

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 308**

51 Int. Cl.:

G02C 7/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2019 PCT/EP2019/069422**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2020 WO20016378**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2019 E 19740575 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2022 EP 3824343**

54 Título: **Lente de gafas varifocal con índice de refracción espacialmente variable**

30 Prioridad:

20.07.2018 EP 18184779

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

28.11.2022

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH
(100.0%)**

**Turnstrasse 27
73430 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

**KELCH, GERHARD;
MENKE, CHRISTOPH y
WIETSCHORKE, HELMUT**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 929 308 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lente de gafas varifocal con índice de refracción espacialmente variable

5 La invención se refiere a un producto que comprende (a) una lente de gafas progresiva o (b) una representación, que se encuentra en un soporte de datos en forma de datos legibles por computadora, de la lente de gafas progresiva con indicaciones para su producción mediante un procedimiento aditivo según la cláusula precharacterizante de las reivindicaciones 1 a 4, así como un procedimiento implementado por computadora para diseñar una lente de gafas progresiva según la cláusula precharacterizante de la reivindicaciones 7 y 8.

10 Las lentes de gafas progresivas son conocidas y comunes desde hace décadas en la óptica de gafas. Al igual que lentes de gafas multifocales (p. o. lentes bi y trifocales), ponen a disposición de personas con presbicia (presbicia) un efecto óptico adicional en la parte inferior de la lente de gafas para observar objetos cercanos, p. ej., al leer. Éste se requiere dado que la lente de cristalino con edad creciente pierde cada vez más su propiedad de enfocar sobre objetos cercanos. Las lentes de gafas progresivas ofrecen en comparación con estas lentes de gafas multifocales la ventaja de proporcionar un aumento continuo del efecto óptico desde la parte lejana hacia la parte cercana, de modo que se garantiza una visión nítida no solo en la lejanía y la cercanía, sino que también en todas las distancias intermedias.

15 Las lentes de gafas progresivas se producen en general hasta ahora de un material con índice de refracción constante, es decir, el efecto óptico de la lente de gafas se determina solo mediante correspondiente conformación de las dos superficies que lindan en aire (superficie del lado frontal o bien del objeto, así como superficie del lado posterior o bien del ojo) de la lente de gafas. Para crear este aumento continuo del efecto óptico en una lente de gafas progresiva, en al menos una de las dos superficies de lente debe existir un correspondiente cambio continuo de la curvatura de superficie. Las propiedades geométricas diferenciales de superficies, las cuales se pueden diferenciar al menos dos veces constantes, conducen sin embargo de manera inevitable a errores de representación ópticos no deseados en lentes de gafas progresivas de un material con índice de refracción constante.

20 Estas propiedades se pueden atribuir al "teorema de Minkwitz" (Minkwitz, G., "Über den Flächenastigmatismus bei gewissen symmetrischen Asphären.", *Optica Acta*, 10(3), nº 3, julio de 1963, pág. 223-227). Minkwitz declara que en una superficie al menos dos veces diferenciable constante, al lado de una línea de puntos central con curvatura creciente o decreciente constante, el astigmatismo de superficie cambia dos veces más rápido que la curvatura a lo largo de esta línea. En cada uno de los puntos de la superficie, el astigmatismo de superficie es el importe de la diferencia de las curvaturas principales de la superficie en este punto multiplicada por la diferencia de poder refringente delante y detrás de la superficie en el punto de superficie. Para la definición del astigmatismo de superficie y del poder refringente promedio, véase Diepes H., Blendowske R., "Optik und Technik der Brille", 2a edición, Heidelberg 2005, pág. 256.

25 Este astigmatismo de superficie genera en el efecto óptico de la lente de gafas para el portador un desenfoque, el cual el ojo no puede compensar. Con ello, todas las lentes de gafas progresivas que se produjeron según al tipo arriba mencionado, tienen el defecto de errores de representación (astigmatismo residual), al lado de la región llamada "canal de progresión" de la visión nítida en la transición de lejanía a cercanía. Dicho de manera más precisa, la relación entre la subida del poder refringente promedio a lo largo de la línea de puntos central y del astigmatismo de superficie lateral inducido a causa de esto conforme al teorema de Minkwitz, corresponde en gran medida a la relación entre la subida de efecto dióptrico vertical en la lente de gafas progresiva y la subida lateral inducida a causa de esto del error astigmático (astigmatismo residual) para el portador de gafas en el canal de progresión. El canal de progresión es, en este caso, conforme a la norma DIN EN ISO 13666:2012, párrafo 14.1.25, la región de una lente de gafas progresiva que posibilita una visión nítida para distancias que se encuentran entre la lejanía y la cercanía. Bajo subida de efecto dióptrico vertical se entiende la subida del efecto promedio de la lente de gafas para el portador de gafas en la zona de progresión en dirección vertical. En la región cercana, se logra el efecto promedio de la región lejana más la adición prescrita. En cada uno de los puntos de visión a través de la lente de gafas progresiva, para el portador de gafas en la correspondiente dirección de visión a lo largo del rayo principal resulta un efecto de enfoque compuesto por dos poderes refringentes principales. La media aritmética de estos poderes refringentes es el efecto promedio.

30 En el centro del canal de progresión discurre la línea de visión principal, la cual representa la totalidad de todos los puntos de visión a través de la superficie durante el movimiento de visión del ojo sobre puntos de objeto recto delante del portador de gafas desde la lejanía hacia la cercanía. La Fig. 1 ilustra esta relación. El símbolo Δ Add en el dibujo es el gradiente del efecto promedio en dirección de la línea de puntos central. El símbolo Δ Cyl en el dibujo es el gradiente del astigmatismo. El símbolo N hace referencia al recorrido de la línea de puntos central. Bajo astigmatismo debe entenderse en el presente caso la divergencia astigmática del efecto astigmático prescrito para el portador de gafas teniendo en cuenta la posición del eje. El cálculo del efecto promedio y de la divergencia astigmática en un punto de visión a través de la lente de gafas, tiene lugar en la trayectoria de rayos del portador de gafas. Esta trayectoria de

rayos describe el largo de camino óptico a lo largo del rayo principal, que une el punto de objeto mirado por el portador de gafas con el punto de giro del ojo.

Con ello, está dada una relación sencilla entre la subida de efecto en la lente de gafas progresiva y la anchura del canal de progresión, en el cual es posible una visión nítida. Una superación de esta regularidad es muy conveniente, dado que un canal de progresión más ancho significa una mejora notable de la usabilidad de la lente para la visión en distancias medias. Con respecto al teorema de Minkwitz, véase también Diepes H., Blendowske R. "Optik und Technik der Brille", 2a edición, Heidelberg 2005, pág. 257f.

El documento WO 89/04986 A1, se ocupa con la utilización de materiales con índice de refracción variable en lentes de gafas progresivas. En la página 3 menciona tres posibilidades para la utilización de un índice de refracción variable, concretamente

- mediante la variación del índice de refracción se genera o bien intensifica la subida de efecto a lo largo de una línea de visión principal arqueada que sigue o que se encuentra en un plano de la línea adaptada a la línea de visión principal.

Como línea de visión principal se designa, en este caso, aquella línea sobre la superficie frontal de la lente de gafas, la cual une entre sí los puntos de visión principal para la visión en la lejanía y en la cercanía y sobre la que se encuentran los puntos de intersección de los rayos visuales para distancias intermedias en dirección "recta". La línea de visión principal es una línea que discurre aproximadamente perpendicular en la parte lejana y en la cercana y arqueada en la parte intermedia.

- Mediante el índice de refracción variable se suprime total o parcialmente el astigmatismo a lo largo de la línea de visión principal.

- Mediante la utilización de un medio de gradiente se realizan correcciones de errores de representación del lado de meridiano principal.

Si se consideran los tres efectos "subida de efecto a lo largo de la línea de visión principal", "supresión del astigmatismo a lo largo de la línea de visión principal" y "correcciones laterales" principal, parcialmente o no aportados por la variación del índice de refracción, entonces resultan $3^3 = 27$ posibilidades de combinación, las cuales se pueden caracterizar todas matemáticamente.

El objetivo indicado en la página 2 en la penúltima sección del documento WO 89/04986 A1, consiste en que, "es posible, mediante la utilización un índice de refracción variable en la producción de una superficie de lente, lograr ventajas tan grandes, que con propiedades de representación comparables resulta en conjunto una producción simplificada".

En la página 5 del documento WO 89/04986 A1, también se entra brevemente en el teorema de Minkwitz:

"cuando adicionalmente también se reduce el astigmatismo a lo largo del meridiano principal mediante la variación del índice de refracción, así, esto significa que también se suprime la limitación en la configuración de la lente de gafas de que el astigmatismo de superficie a lo largo del meridiano principal o bien de la línea de visión principal deba ser pequeño, de modo que para la lente de gafas de acuerdo con la invención no se somete al teorema de Minkwitz y la lente de gafas se puede configurar considerablemente más económica bajo otros puntos de vista".

En conjunto, en el documento WO 89/04986 A1, se alude a la productibilidad más sencilla y más económica de las lentes de gafas con propiedades de representación comparables. La mención de propiedades de representación mejoradas en la página 12 arriba, queda aproximadamente:

"expresamente, hay que señalar que en la optimización no se atiende a la corrección de errores de representación y que a pesar de todo han resultado lentes con propiedades de representación muy buenas en las regiones laterales. Una mejora adicional de las propiedades de representación en las regiones al lado del meridiano principal se obtiene mediante optimización adicional de la función de índice. En los ejemplos no se pueden reconocer mejoras a los lados del canal de progresión en comparación con lentes convencionales".

El documento WO 99/13361 A1, describe un denominado objeto de lente de "MIV", el cual debe presentar todas las características funcionales de lentes progresivas, concretamente, una parte lejana, una parte cercana y una zona de progresión, cuyas regiones de borde sin embargo deben estar libres de aberraciones astigmáticas. Este documento describe que un objeto de lente de este tipo puede presentar una superficie frontal esférica y una superficie posterior esférica. El objeto de lente debe presentar una zona de progresión con índice de refracción continuamente creciente desde la parte lejana hacia la parte cercana. Con una realización de este tipo, no obstante, no se pueden realizar por lo general todas las adiciones deseadas. El documento expone por ello: "en caso deseado, se puede puentear la región por aditamentos, en caso de que esto no sea posible mediante el único índice de refracción variable, también mediante producción de las lentes con un lingote en bruto de material con índice de refracción variable, como se describe arriba, y formación de curvas con geometría variable como las lentes progresivas convencionales, por lo cual se logra el resultado de que, en comparación con estas últimas, presentan un efecto mucho más alto, dado que la

lente con índice de refracción variable proporciona en las diferentes regiones la adición deseada con utilización de muchas menos curvas diferenciadas entre el efecto de parte lejana y el efecto de parte cercana con una reducción de la superficie de aberración y una ampliación de la superficie de visión útil”.

5 El documento US 2010/238400 A1, describe lentes de gafas progresivas compuestas en cada caso por varias capas. Al menos una de las capas puede presentar un índice de refracción variable, el cual se describe con respecto a dos meridianos que discurren ortogonales uno con respecto a otro. Además de ello, al menos una de las superficies de una de las capas puede presentar una configuración de superficie progresiva. Se describe que el recorrido del índice de refracción en dirección horizontal el cual se puede utilizar mediante la geometría de las superficies para la corrección completa.

10 Yuki Shitanoki et al: “Application of Graded-Index for Astigmatism Reduction in Progressive Addition Lens”, Applied Physics Express, tomo 2, 1 de marzo de 2009, página 032401, describe mediante comparación de dos lentes de gafas progresivas fundidas con ayuda del mismo molde de cáscara, se puede reducir el astigmatismo en una lente de gafas progresiva con un gradiente de índice de refracción con respecto a una lente de gafas progresiva sin un gradiente de índice de refracción.

15 El documento EP 2 177 943 A1, describe un procedimiento para calcular mediante optimización de un sistema óptico, por ejemplo una lente oftalmológica, de acuerdo con al menos un criterio de una lista de un criterios que influyen para la impresión visual de un sujeto de prueba. El documento propone minimizar una función de coste teniendo en cuenta valores objetivo y valores de criterio. Se indica una fórmula general para una función de coste de este tipo. Entre otros, se indican los dos ejemplos:

20 sección [0016]: “en una forma de realización, el sistema óptico de trabajo a ser optimizado comprende al menos dos superficies ópticas y los parámetros modificados son al menos los coeficientes de las ecuaciones de dos superficies ópticas del sistema óptico de trabajo”.

25 Sección [0018]: “en una forma de realización, en la cual el sistema óptico a ser optimizado presenta al menos dos superficies ópticas, la modificación del sistema de procesamiento óptico se opera, de modo que se modifica al menos el índice del sistema óptico de trabajo. Es posible producir una lente de un material no homogéneo, en el cual se encuentra un gradiente en el índice de refracción (conocida como lente de GRIN). Por ejemplo, la distribución del índice que se optimiza, puede ser axial o radial y/o puede depender de la longitud de onda”.

30 El objeto de la presente invención es mejorar notablemente, en comparación con el estado de la técnica, las propiedades de representación de lentes de gafas progresivas. En este caso, deben reducirse y eliminarse en la mayor medida posible, en particular, las limitaciones mediante el teorema de Minkwitz.

