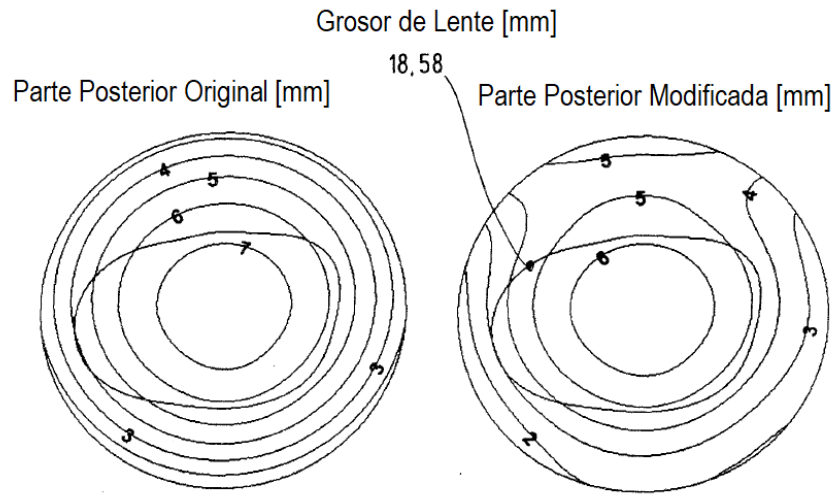


Fig.13

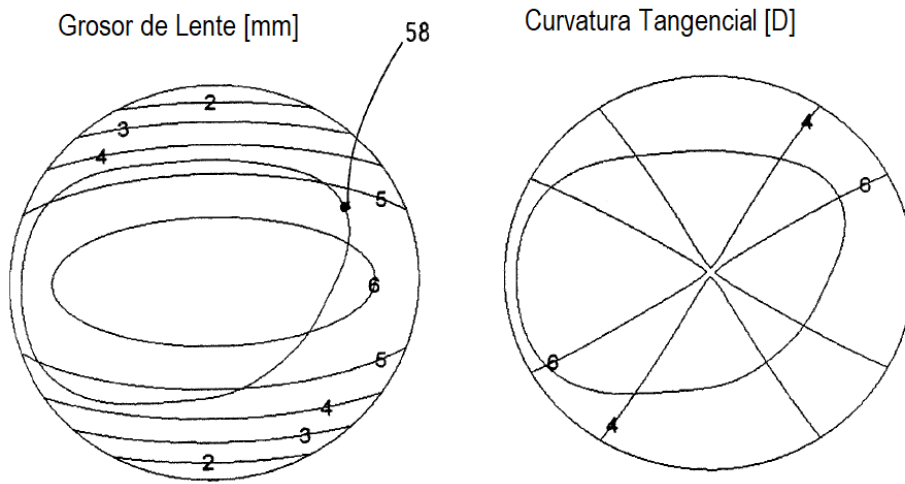


Fig.14