35 Este objeto se logra mediante un producto con las características de las reivindicaciones 1 a 4, así como un procedimiento con las características de la reivindicación 8. Realizaciones y perfeccionamientos ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.

40 En concreto, para lograr el objeto se utilizan materiales con índice de refracción (GRIN) variable. Una simplificación de la geometría de superficie precisamente no se pretende, en este caso, a diferencia del documento WO 89/04986 A1.

45 Al contrario, del lado de la invención se ha determinado que, en comparación con el estado de la técnica, se logran mejoras considerables de la calidad de representación solo mediante optimización simultánea de la distribución del índice de refracción y de la configuración de la superficie de forma libre. Esto es válido, en particular, en las regiones a los lados del canal de progresión.

50 La invención está definida en las reivindicaciones.

La divulgación comprende las siguientes alternativas:

(1) El índice de refracción se cambia solo en una primera dimensión espacial y en una segunda dimensión espacial y es constante en una tercera dimensión espacial, no presentando la distribución del índice de refracción en la primera dimensión espacial y en la segunda dimensión espacial una simetría central ni una axial.

(2) El índice de refracción se cambia en una primera dimensión espacial y en una segunda dimensión espacial y en una tercera dimensión espacial. Una distribución del índice de refracción en la primera dimensión espacial y en la segunda dimensión espacial no presenta en todos los planos perpendiculares con respecto a la tercera dimensión espacial una simetría central ni una axial.

(3) El índice de refracción se cambia en una primera dimensión espacial y en una segunda dimensión espacial y en una tercera dimensión espacial. Una distribución del índice de refracción no presenta en absoluto una simetría central ni una axial.

La tercera dimensión espacial en el caso (1) o (2) discurre, en una variante de realización preferida, en una dirección que

- 5 - no difiere en más de 5° de la dirección de visión nula en caso de uso correcto o
- no difiere en más de 10° de la dirección de visión nula en caso de uso correcto o
- no difiere en más de 20° de la dirección de visión nula en caso de uso correcto o
- no difiere en más de 5° de la dirección de visión principal en caso de uso correcto o
- no difiere en más de 10° de la dirección de visión principal en caso de uso correcto o
- no difiere en más de 20° de la dirección de visión principal en caso de uso correcto o
- 10 - no difiere en más de 5° de la dirección del vector normal de la superficie frontal en el centro geométrico de la lente de gafas progresiva o
- no difiere en más de 10° de la dirección del vector normal de la superficie frontal en el centro geométrico de la lente de gafas progresiva o
- no difiere en más de 20° de la dirección del vector normal de la superficie frontal en el centro geométrico de la lente de gafas progresiva o
- 15 - no difiere en más de 5° de la dirección del vector normal en el punto de medición prismático o
- no difiere en más de 10° de la dirección del vector normal en el punto de medición prismático o
- no difiere en más de 20° de la dirección del vector normal en el punto de medición prismático o
- no difiere en más de 5° de la dirección del vector normal en el punto de centrado o
- 20 - no difiere en más de 10° de la dirección del vector normal en el punto de centrado o
- no difiere en más de 20° de la dirección del vector normal en el punto de centrado.

25 El punto de medición prismático es, conforme a la norma DIN EN ISO 13666:2013-10 – 14.2.12 (en una lente de gafas progresiva o un refinado de lente de gafas progresiva) un punto indicado por el fabricante sobre la superficie frontal, en el cual deben determinarse los efectos prismáticos de la lente producida. La definición del punto de centrado se encuentra en la norma DIN EN ISO 13666:2013-10 en la sección 5.20.

30 La superficie de forma libre es según la invención, de manera preferida, una tal en el sentido más estricto conforme a la sección 2.1.2 de la norma DIN SPEC 58194 de diciembre de 2015, concretamente, una superficie de lente de gafas producida en tecnología de forma libre, que se describe matemáticamente en el marco de los límites de la geometría diferencial y no es ni simétricamente central ni axial.

35 Como una mejora considerable, debe considerarse la reducción del astigmatismo residual a los lados del canal de progresión, de modo que crece la anchura del canal de progresión. Esta anchura está definida por una barrera del astigmatismo residual, la cual se percibe como molesta por el portador de gafas. Esta barrera se encuentra normalmente en el rango entre 0,25 dioptrías y 0,50 dioptrías. Además, también puede reducirse el astigmatismo residual máximo en la región intermedia, de manera preferida, a la distancia horizontal de 20 mm de la línea de visión principal.

40 Estas mejoras considerables se logran precisamente también para una lente progresiva, la cual tiene un diseño (óptico) asimétrico, es decir, cuya distribución de los errores residuales astigmáticos y esféricos para el portador de gafas no tiene una simetría axial a través de la lente de gafas completa, condicionada por la adaptación del diseño al movimiento de convergencia del ojo del portador de gafas al mirar a la cercanía.

45 Según la optimización de acuerdo con la invención, resulta una lente de gafas progresiva la cual presenta al menos una superficie de forma libre y una distribución no constante, en general asimétrica, del índice de refracción en la lente.

50 Esta lente de gafas progresiva no puede cumplir los requisitos ópticos del portador de gafas de acuerdo con la prescripción cuando, manteniendo la geometría de las superficies delimitantes, se reemplaza el material de GRIN por un material con índice de refracción constante.

La divulgación comprende:

- a) una lente de gafas progresiva e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva o
- 55 b) una representación, que se encuentra en un soporte de datos en forma de datos legibles por computadora, de la lente de gafas progresiva e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva o
- c) un soporte de datos con una representación virtual de la lente de gafas progresiva en forma de datos legibles por computadora e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva o
- d) una representación de la lente de gafas progresiva en forma de una señal de datos legible por computadora e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva, en donde
- 60 - la lente de gafas progresiva comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable,
- la superficie frontal y/o la superficie posterior tiene o tienen una geometría de superficie de forma libre,

- la lente de gafas progresiva presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía,

- la lente de gafas progresiva cumple los siguientes requisitos ópticos:

5 (1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004

(2) entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía el efecto dióptrico crece de forma constante, monótona

10 (3) hay un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo

(a) 0,25 dioptrías

(b) 0,38 dioptrías

(c) 0,50 dioptrías.

15 En esta alternativa, la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal y/o de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que una lente de gafas progresiva de comparación con la misma geometría pero con índice de refracción espacialmente no variable no cumple al menos uno de los requisitos (1) a (3) ópticos antes mencionados.

20 Bajo la expresión “representación, que se encuentra en un soporte datos, de una lente de gafas progresiva”, se entiende en el marco de la presente invención, p. ej., una representación de la lente de gafas progresiva almacenada en una memoria de una computadora.

25 Las indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva se refieren, en particular, a la posición y la orientación de la lente de gafas progresiva o bien de las gafas, en la cual se utiliza la lente de gafas progresiva, en relación a los ojos y la cara del portador mientras porta las gafas. Las condiciones de uso se pueden indicar, p. ej., mediante el ángulo inclinación hacia delante (DIN ISO 13666:2013-10, sección 5.18), el ángulo de cristal de montura (DIN ISO 13666:2013-10, sección 17.3) y la distancia de vértice de la córnea (DIN ISO 13666:2013-10, sección 5.27). Los valores típicos para el ángulo de inclinación hacia delante se encuentran entre -20 grados y +30 grados, los valores típicos para la distancia de vértice de la córnea se encuentran en el rango entre 5 mm y 20 mm y los valores típicos para el ángulo de cristal de montura se encuentran en el rango de -5 grados a +30 grados. Junto al ángulo de inclinación hacia delante, el ángulo de cristal de montura y la distancia de vértice de la córnea, en las condiciones de uso entran por lo general también la distancia de pupilas de acuerdo con la norma DIN ISO 13666:2013-10, sección 35 5.29, por tanto, la distancia entre los puntos centrales de las pupilas para el caso de que los ojos, en caso de dirección de visión recta, fijen un objeto en el infinito, los datos de centrado, por tanto, las medidas y distancias necesarias para el centrado de la lente de gafas delante del ojo, y el modelo de distancia de objeto, el cual determina para qué distancia de objeto está optimizado un determinado punto sobre la superficie de lente de gafas.

40 Conforme a la norma DIN ISO 13666:2013-10, sección 5.18, el ángulo de inclinación hacia delante es el ángulo en el plano vertical entre la normal con respecto a la superficie frontal de una lente de gafas en cuyo punto central según sistema de cajas y la línea de fijación en posición principal, la cual se considera normalmente como horizontal.

45 Conforme a la norma DIN ISO 13666:2013-10, sección 17.3, el ángulo de cristal de montura es el ángulo entre el plano de montura y el plano de lente derecho o bien izquierdo.

50 Conforme a la norma DIN ISO 13666:2013-10, sección 5.27, la distancia de vértice de la córnea es la distancia entre la superficie posterior de la lente de gafas y el ápex de la córnea medida en dirección de visión perpendicular con respecto al plano de montura.

55 Conforme a la norma DIN ISO 13666:2013-10, sección 17.1, el plano de lente es el plano tangencial con respecto a la superficie frontal de una lente de demostración o de soporte incorporada en la montura de gafas en su punto central de cristal geométrico.

60 Conforme a la norma DIN ISO 13666:2013-10, sección 17.2, el plano de montura es el plano que discurre a través de las dos líneas centrales verticales del plano de cristal derecho y del izquierdo.

La representación de la lente de gafas progresiva puede comprender, en particular, una descripción de la configuración geométrica y del medio de la lente de gafas progresiva. Una representación de este tipo puede comprender, p. ej., una descripción matemática de la superficie frontal, de la superficie posterior, de la disposición de estas superficies una con respecto a otra (incluido el espesor) y de la delimitación de borde de la lente de gafas progresiva, así como distribución de índice de refracción del medio, del cual debe estar compuesta la lente de gafas progresiva. La

representación puede estar presente en forma codificada o incluso cifrada. Bajo medio, aquí se piensa en el o los materiales o bien la materia, de la cual está producida la lente de gafas progresiva. La lente de gafas progresiva puede estar compuesta por varias capas, p. ej., también de un lente delgada con un espesor entre 10 μm y 500 μm y plástico aplicado encima.

5 El efecto dióptrico es, conforme a la sección 9.3 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10, el concepto general para el efecto de enfoque y el prismático de una lente de gafas. Por consiguiente, comprende de manera regular los datos compuestos por el efecto esférico, efecto cilíndrico, posición axial del efecto cilíndrico y adición para el efecto dióptrico, que son necesario para la corrección de la visión defectuosa del portador de gafas. En los puntos de medición, concretamente los puntos de referencia de construcción conforme a la norma DIN EN ISO 13666:2013-10 de la lente de gafas progresiva, los valores de medición, conforme a la norma DIN 8980-2:2004, deben respetar tolerancias establecidas. Esto también tiene que ser válido para los efectos recetados para el portador de gafas en los puntos de referencia. El recorrido de esta subida constante, así como la longitud de progresión se determinan mediante la elección del tipo de lente (diseño de lente) mediante el portador de gafas.

15 Bajo adición (adición cercana) se entiende, conforme a la sección 14.2.1 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10, la diferencia entre el poder refringente de vértice de la parte cercana y el poder refringente de vértice de la parte lejana medida con procedimientos establecidos. La sección 11.1 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10 define una lente de gafas con efecto esférico como una lente de gafas que unifica un haz de luz paraxial, paralelo en un único punto focal. El capítulo 12.1 de la norma establece que una lente de gafas con efecto astigmático como una lente de gafas que unifica un haz de luz paraxial, paralelo en dos líneas focales separadas, que se encuentran perpendiculares una con respecto a otra, y que por ello tiene solo en los dos cortes principales un poder refringente de vértice. Conforme al capítulo 11.2 el poder refringente esférico o bien la esfera es el valor para el poder refringente de vértice del lado de la imagen de una lente de gafas con efecto esférico o el poder refringente de vértice en uno de los dos cortes principales de una lente de gafas con efecto astigmático, en función del corte principal de referencia elegido. El capítulo 12.5 de esta norma define el espesor de cilindro o el cilindro como diferencia astigmática tomada positiva o negativa, en función de qué corte principal se elige como referencia.

30 En una segunda alternativa, la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención también se puede caracterizar como sigue:
para la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención con solo una superficie de forma libre, el índice de refracción de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal puede determinarse sobre la superficie frontal o, dado el caso, sobre la superficie posterior, en la cual en la lente de gafas progresiva el portador de gafas experimenta la mitad de la subida de efecto.

35 Bajo línea de visión principal se entiende la totalidad de los puntos de visión a través de una superficie de lente de gafas durante el movimiento de visión del ojo sobre objetos recto delante del portador de gafas desde la lejanía hacia la cercanía. La línea de visión principal discurre regularmente en el centro del canal de progresión.

40 Con ayuda de este índice de refracción en la línea de visión principal, sobre la superficie de forma libre se puede calcular entonces, por medio del radio de curvatura de la superficie de forma libre, una distribución del astigmatismo de superficie con este índice de refracción constante para la superficie de forma libre.

45 Para una lente de gafas progresiva basada en un sustrato de un material con poder refringente constante según el estado de la técnica, con la misma posición de la superficie de forma libre y la misma superficie opuesta, que se optimizó para el mismo efecto dióptrico y las mismas condiciones de uso y que también presenta la misma distribución de efecto para el portador de gafas, se puede determinar de la misma manera una distribución de astigmatismo de la superficie de forma libre (calculado con el índice de refracción, que también se utilizó para la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención).

50 Condicionada por las propiedades de representación mejoradas en el canal de progresión, la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención presentará entonces valores de astigmatismo de superficie aumentados en una región alrededor de la línea de visión principal en la región intermedia.

55 Estos se encontrarán en al menos 0,25 dpt hasta adición /3 dpt por encima de los correspondientes valores de astigmatismo de superficie de la lente de gafas progresiva según el estado de la técnica, en particular, en caso de que la lente de gafas progresiva según el estado de la técnica tenga divergencias astigmáticas similares para el portador de gafas a lo largo de la línea de visión principal en la parte intermedia.

60 La región de comparación puede tener, en este caso, una dilatación horizontal a ambos lados de la línea de visión principal de hasta 3 mm, 5 mm o incluso 10 mm y comprender vertical al menos la región, en la cual sube el efecto de adición en la línea de visión principal para el portador de gafas entre 0,25 * adición y 0,75 * adición.

Expresado de otra manera, el objeto consiste en un producto que comprende

- a) una lente de gafas progresiva e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva o
 - b) una representación, que se encuentra en un soporte de datos, de la lente de gafas progresiva en forma de datos legibles por computadora e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva o
 - c) un soporte de datos con una representación virtual de la lente de gafas progresiva en forma de datos legibles por computadora e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva o
 - d) una representación de la lente de gafas progresiva en forma de una señal de datos legible por computadora e indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva, en donde
- la lente de gafas progresiva comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, presentando la superficie frontal una geometría de superficie frontal y la superficie posterior una geometría de superficie posterior, en donde
- la geometría de superficie frontal y/o la geometría de superficie posterior es o son geometrías de superficie de forma libre,
- la lente de gafas progresiva presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía,
- la lente de gafas progresiva cumple los siguientes requisitos ópticos:
- (1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004
 - (2) entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía el efecto dióptrico crece de forma constante, monótona
 - (3) hay un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo
 - (a) 0,25 dioptrías
 - (b) 0,38 dioptrías
 - (c) 0,50 dioptrías.

Para el caso en que la superficie frontal de la lente de gafas progresiva tenga una geometría de superficie de forma libre, la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal está modificada, en comparación con una lente de gafas progresiva de comparación con misma geometría de superficie posterior, con mismo recorrido de efecto dióptrico y mismo astigmatismo residual para los recorridos de rayos del portador de gafas a través de la línea de visión principal, en base a las indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva y con un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable, que presenta un valor que corresponde al valor del índice de refracción espacialmente variable del material del sustrato de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico. La geometría de superficie de forma libre modificada de la superficie frontal de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie frontal en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del punto sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie frontal con geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio.

Para el caso en que la superficie posterior de la lente de gafas progresiva tenga una geometría de superficie de forma libre, la geometría de superficie de forma libre de la superficie posterior está modificada, en comparación con una lente de gafas progresiva de comparación con misma geometría de superficie frontal, con mismo recorrido de efecto dióptrico y mismo astigmatismo residual para los recorridos de rayos a través de la línea de visión principal, en base a las indicaciones para el uso de la lente de gafas progresiva y con un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable, que presenta un valor que corresponde al valor del índice de refracción espacialmente variable del material del sustrato de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie posterior, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico. Además, la geometría de superficie de forma libre modificada de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie posterior en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas

progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie posterior con geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio.

Los puntos antes indicados sobre la línea de visión principal corresponden por tanto al lugar de la mitad de la adición.

El primer astigmatismo de superficie determinado mediante cálculo se calcula en base a un índice de refracción constante, que presenta un valor que corresponde al valor del índice de refracción del sustrato en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico. La superficie con la geometría de superficie de forma libre de la lente de gafas progresiva de comparación presenta la misma posición que la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención. Expresado de otra manera: si en la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención, la superficie de forma libre es la superficie frontal, así esto también es válido para la lente de gafas progresiva de comparación. Si en la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención, la superficie de forma libre es la superficie posterior, así esto también es válido para la lente de gafas progresiva de comparación.

La lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención y la lente de gafas progresiva de comparación deben presentar, además de ello, también una superficie opuesta a la superficie de forma libre con geometría coincidente.

También el recorrido de efecto dióptrico a lo largo de la línea de visión principal debe ser igual en la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención y la lente de gafas progresiva de comparación.

El índice de refracción o bien índice refractivo de la lente de gafas progresiva de comparación debe corresponder precisamente al valor, el cual se utilizó para el cálculo del astigmatismo de la superficie libre de la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención. Por consiguiente, el índice de refracción debe presentar un valor, que corresponda al valor del índice de refracción del sustrato en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal (cuando la superficie frontal es una superficie de forma libre) o sobre la superficie posterior (cuando la superficie posterior es una superficie de forma libre), en el cual la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable es la mitad de toda la subida de efecto dióptrico.

El objeto antes indicado se logra completamente mediante el objeto de las reivindicaciones.

Una optimización de la lente de acuerdo con la invención puede partir en este caso, p. ej., de un diseño de una lente de gafas progresiva optimizada existente según el estado de la técnica con índice de refracción constante para la prescripción concreta, las condiciones de uso concretas (inclinación hacia delante, ángulo de cristal de montura, distancia de vértice de la córnea, centrado, ...) y del espesor concreto de esta lente.

Como diseño se hace referencia aquí a la distribución de los errores residuales esféricos y astigmáticos para el portador de gafas a través de toda la lente. Para esta lente de gafas progresiva se puede determinar una línea de visión principal conforme a la definición indicada al principio de la descripción, para la cual se pueden lograr, en particular, en la parte intermedia errores residuales astigmáticos bajos. La parte intermedia es toda la región de transición entre parte lejana (región para la visión en la lejanía, véase la sección 14.1.1 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10) y la parte cercana (región para la visión en la cercanía, véase la sección 14.1.3 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10). La norma DIN EN ISO 13666:2013-10 define en la sección 14.1.2 como parte intermedia la parte de una lente de gafas progresiva trifocal, que tiene el efecto dióptrico para la visión a una distancia, la cual se encuentra entre lejanía y cercanía. En el presente caso se amplía esta definición.

No obstante, los errores residuales astigmáticos junto a la línea de visión principal aumentarán en dirección horizontal (condicionados por la subida de efecto dióptrico en dirección vertical) debido al teorema de Minkwitz.

El objetivo de la invención es reducir estos errores esféricos y astigmáticos, en particular, los errores astigmáticos junto a la línea de visión principal (es decir, en la región central de la parte intermedia).

Partiendo de este diseño se puede generar un nuevo diseño objetivo, que incluye la distribución hasta ahora de los errores esféricos y astigmáticos, los cuales sin embargo se reducen especialmente en la parte intermedia central. De manera preferida, en este caso, se reducen los errores residuales astigmáticos en una región alrededor de la línea de visión principal (p. ej., la región con una distancia de 5, 10 a 20 mm de la línea de visión principal), p. ej., al multiplicarlos con un factor de 0,5 a 0,8 para llegar a un diseño objetivo mejorado.

El diseño objetivo puede determinarse, p. ej., también mediante la especificación de errores residuales ópticos, en particular, esféricos y astigmáticos, en un muchos puntos, los cuales están distribuidos a través de la superficie frontal de toda la lente. En este caso, puede haber determinaciones para las distancias de los objetos, para las cuales los efectos o bien los errores residuales esféricos y astigmáticos se determinan para el portador de gafas al mirar a través de la lente. Además de ello, puede haber especificaciones para curvaturas de superficie en otros puntos sobre la superficie progresiva, requisitos de espesor (en particular, en el centro geométrico y en el borde de la lente progresiva) y requisitos prismáticos en otros puntos.

A cada una de estas especificaciones v_{ij} ópticas y geométricas se le puede asociar en cada uno de los puntos P_i mencionados una ponderación w_{ij} individual. Si se determina para una lente de partida (p. ej., la lente progresiva optimizada para el índice de refracción constante) los errores residuales, las curvaturas de superficie, los efectos prismáticos y los espesores r_{ij} para la especificación ij en el punto P_i , de esta manera, se puede determinar un error G total

$$G = \sum_i \sum_j (w_{ij} * (r_{ij} - v_{ij}))^2$$

Este valor G de función dependiente de las propiedades de lente ópticas y geométricas se puede minimizar por medio de métodos matemáticos conocidos mediante cambio simultáneo de la geometría de superficie y de la distribución de índice de refracción. De esta manera, se obtiene una lente progresiva con propiedades mejoradas con respecto a los requisitos antes establecidos.

Alternativamente, para la optimización de la lente progresiva con un material con índice de refracción variable también se puede utilizar el diseño objetivo original, es decir, el diseño objetivo que se utilizó para la optimización de la lente con índice de refracción constante. En este caso, se pueden utilizar o bien también cambiar las ponderaciones utilizadas en la optimización con el diseño original. En particular, se puede aumentar la ponderación para los errores residuales astigmáticos y esféricos en el canal de progresión o bien se puede reducir las especificaciones objetivo para los errores residuales astigmáticos o esféricos, para lograr propiedades mejoradas de la lente progresiva en la región de progresión. Un aumento de la ponderación en el canal de progresión es en este caso solo útil, en caso de que los errores astigmáticos y esféricos de la lente optimizada con un material con índice de refracción constante ya no coincidan con las especificaciones del diseño objetivo (nuevo).

En caso de que el diseño original ya se aceptó por el portador de gafas, se obtiene con estas especificaciones en cualquier caso un diseño aceptable para el portador de gafas, dado que se redujeron los errores residuales ópticos con el nuevo diseño. En conjunto, se logra un nuevo diseño objetivo mejorado, que no se puede lograr con un material con índice de refracción constante, sin embargo, con este diseño objetivo y mediante optimización simultánea de la configuración de las superficies de forma libre y de la distribución del índice de refracción para un material con índice de refracción no constante, se puede lograr un diseño de lente progresiva mejorado, el cual, en particular, presenta un canal de progresión más ancho, errores residuales astigmáticos máximos más bajos en la región intermedia y, con ello, también una distorsión más baja en la región intermedia.

El procedimiento implementado por computadora de acuerdo con la invención para diseñar una lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención, la cual comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, la cual está compuesta de un material con índice de refracción espacialmente variable, cuya superficie frontal y/o cuya superficie posterior tiene o tienen una geometría de superficie de forma libre, la cual presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía y la cual cumple los siguientes requisitos ópticos:

(1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004

(2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico prescrito entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía sobre una línea de visión principal

(3) un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo

(a) 0,25 dioptrías

(b) 0,38 dioptrías

(c) 0,50 dioptrías,

está caracterizado porque

(i) la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal y/o de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera una lente de gafas progresiva de comparación con la misma geometría pero basada en un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable no cumple al menos uno de los requisitos (1) a (3) ópticos y, en comparación con la lente de gafas progresiva de comparación, existe una reducción del astigmatismo residual a los lados del canal de progresión,

de tal manera que crece la anchura del canal de progresión, estando definida esta anchura por una barrera del astigmatismo residual en el rango entre 0,25 dioptrías y 0,50 dioptrías o que

(ii) la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal y/o de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie con la geometría de superficie de forma libre en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie con geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, y presentando la lente de gafas progresiva de comparación una misma posición de la superficie con geometría de superficie de forma libre y una misma geometría de la superficie opuesta, un mismo recorrido de efecto dióptrico a lo largo de la línea de visión principal y presentando el índice de refracción un valor que corresponde al valor del índice de refracción del sustrato en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato de material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico.

El objeto antes indicado se logra completamente mediante estas dos alternativas.

La invención también se refiere a un procedimiento para producir una lente de gafas progresiva según uno de los productos antes descritos o de una lente de gafas progresiva diseñada con utilización de un procedimiento del tipo antes descrito mediante un proceso aditivo.

Los procedimientos aditivos son procedimientos, en los cuales la lente de gafas progresiva se construye de forma secuencial. En particular, en este contexto es conocido que, en particular, denominados fabricantes digitales ofrecen posibilidades de producción para prácticamente cualquier estructura, las cuales no se pueden, o solo difícilmente, realizar con procedimientos abrasivos clásicos. Dentro de la categoría de máquinas de los fabricantes digitales, las impresoras 3D representan la clase parcial más importante de los fabricantes constructivos aditivos, por tanto, acumulativos. Las técnicas más importantes de la impresión 3D son la fusión selectiva por láser (SLM) y la fusión por haz de electrones para metales y el sinterizado selectivo por láser (SLS) para polímeros, cerámica y metales, la esterolitografía (SLA) y el procesado digital de luz para resinas sintéticas líquidas y el modelado de inyección múltiple o polyjet (p. ej., impresoras de inyección), así como el modelado por deposición fundida (FDM) para plásticos y parcialmente resinas sintéticas. También es conocida una construcción con ayuda de nanocapas, como se describe, p. ej., bajo <http://peaknano.com/wp-content/uploads/PEAK-1510-GRINOptics-Overview.pdf>, descargado el 12/1/2017.