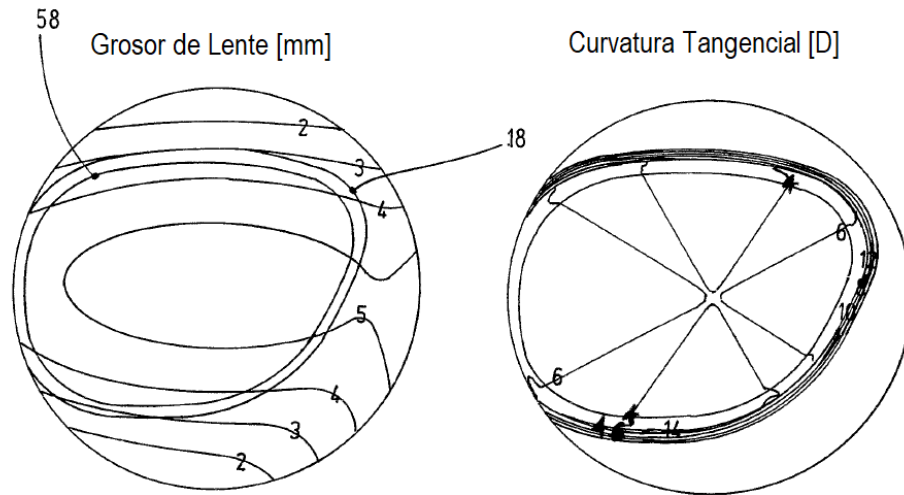


Fig.15

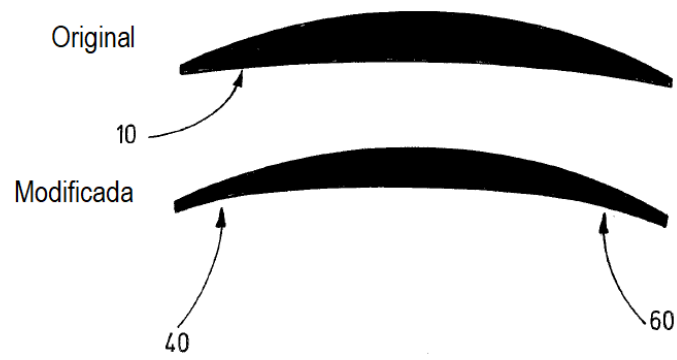


Fig.16

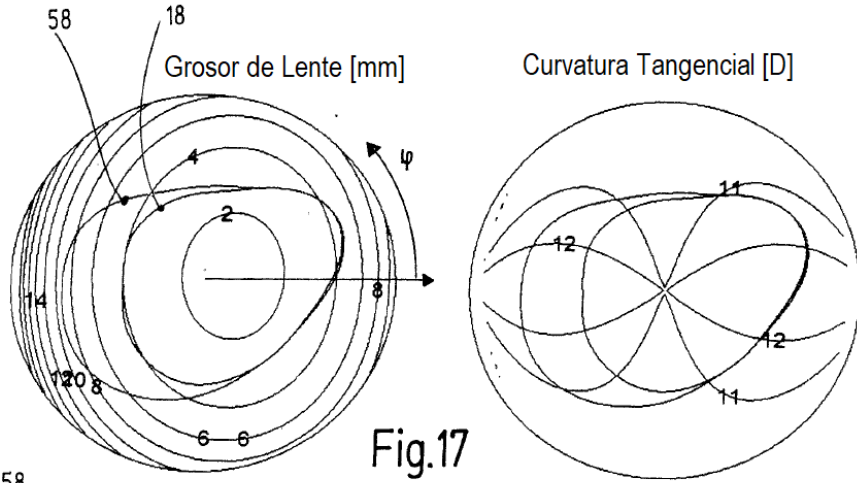