Los materiales de partida para la producción por medio de impresión 3D, así como posibilidades para el propio procedimiento de producción 3D se extraen, p. ej., de la solicitud de patente europea nº 16195139.7.

Un perfeccionamiento de la invención consiste en un procedimiento para producir una lente de gafas progresiva que comprende un procedimiento para diseñar una lente de gafas progresiva como se describe arriba y fabricación de la lente de gafas progresiva según el diseño.

La fabricación de la lente de gafas progresiva según el diseño puede tener lugar, de acuerdo con la invención, mediante un procedimiento aditivo.

Otro perfeccionamiento de la invención consiste en una computadora con un procesador, el cual está configurado para ejecutar un procedimiento para diseñar una lente de gafas progresiva según el tipo arriba descrito,

A continuación, la invención se describe más en detalle mediante el dibujo. Muestran:

la Figura 1, una gráfica con una distribución de astigmatismo residual iso de una lente de gafas progresiva con un sustrato de un material con índice de refracción constante para la demostración del teorema de Minkwitz (estado de la técnica)

la Figura 2, propiedades ópticas de una lente de gafas progresiva con un sustrato de un material con índice de refracción constante de $n = 1,60$ (estado de la técnica)

- a) efecto promedio
- b) astigmatismo residual
- c) poder refringente de superficie promedio
- d) astigmatismo de superficie

la Figura 3, propiedades ópticas de una lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención con un sustrato de un material con índice de refracción variable

- a) efecto promedio
- b) astigmatismo residual
- c) poder refringente de superficie promedio relacionado con un índice de refracción de $n =$

1,60

- d) astigmatismo de superficie relacionado con un índice de refracción de $n = 1,60$
 - e) distribución de índice de refracción
 - f) coeficientes de Fringe-Zernike de la distribución de índice de refracción
- la Figura 4, propiedades ópticas de una lente de gafas progresiva de comparación con la misma geometría que la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención según la Figura 3, calculadas en base a un sustrato de un material con índice de refracción constante de $n = 1,60$
- a) efecto promedio
 - b) astigmatismo residual

En el ejemplo de realización descrito a continuación se parte de los siguientes requisitos:

- efecto esférico: Sph = 0,00 D
- efecto cilíndrico: Zyl = 0,00 D
- adición cercana: Add = 2,50 D
- longitud de progresión = 14mm
- inclinación hacia delante: 9 grados
- ángulo de cristal de montura: 5 grados
- distancia al punto de giro del ojo: 25,5 mm
- distancia de objeto de cercanía: 380 mm
- superficie frontal esférica con radio R: 109,49 mm
- cara posterior de superficie de forma libre
- espesor en el centro 2,55 mm

La Figura 2 muestra propiedades ópticas de una lente de gafas progresiva con un sustrato de un material con índice de refracción constante de $n = 1,60$ según el estado de la técnica. De la Figura 2a) se extrae el efecto promedio. El portador de gafas obtiene al mirar horizontal recto (es decir, para un punto de visión a través de la lente de 4 mm por encima del centro geométrico) un efecto promedio de 0 dpt y al mirar a través del punto 11 mm por debajo del centro geométrico y -2,5 mm horizontal en dirección nasal un efecto promedio de 2,50 dpt. Es decir, en una longitud de 15 mm, por consiguiente, el efecto de lente aumenta en aprox. 2,50 dpt.

El recorrido de astigmatismo residual mostrado en la Figura 2b) de la lente de gafas progresiva según el estado de la técnica, muestra la subida esperada del astigmatismo residual conforme al teorema de Minkwitz en dirección perpendicular con respecto a la línea de visión principal. En el ejemplo mostrado, resultan los siguientes valores para la anchura de la región con astigmatismo residual < 1dpt (canal de progresión):

- con 0,25 * adición: 6,1 mm
- con 0,50 * adición: 4,6 mm
- con 0,75 * adición: 5,0 mm

En el dibujo esto corresponde a los valores-y de -0,5 mm, -4 mm, -7,5 mm. La línea de visión principal está marcada en el dibujo.

La Figura 2c) muestra la distribución del poder refringente de superficie promedio de la superficie posterior configurada como superficie de forma libre. La curvatura de superficie decrece constante desde arriba hacia abajo, el poder refringente de superficie promedio sube de -5,50 dpt con $y =$ aprox. 2 mm a -3,50 dpt con $y = -15$ mm.

La distribución del astigmatismo de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva según el estado de la técnica, que se puede extraer de la Figura 2d), corresponde aquí justo al astigmatismo residual de la lente: astigmatismo que desaparece en la parte lejana y en el canal de progresión, a los lados del canal de progresión subida más rápida del astigmatismo.

Una lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención se caracteriza entonces mediante las propiedades ópticas descritas a continuación y representadas en las Figuras 3a) a 3f).

De la Figura 3a) se extrae la distribución del efecto promedio, la cual corresponde a la distribución del efecto promedio de la lente de gafas progresiva según el estado de la técnica, representada en la Figura 2a). En particular, se extrae de las Figuras 2a) y 3a), que la subida de efecto a lo largo de la línea de visión principal es igual en la región de progresión.

El recorrido de astigmatismo residual mostrado en la Figura 3b) muestra una subida del astigmatismo residual en dirección perpendicular con respecto a la línea de visión principal, el cual cae de forma considerablemente más baja

en la lente de gafas progresiva de GRIN de acuerdo con la invención que según el estado de la técnica. En el ejemplo mostrado, resultan los siguientes valores para la anchura de la región con astigmatismo residual < 1dpt (canal de progresión):

- 5 con 0,25 * adición: 7,3 mm
- con 0,50 * adición: 6,0 mm
- con 0,75 * adición: 6,5 mm

En el dibujo esto corresponde a los valores-y de -0,5 mm, -4 mm, -7,5 mm.

10 La propagación de canal comparada con la lente con índice de refracción constante asciende, por tanto, por todos lados a al menos 1,2 mm, lo que corresponde a una propagación de al menos el 20%.

15 La Figura 3c) muestra el poder refringente de superficie promedio relacionado con un índice de refracción de $n = 1,60$ de la superficie de forma libre del lado posterior y la Figura 3d) muestra el astigmatismo de superficie relacionado con un índice de refracción de $n = 1,60$ de la superficie de forma libre del lado posterior. Para posibilitar una comparación de las curvaturas promedio con la Figura 2c) y del astigmatismo de superficie con la Figura 2d), en el cálculo no se utilizó el material de GRIN, sino un material con el índice de refracción $n = 1,600$.

20 La comparación de las Figuras 2c) y 2d) con las Figuras 3c) y 3d) muestra que la configuración de la superficie de forma libre ha cambiado notablemente: tanto la distribución del poder refringente de superficie promedio al igual que también la distribución del astigmatismo de superficie (calculado con $n = 1,600$), ya no permiten reconocer un canal de progresión típico. A partir de la forma de superficie solo, no se puede reconocer en la lente de gafas progresiva de GRIN de acuerdo con la invención, que se trata de una lente progresiva: el astigmatismo no desaparece en la parte lejana ni en el canal de progresión.

25 La Figura 3e) muestra la distribución de índice de refracción de la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención. Ésta se caracteriza dado que no presenta simetría central ni axial. El índice de refracción mínimo de 1,55 aparece en la región superior lateral, el índice de refracción máximo de 1,64 en la región inferior. La distribución de índice de refracción es invariable en la dirección perpendicular con respecto al plano representado, por tanto, solo cambia en dos dimensiones espaciales.

30 La ecuación

$$n = 1,60 + \sum_{n=1}^{36} c_n Z_n(x, y)$$

35 representa una expansión en serie de Fringe-Zernike de la distribución de índice de refracción de la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención. $Z_n(x,y)$ designa los polinomios de Fringe-Zernike en coordenada cartesianas. De la Figura 3f) se extraen los coeficientes de Fringe-Zernike de la distribución de índice de refracción de la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención según el ejemplo.

40 Para la comparación, las Figura 4a) y 4b) muestran propiedades ópticas de una lente de gafas progresiva de comparación con la misma geometría que la lente de gafas progresiva de acuerdo con la invención según la Figura 3, calculadas en base a un sustrato de un material con índice de refracción constante de $n = 1,60$.

45 Las distribuciones mostradas en las Figuras 4a) y 4b) de efecto promedio y astigmatismo residual, no solo presentan propiedades necesarias para una lente de gafas progresiva útil, en particular, no para las condiciones de uso aquí descritas ni de la corrección óptica necesaria para el portador de gafas. Como se puede extraer de la Figura 4b), ya en la región lejana existe un astigmatismo residual de al menos 0,75 dpt. Con ello, está lente de gafas progresiva no es adecuada para el portador de gafas con emetropía aquí considerado. El efecto de parte cercana de 2,5 dpt no se alcanza en lugar alguno, como se puede extraer de la Figura 4a). Además de ello, el astigmatismo residual asciende en una región grande la parte cercana a más de 1 dpt, como muestra la Figura 4b).

REIVINDICACIONES

1. Producto que comprende una lente de gafas progresiva, en donde
- la lente de gafas progresiva comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, presentando la superficie frontal una geometría de superficie frontal y la superficie posterior una geometría de superficie posterior, en donde
 - la geometría de superficie frontal y/o la geometría de superficie posterior es o son una geometría de superficie de forma libre, en donde
 - la lente de gafas progresiva presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía, en donde
 - la lente de gafas progresiva cumple los siguientes requisitos ópticos
 - (1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004
 - (2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía sobre una línea de visión principal
 - (3) un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo
 - (a) 0,25 dioptrías
 - (b) 0,38 dioptrías
 - (c) 0,50 dioptrías,
 caracterizado porque
 - (i) la geometría de superficie frontal y la geometría de superficie posterior están configuradas, de tal manera que suponiendo un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable de entre 1,5 y 1,8 no se cumple al menos uno de los requisitos (1) a (3) ópticos y que aunque la variación espacial realmente presente del índice de refracción del material del sustrato de la lente de gafas progresiva está configurada de tal manera que se cumplen todos los requisitos (1) a (3) ópticos y, en comparación con la suposición de un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable de entre 1,5 y 1,8, existe una reducción del astigmatismo residual a los lados del canal de progresión, de tal manera que crece la anchura del canal de progresión, estando definida esta anchura por una barrera del astigmatismo residual en el rango entre 0,25 dioptrías y 0,50 dioptrías.
2. Producto que comprende una representación, que se encuentra en un soporte de datos en forma de datos legibles por computadora, de la lente de gafas progresiva con indicaciones para su producción mediante un procedimiento aditivo o una representación de la lente de gafas progresiva con indicaciones para su producción mediante procedimiento aditivo en forma de una señal de datos legible por computadora, en donde
- la lente de gafas progresiva comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, presentando la superficie frontal una geometría de superficie frontal y la superficie posterior una geometría de superficie posterior, en donde
 - la geometría de superficie frontal y/o la geometría de superficie posterior es o son una geometría de superficie de forma libre, en donde
 - la lente de gafas progresiva presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía, en donde
 - la lente de gafas progresiva cumple los siguientes requisitos ópticos
 - (1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004
 - (2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía sobre una línea de visión principal
 - (3) un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo
 - (a) 0,25 dioptrías
 - (b) 0,38 dioptrías
 - (c) 0,50 dioptrías,
 caracterizado por que
 - (i) la geometría de superficie frontal y la geometría de superficie posterior están configuradas, de tal manera que suponiendo un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable de entre 1,5 y 1,8 no se cumple al menos uno de los requisitos (1) a (3) ópticos y que aunque la variación espacial realmente presente del índice de refracción del material del sustrato de la lente de gafas progresiva está configurada de tal manera que se cumplen todos los requisitos (1) a (3) ópticos y, en comparación con la suposición de un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable de entre 1,5 y 1,8, existe una reducción del astigmatismo residual a los lados del canal de progresión, de tal manera que crece la anchura del canal de progresión, estando definida esta anchura por una barrera del astigmatismo residual en el rango entre 0,25 dioptrías y 0,50 dioptrías.

3. Producto que comprende una lente de gafas progresiva, en donde

- la lente de gafas progresiva comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, presentando la superficie frontal una geometría de superficie frontal y la superficie posterior una geometría de superficie posterior, en donde

- la geometría de superficie frontal o la geometría de superficie posterior es una geometría de superficie de forma libre, en donde

- la lente de gafas progresiva presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía, en donde

- la lente de gafas progresiva cumple los siguientes requisitos ópticos

(1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004

(2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía sobre una línea de visión principal

(3) un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo

(a) 0,25 dioptrías

(b) 0,38 dioptrías

(c) 0,50 dioptrías,

caracterizado por que

(ii) para el caso en que la superficie frontal de la lente de gafas progresiva tenga una geometría de superficie de forma libre, la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal está modificada, en comparación con una lente de gafas progresiva de comparación con misma geometría de superficie posterior, con mismo recorrido de efecto dióptrico y mismo astigmatismo residual, para las trayectorias de rayos de las gafas a través de la línea de visión principal y con un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable, que presenta un valor que corresponde al valor del índice de refracción espacialmente variable del material del sustrato de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico, y la geometría de superficie de forma libre modificada de la superficie frontal de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie frontal en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie frontal con geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, o que

(iii) para el caso en que la superficie posterior de la lente de gafas progresiva tenga una geometría de superficie de forma libre, la geometría de superficie de forma libre de la superficie posterior está modificada, en comparación con una lente de gafas progresiva de comparación con misma geometría de superficie frontal, con mismo recorrido de efecto dióptrico y mismo astigmatismo residual, para las trayectorias de rayos del portador de gafas a través de la línea de visión principal y con un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable, que presenta un valor que corresponde al valor del índice de refracción espacialmente variable del material del sustrato de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie posterior, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico, y la geometría de superficie de forma libre modificada de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie posterior en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie posterior con geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio.