Fig.17

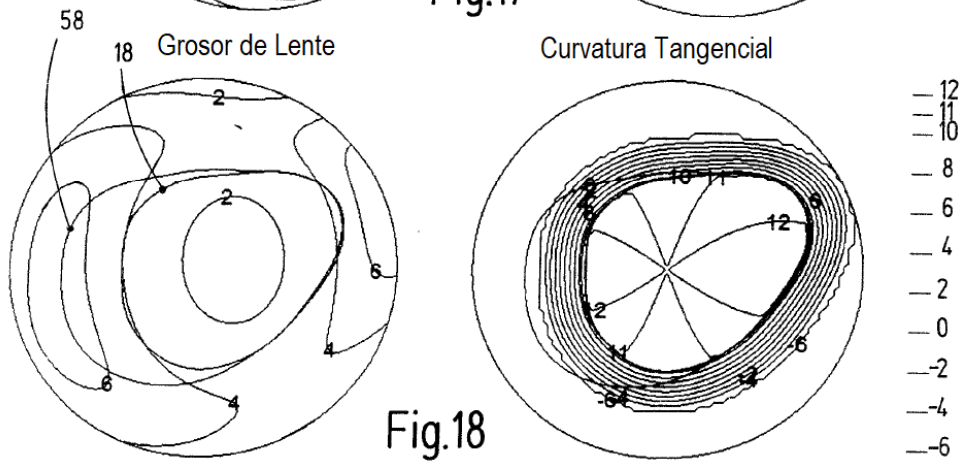


Fig.18

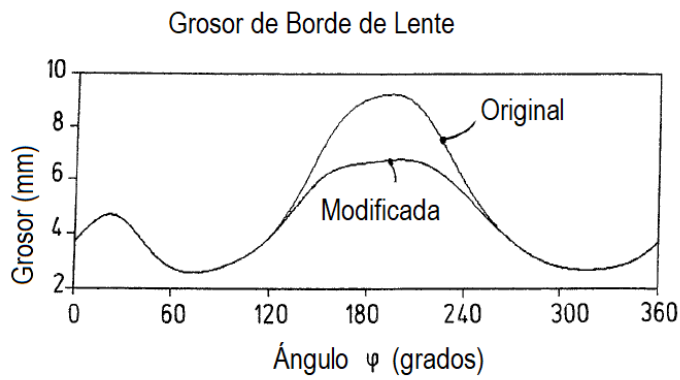


Fig.19