4. Producto que comprende una representación, que se encuentra en un soporte de datos en forma de datos legibles por computadora, de la lente de gafas progresiva con indicaciones para su producción mediante un procedimiento aditivo o una representación de la lente de gafas progresiva con indicaciones para su producción mediante un procedimiento aditivo en forma de una señal de datos legible por computadora, en donde

- la lente de gafas progresiva comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, presentando la superficie frontal una geometría de superficie frontal y la superficie posterior una geometría de superficie posterior, en donde
- 5 - la geometría de superficie frontal o la geometría de superficie posterior es una geometría de superficie de forma libre, en donde
- la lente de gafas progresiva presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía, en donde
- la lente de gafas progresiva cumple los siguientes requisitos ópticos
- 10 (1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004
- (2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía sobre una línea de visión principal
- 15 (3) un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo
- (a) 0,25 dioptrías
- (b) 0,38 dioptrías
- (c) 0,50 dioptrías,
- caracterizado por que
- 20 (ii) para el caso en que la superficie frontal de la lente de gafas progresiva tenga una geometría de superficie de forma libre, la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal está modificada, en comparación con una lente de gafas progresiva de comparación con misma geometría de superficie posterior, con mismo recorrido de efecto dióptrico y mismo astigmatismo residual, para las trayectorias de rayos de las gafas a través de la línea de visión principal y con un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable, que presenta un
- 25 valor que corresponde al valor del índice de refracción espacialmente variable del material del sustrato de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico, y la geometría de superficie de forma libre modificada de la superficie frontal de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta
- 30 lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie frontal en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie frontal con
- 35 geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, o que
- (iii) para el caso en que la superficie posterior de la lente de gafas progresiva tenga una geometría de superficie de forma libre, la geometría de superficie de forma libre de la superficie posterior está modificada, en
- 40 comparación con una lente de gafas progresiva de comparación con misma geometría de superficie frontal, con mismo recorrido de efecto dióptrico y mismo astigmatismo residual, para las trayectorias de rayos del portador de gafas a través de la línea de visión principal y con un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable, que presenta un valor que corresponde al valor del índice de refracción espacialmente variable del sustrato de la lente de gafas progresiva en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie posterior, en el cual la
- 45 lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico, y la geometría de superficie de forma libre modificada de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie posterior en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a
- 50 través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para la lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie posterior con geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas
- 55 progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio.
5. Producto según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que el valor del primer astigmatismo de superficie determinado mediante cálculo
- es al menos 0,25 dioptrías mayor que el valor del segundo astigmatismo de superficie determinado mediante
- 60 cálculo o
- es al menos un tercio del valor del efecto de adición cercana mayor que el valor del segundo astigmatismo de superficie determinado mediante cálculo.

6. Producto según una de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por que el valor del primer astigmatismo de superficie determinado mediante cálculo no solo es mayor en un punto que el valor del segundo astigmatismo de superficie determinado mediante cálculo, sino que en una región a lo largo de la línea de visión principal, en la cual la lente de gafas progresiva y la lente de gafas progresiva de comparación experimentan de un cuarto a tres cuartos de toda la subida de efecto dióptrico.

7. Procedimiento implementado por computadora para diseñar una lente de gafas progresiva, la cual comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, cuya superficie frontal y/o cuya superficie posterior tiene o tienen una geometría de superficie de forma libre, la cual presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía y el cual cumple los siguientes requisitos ópticos:

(1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004

(2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico prescrito entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía se encuentra sobre una línea de visión principal

(3) existe un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo

(a) 0,25 dioptrías

(b) 0,38 dioptrías

(c) 0,50 dioptrías,

caracterizado por que

(i) la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal y/o de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera una lente de gafas progresiva de comparación con la misma geometría pero basada en un sustrato de un material con índice de refracción espacialmente invariable no cumple al menos uno de los requisitos (1) a (3) ópticos y, en comparación con la lente de gafas progresiva de comparación, existe una reducción del astigmatismo residual a los lados del canal de progresión, de tal manera que crece la anchura del canal de progresión, estando definida esta anchura por una barrera del astigmatismo residual en el rango entre 0,25 dioptrías y 0,50 dioptrías.

8. Procedimiento implementado por computadora para diseñar una lente de gafas progresiva, la cual comprende un sustrato con una superficie frontal y una superficie posterior, el cual está compuesto de un material con índice de refracción espacialmente variable, cuya superficie frontal y/o cuya superficie posterior tiene o tienen una geometría de superficie de forma libre, el cual presenta un punto de referencia de construcción de lejanía y un punto de referencia de construcción de cercanía y el cual cumple los siguientes requisitos ópticos:

(1) un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de lejanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004 y un efecto dióptrico prescrito en el punto de referencia de construcción de cercanía se encuentra dentro de las diferencias límite aceptables conforme a la norma DIN EN ISO 8980-2:2004

(2) una subida constante, monótona del efecto dióptrico prescrito entre el punto de referencia de construcción de lejanía y el punto de referencia de construcción de cercanía se encuentra sobre una línea de visión principal

(3) existe un canal de progresión, el cual está definido dado que el astigmatismo residual se encuentra por debajo de un valor del grupo

(a) 0,25 dioptrías

(b) 0,38 dioptrías

(c) 0,50 dioptrías,

caracterizado por que

(ii) la geometría de superficie de forma libre de la superficie frontal y/o de la superficie posterior de la lente de gafas progresiva y la variación espacial del índice de refracción están coordinadas, de tal manera que para esta lente de gafas progresiva un primer valor determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie con la geometría de superficie de forma libre en el punto, a través del cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, es mayor que un segundo valor, para una lente de gafas progresiva de comparación de un material con índice de refracción espacialmente invariable, determinado mediante cálculo del astigmatismo de la superficie con la geometría de superficie de forma libre en el punto, en el cual discurre la trayectoria de rayos asociada del portador de gafas a través del lugar sobre la línea de visión principal, en el cual esta lente de gafas progresiva de comparación experimenta la mitad de toda la subida de efecto promedio, y presentando la lente de gafas progresiva de comparación una misma posición de la superficie con la geometría de superficie de forma libre y una misma geometría de la superficie opuesta, un mismo recorrido de efecto dióptrico a lo largo de la línea de visión principal y presentando el índice de refracción un valor que corresponde al valor del índice de refracción del sustrato

en el punto de la línea de visión principal sobre la superficie frontal, en el cual la lente de gafas progresiva con el sustrato del material con índice de refracción espacialmente variable experimenta la mitad de toda la subida de efecto dióptrico.

- 5 9. Programa informático con código de programa para ejecutar todos los pasos de procedimiento según la reivindicación 7 u 8, cuando el programa informático se carga en una computadora y/o se ejecuta en una computadora.
10. Medio legible por computadora con un programa informático según la reivindicación 9.
- 10 11. Procedimiento para producir una lente de gafas progresiva diseñada según un procedimiento según la reivindicación 7 u 8 con un procedimiento aditivo.
12. Computadora con un procesador y con una memoria, en la cual está almacenado un programa informático según la reivindicación 9, y que está configurado para ejecutar un procedimiento según la reivindicación 7 u 8.
- 15

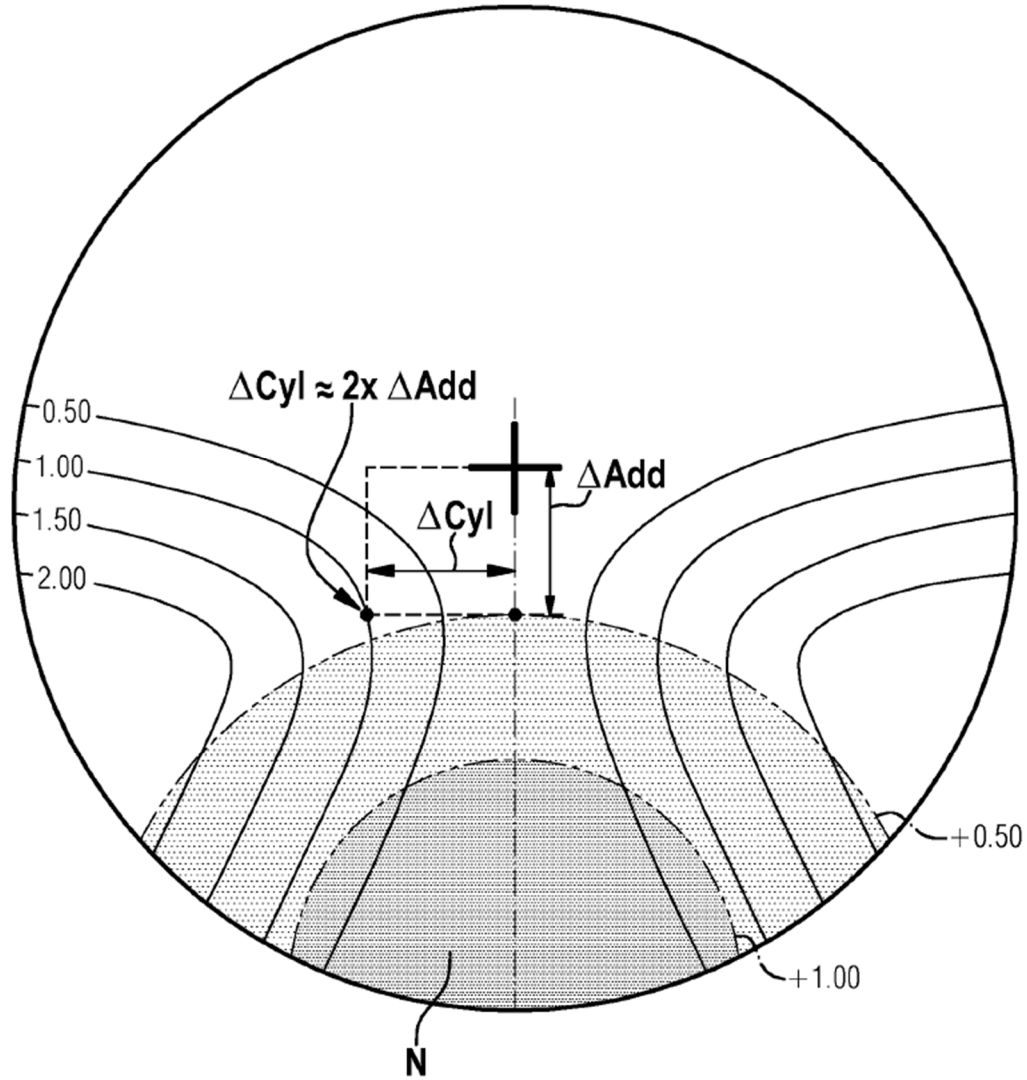


Fig. 1
(Estado de la técnica)