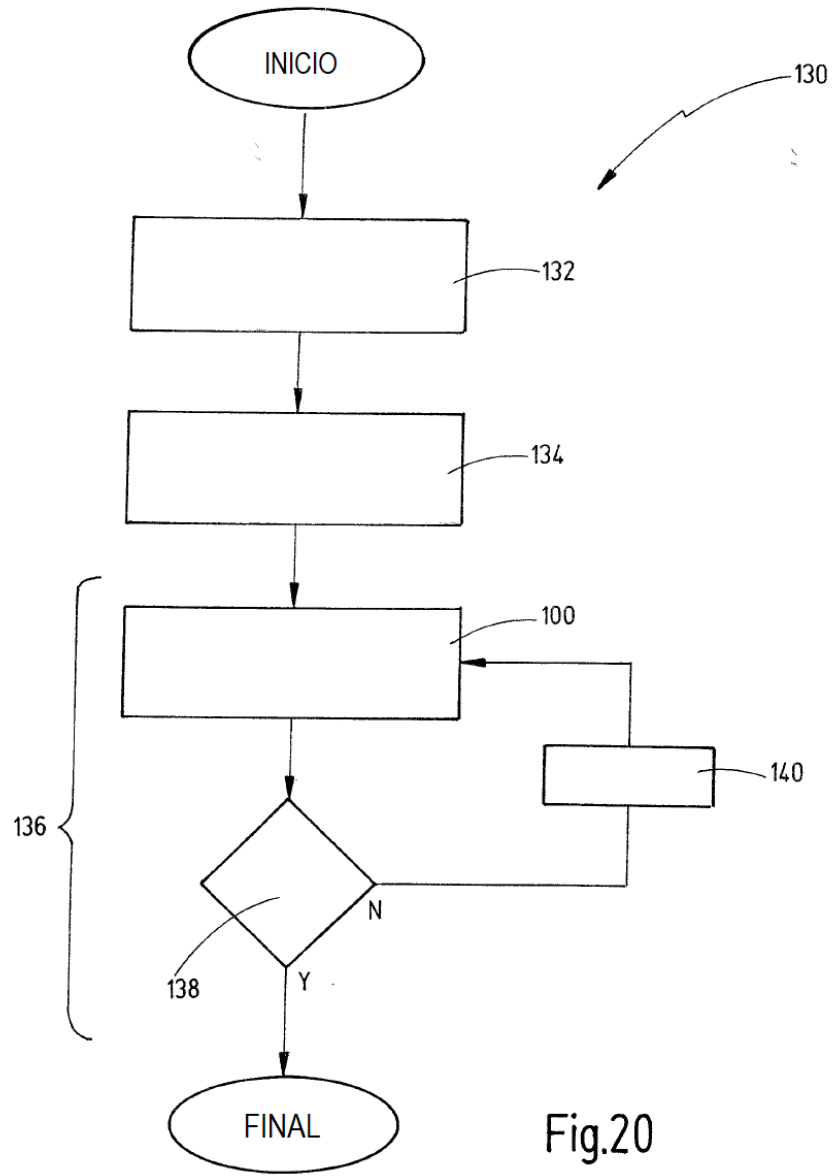


Fig.20

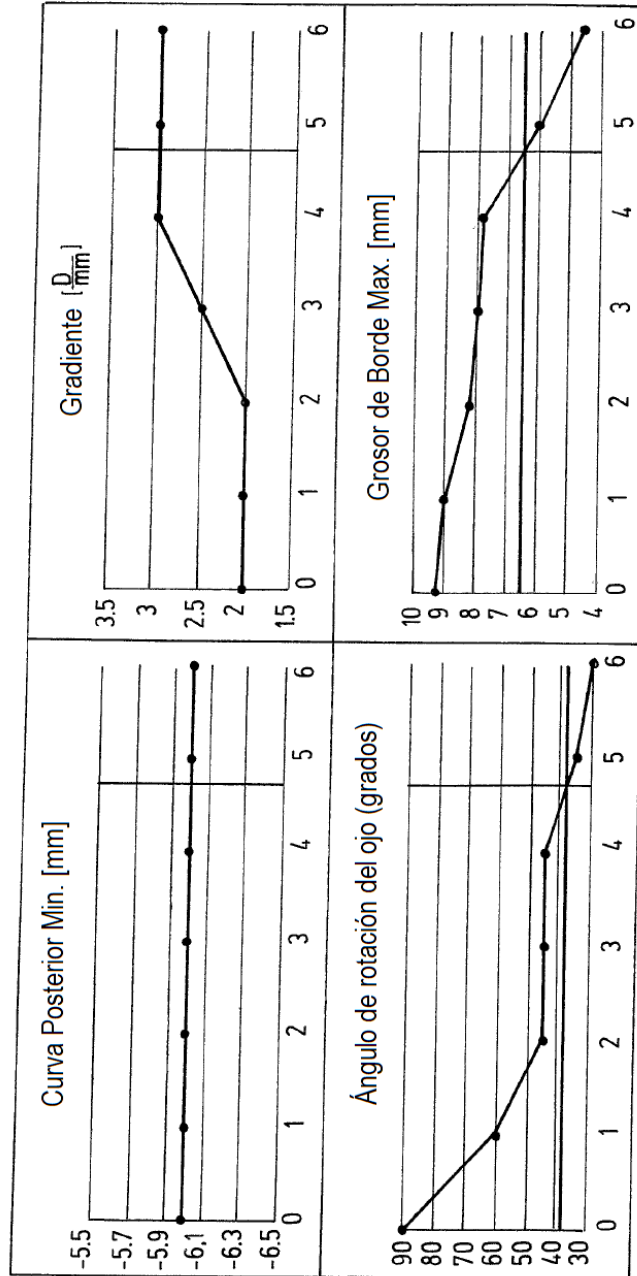


Fig.21

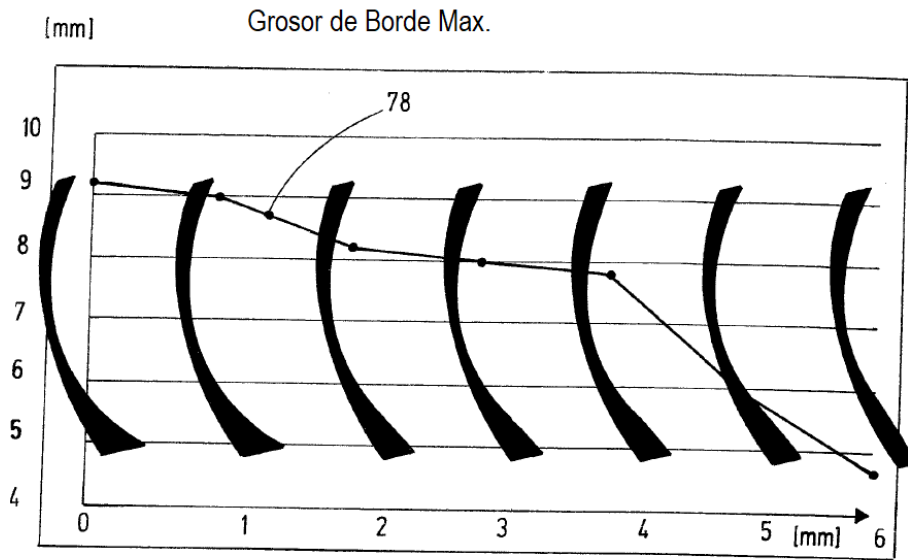