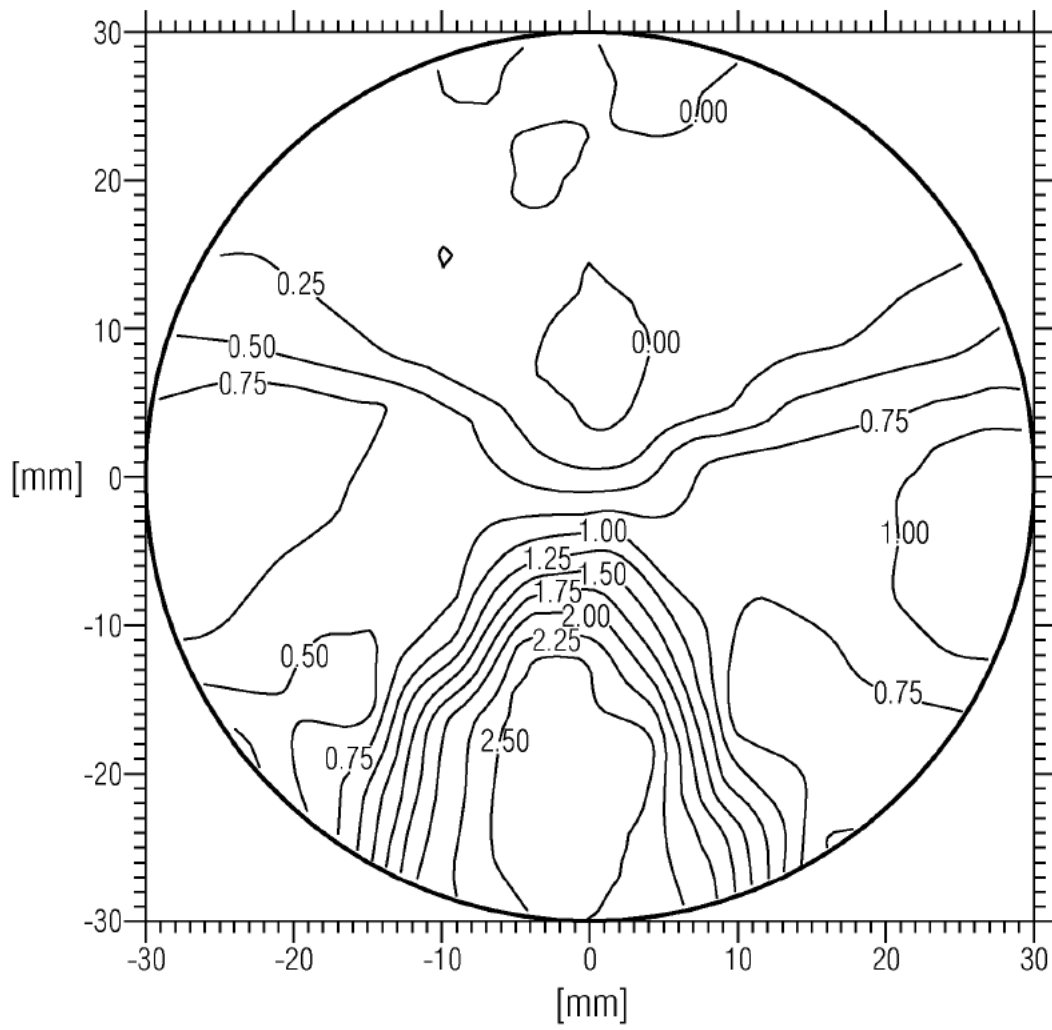


Fig. 2a

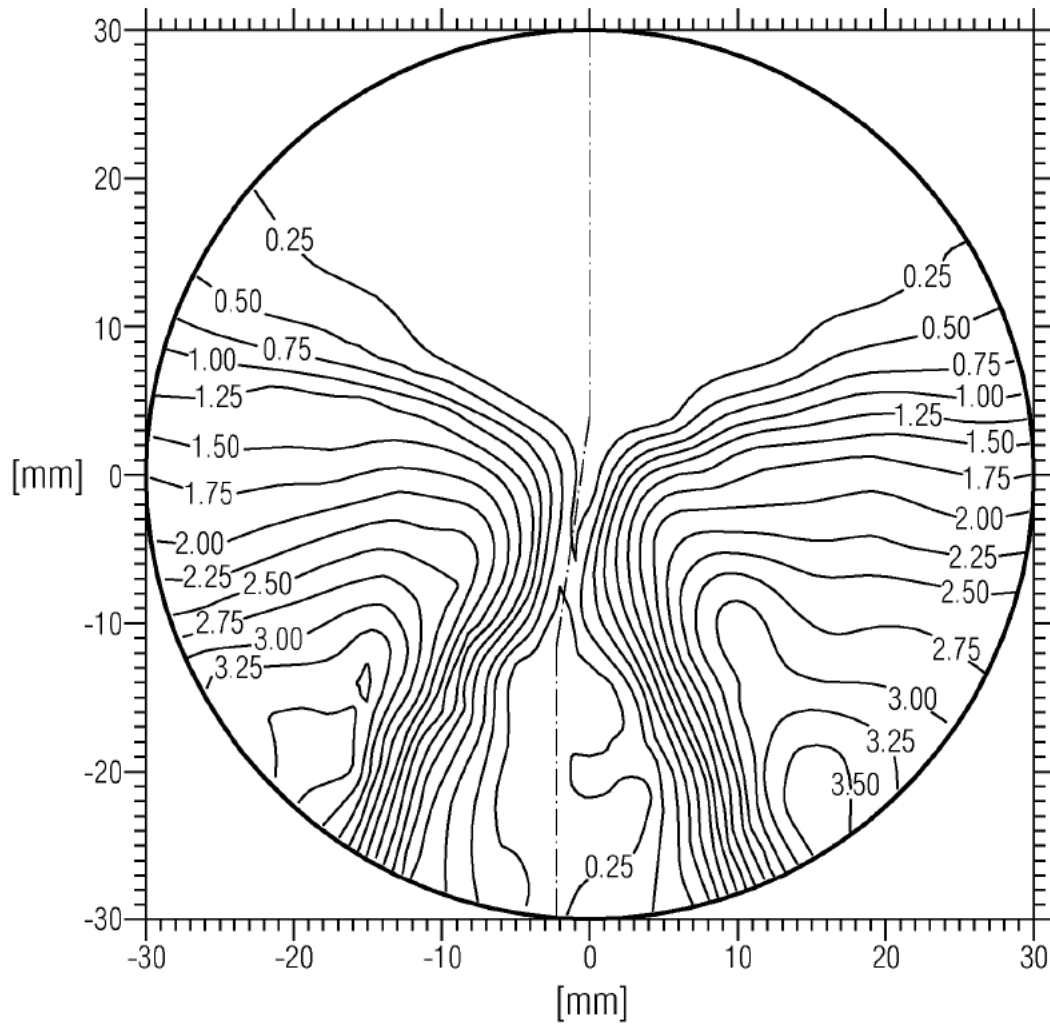


Fig. 2b

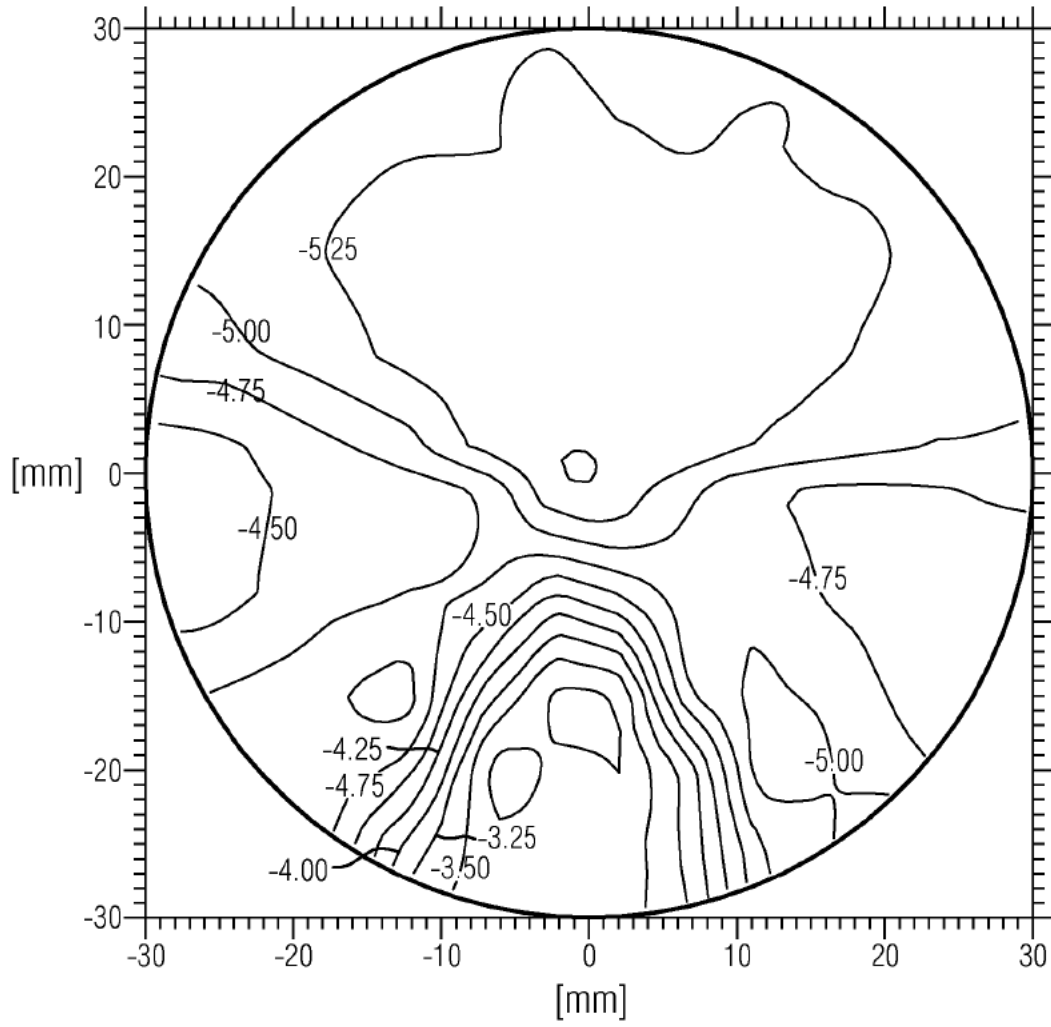


Fig. 2c

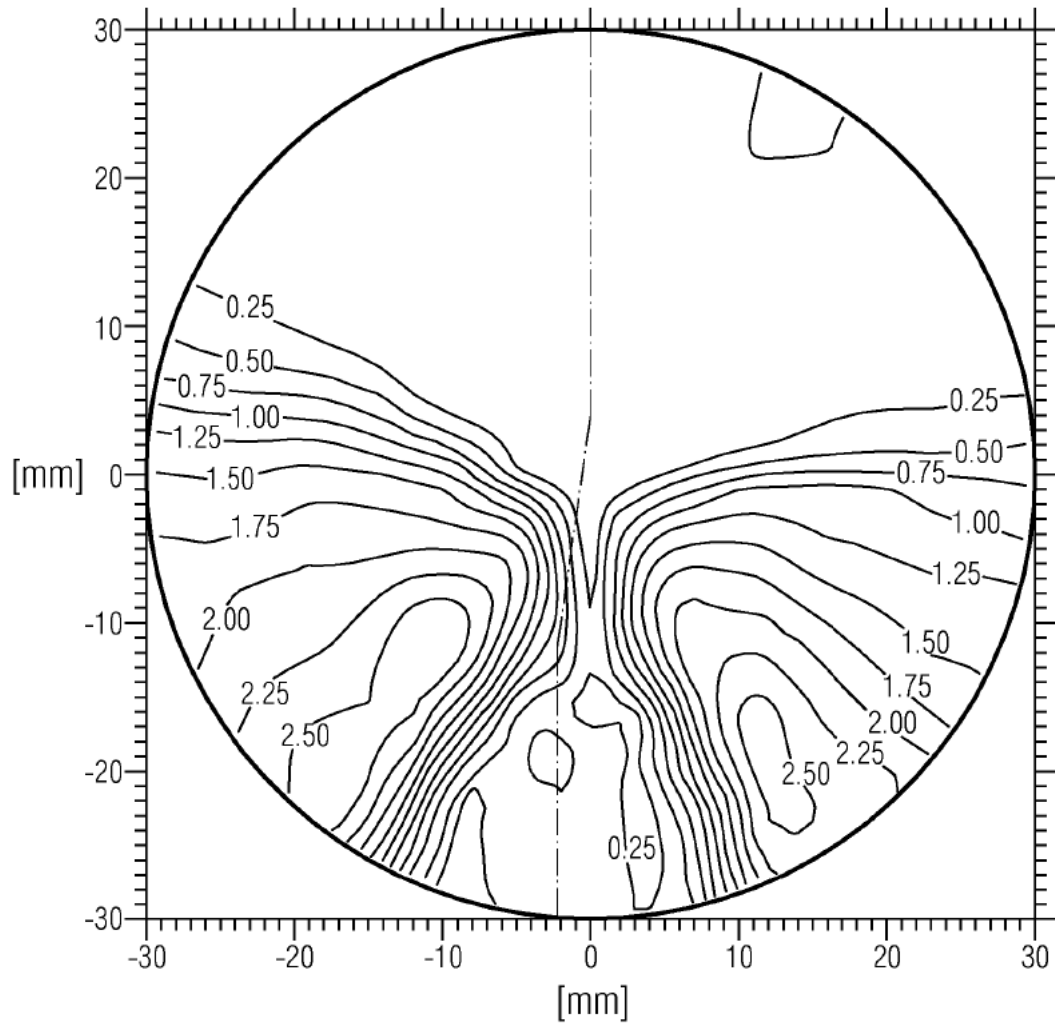


Fig. 2d

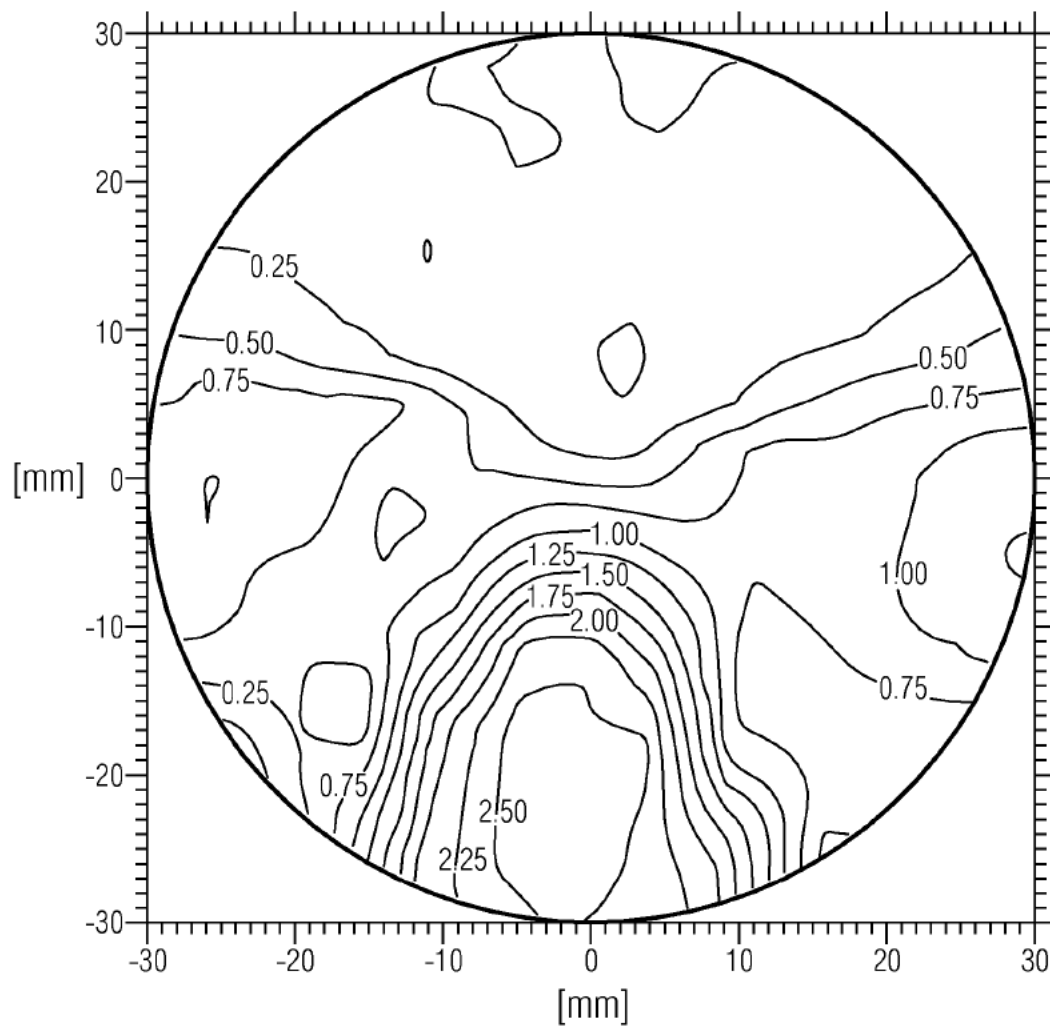


Fig. 3a

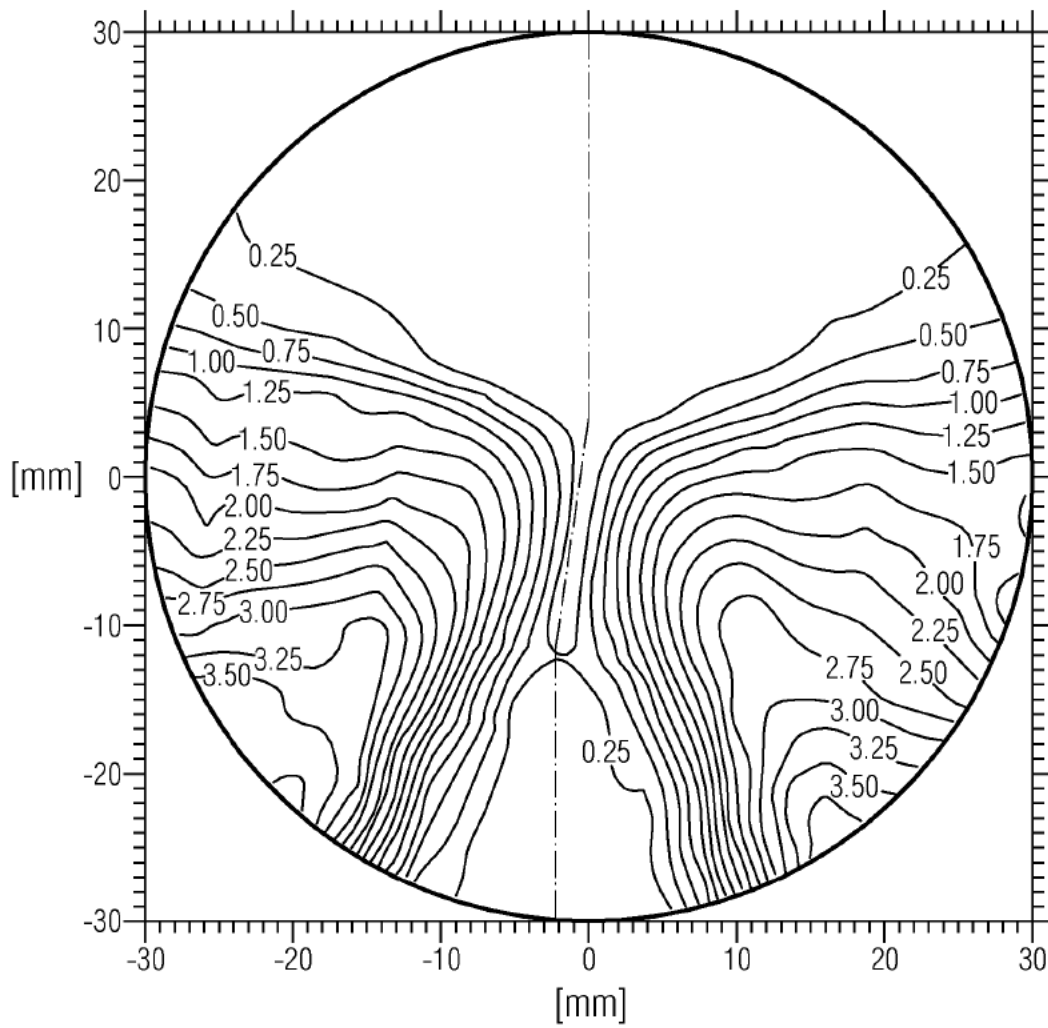


Fig. 3b

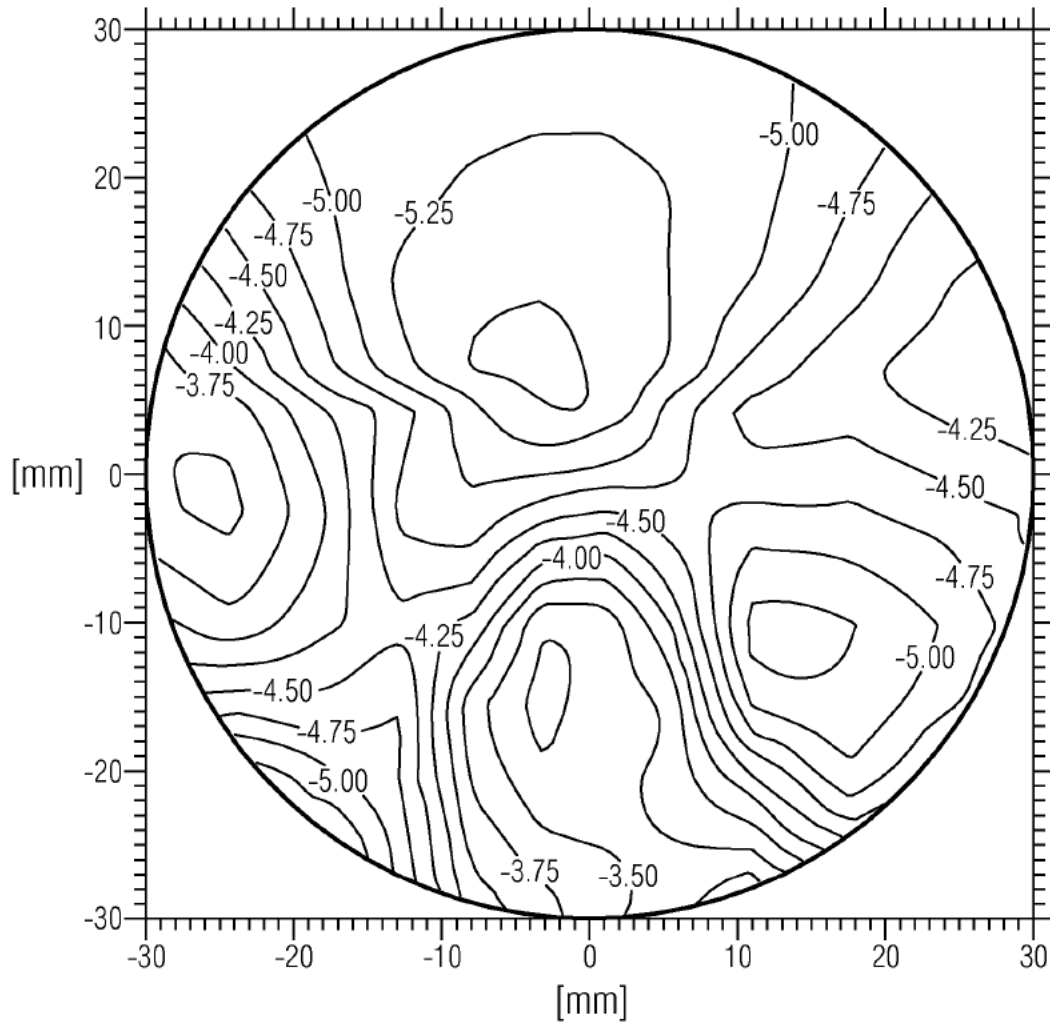


Fig. 3c

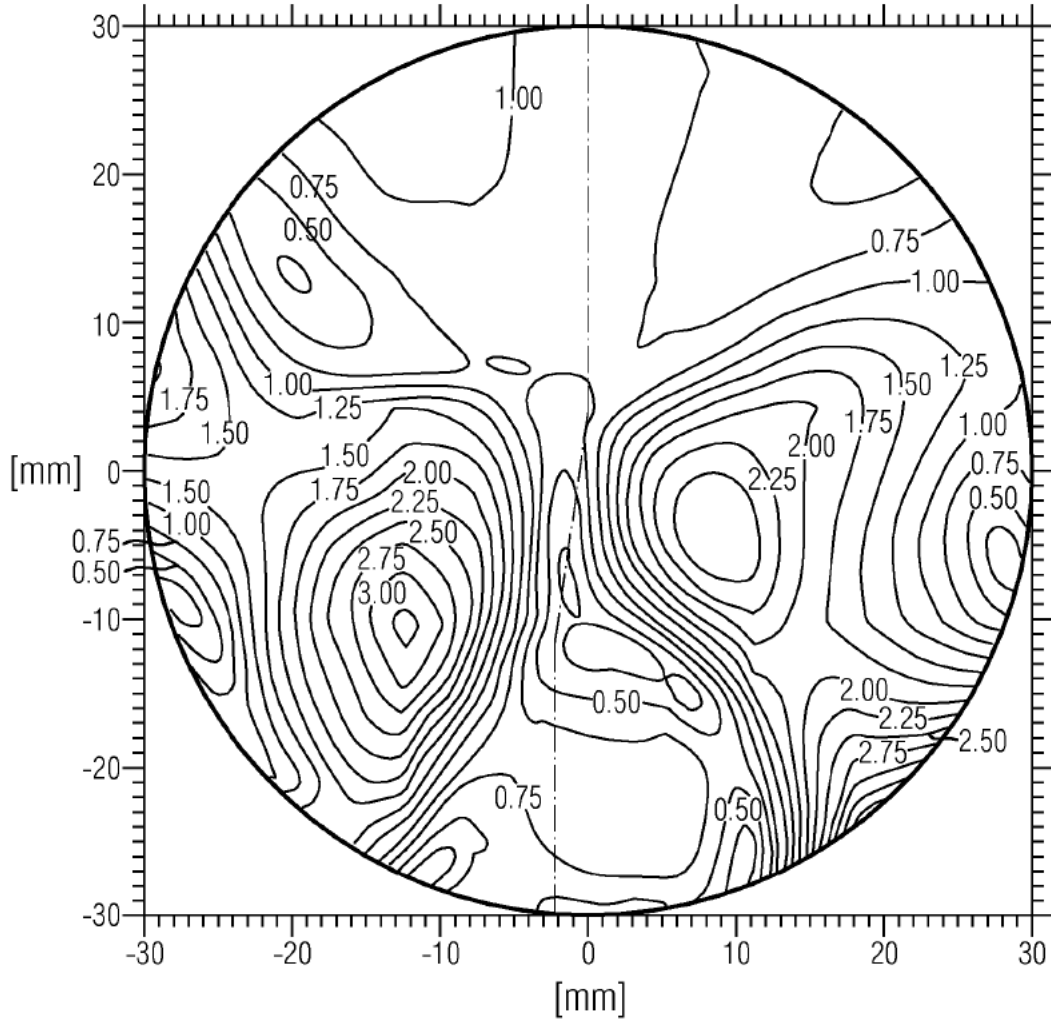


Fig. 3d