Fig.22

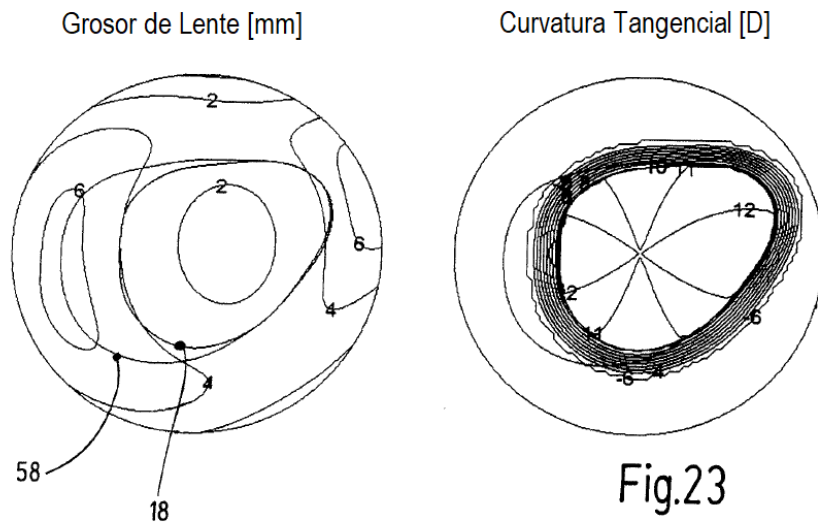


Fig.23

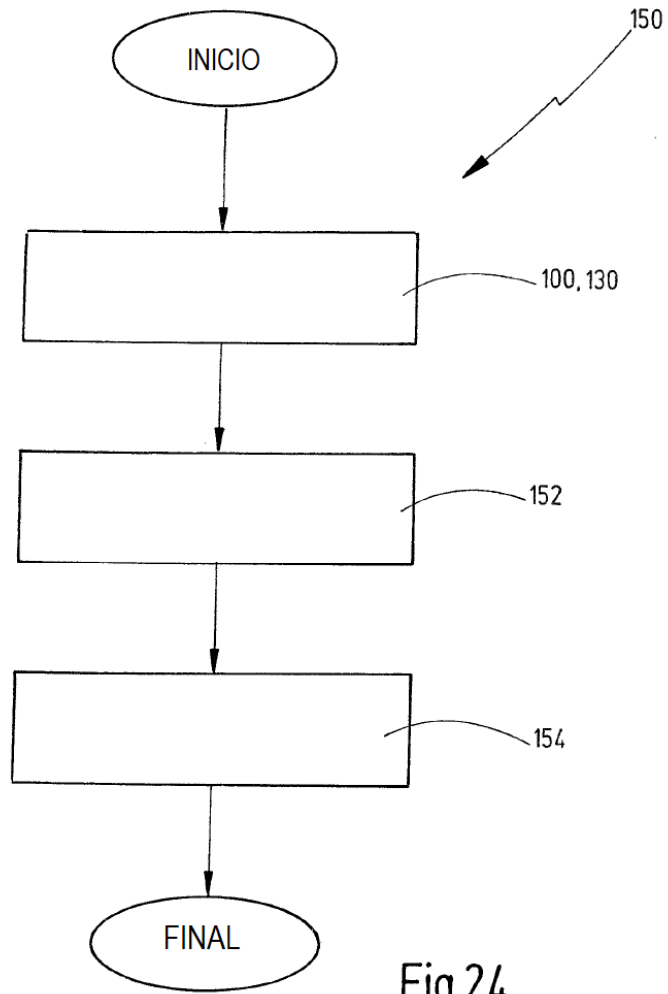


Fig.24