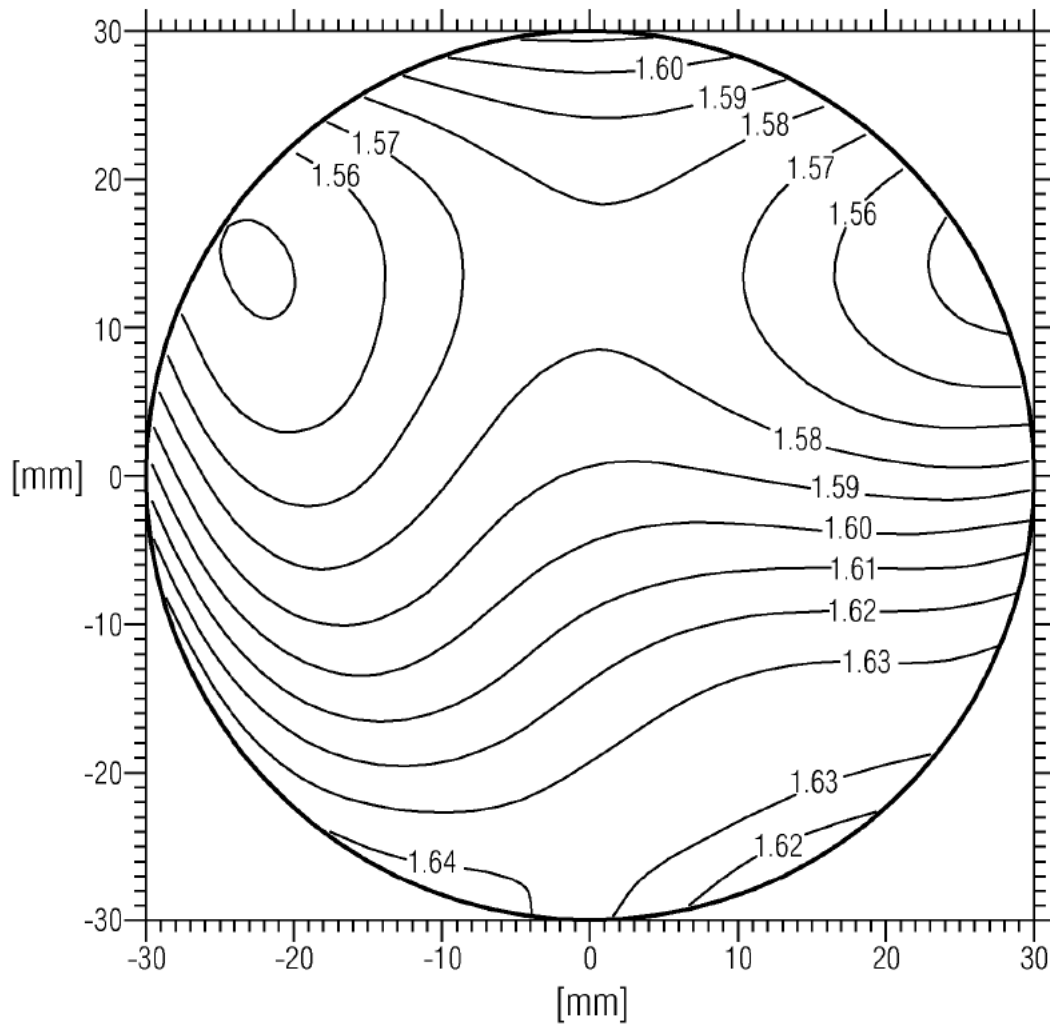


Fig. 3e

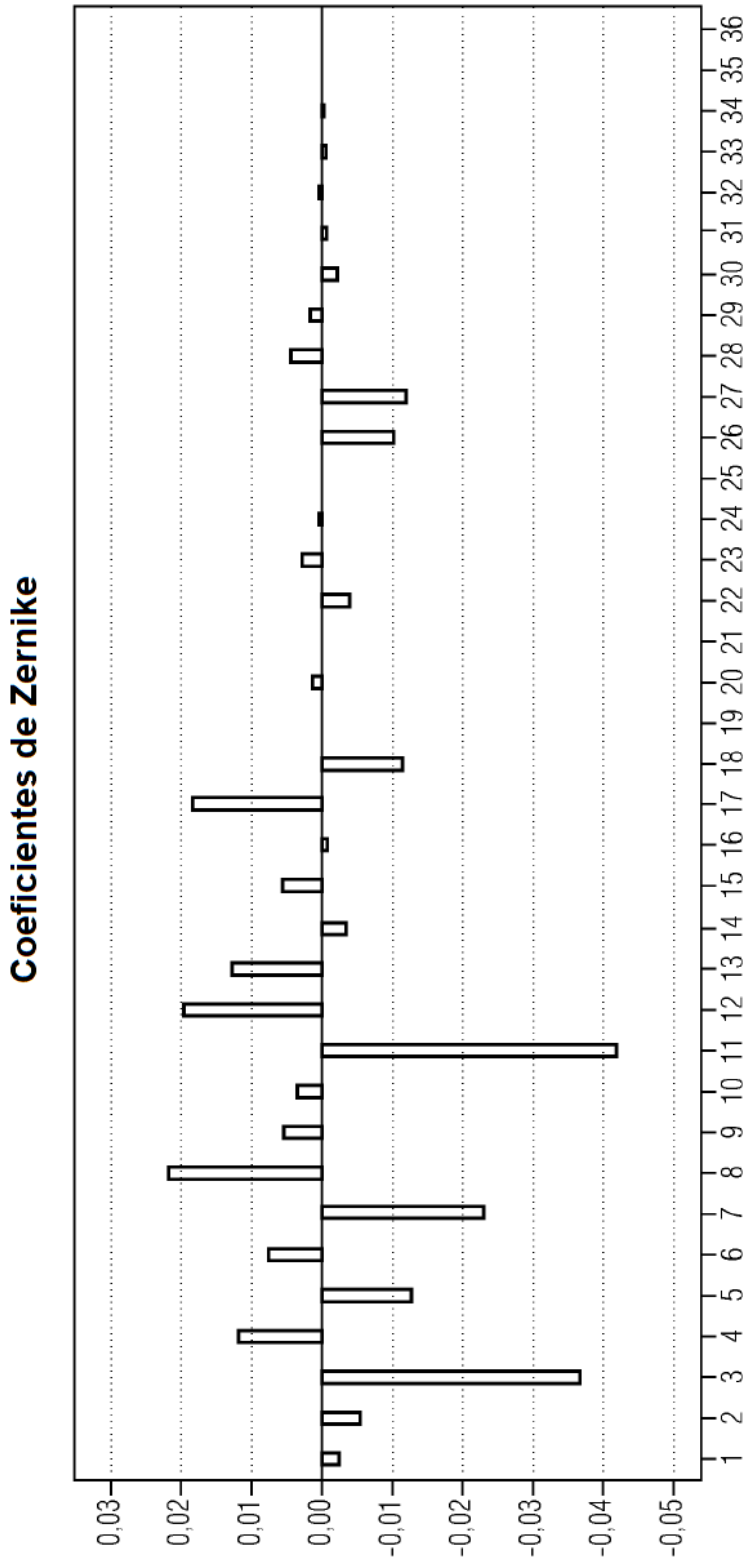


Fig. 3f

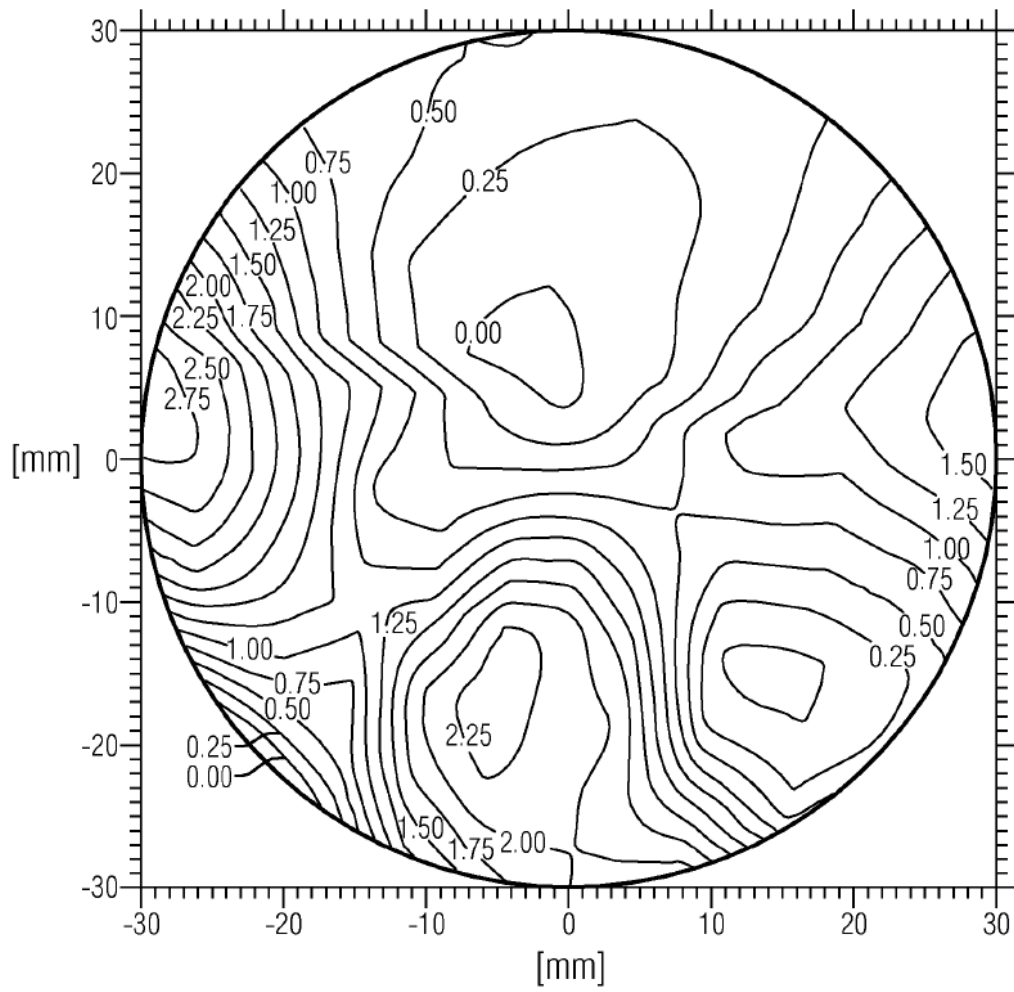


Fig. 4a

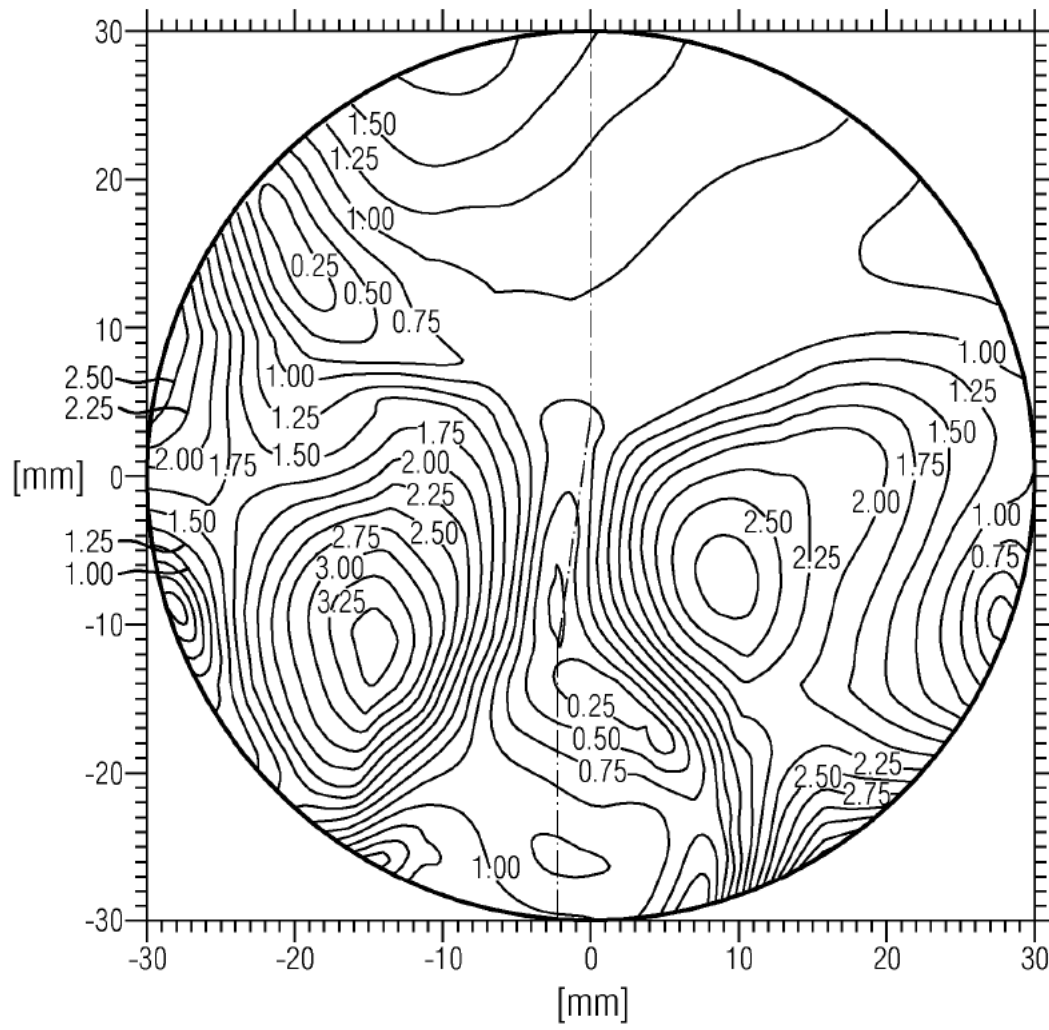


Fig. 4b