

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 092**

51 Int. Cl.:

G02C 7/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.10.2017 PCT/US2017/056618**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2018 WO18071835**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2017 E 17788090 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3526641**

54 Título: **Lente para gafas de distorsión reducida**

30 Prioridad:

14.10.2016 WO PCT/US2016/057127

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

10.11.2020

73 Titular/es:

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

**Turnstrasse 27
73430 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

SPRATT, RAY, STEVEN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 792 092 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 para gafas de distorsión reducida

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una serie de lentes para gafas. Además, se proporcionan un método para diseñar una lente para gafas, gafas, una lente para gafas, un método para fabricar una lente para gafas y un producto de programa informático.

Antecedentes de la invención

El diseño de lentes convencionales enseña que las superficies frontales de lentes esféricas deben seguir la elipse de Tscherning para producir lentes de alta calidad.

10 La elipse de Tscherning describe una relación entre la curvatura de la superficie frontal y la potencia focal. Descrito por primera vez hace casi 100 años, intenta identificar combinaciones de curvatura de lente y potencia focal que tienen una aberración mínima. La forma general de la elipse de Tscherning se muestra en la Fig. 1 para valores típicos asumidos de parámetros de la lente, tales como el índice de refracción, la distancia del vértice, el grosor de la lente, etc. El eje horizontal indica la potencia focal P_x en dioptrías [D], mientras que el eje vertical indica la curva base potencia P_f de la superficie frontal en dioptrías [D].

15 Para cada potencia focal hay dos curvas frontales o potencias de superficie frontal correspondientes que proporcionan una buena óptica, localmente óptima. La porción inferior 2 de la elipse 1 es la denominada "sección de Ostwalt" que describe una selección de superficies frontales relativamente planas. La porción superior 3 de la curva es la llamada "sección de Wollaston" que describe lentes mucho más curvadas. Sin embargo, tales lentes muy curvadas nunca han ganado mucha aceptación como formas de lentes. Un caso específico de lentes con superficies esféricas frontales muy curvadas son lentes para el tratamiento de la afaquia (ausencia de la lente natural del ojo como en el caso de la extracción quirúrgica del cristalino). Tales lentes sirven esencialmente como reemplazo de un cristalino y se caracterizan por un gran grosor y un alto poder adicional (mayor que +5 D y típicamente +12 D o mayor).

20 Un inconveniente de las lentes de sección Wollaston es que, debido a la gran curvatura de la superficie frontal, tales lentes no pueden ajustarse como paneles en un solo tamaño de montura, sino, de hecho, cada prescripción en sí misma dictaría su propio tamaño y estilo de montura especializada.

25 En este contexto, el documento US 6.142.624 muestra una lente en la que la superficie frontal es esférica, con un radio fijo de menos de 35 mm para todos los valores de prescripción de la serie. Por lo tanto, se sugiere que las lentes que tienen la misma potencia de superficie frontal se puedan usar para toda la serie de lentes. Además, un radio de una esfera o envolvente de referencia y una ubicación de la lente como es usada son tales que el centro de la esfera o envolvente de referencia se encuentra cerca o dentro del centroide de rotación del ojo. De este modo, se puede proporcionar un gran campo de visión con bajas aberraciones.

30 No obstante, las lentes esféricas convencionales siguen de cerca la curvatura frontal de la sección Ostwalt, más plana y más baja, incluso aunque la rama de la curva base más alta ha producido lentes con menos distorsión. La gran mayoría de las lentes de prescripción convencionales son lentes de menisco relativamente planas, de visión única, que están acristaladas como hojas de ventana en monturas de gafas de contorno plano. Las lentes esféricas convencionales generalmente usan curvas base más planas incluso que lo sugerido por la sección de Ostwalt de la elipse de Tscherning. Esto puede dar como resultado lentes más delgadas y livianas.

35 El documento US 3.960.442 describe una serie de lentes oftálmicas que incorpora un concepto de diseño atórico, esférico que permitirá la selección de curvas de base de lentes de manera sustancialmente independiente del campo de visión tradicional o los criterios de rendimiento de error marginal. Se sugiere aplicar una corrección esférica según una fórmula específica.

40 El documento US 3.960.442 A describe una serie de lentes oftálmicas de propósito general que incorporan un concepto de diseño atórico, esférico que permite la selección de curvas base de lente de manera sustancialmente independiente del campo de visión tradicional o los criterios de rendimiento de error marginal. Factores de sensibilidad de errores de campo a la distancia de ajuste, aumento de forma, distorsión geométrica, liberación de pestañas, reflexiones, aplicabilidad a grandes monturas de gafas y aspecto cosmético general son optimizados por selección de la curva base y se esperan correcciones de campo mediante la asferización de una o de ambas superficies de las lentes.

45 El documento US 2003/0169397 A1 enseña que las gafas protectoras no correctoras con envoltura lateral e inclinación pantoscópica introducen distorsión prismática y astigmatismo en lentes lo que interfiere con un buen rendimiento óptico. Las lentes de esta descripción tendrán un eje óptico que se desvía de la línea de visión, en una dirección generalmente opuesta a la inclinación hacia adentro de la envoltura lateral y/o a la pendiente de la inclinación pantoscópica, para compensar el prisma inducido por la inclinación. Se puede introducir una baja potencia en las lentes para disminuir su conicidad, compensar aún más el prisma y el astigmatismo inducidos por la inclinación (particularmente en los campos

de visión periféricos), disminuir el peso, proporcionar una mejor estabilidad física y permitir una transmisión de luz más uniforme que las lentes planas. Las lentes pueden cortarse a partir de piezas elementales en las que la línea A de la lente forma un ángulo distinto de cero con respecto a un ecuador de la lente, y el centro óptico de la lente puede estar desplazado horizontal y verticalmente desde el centro geométrico de la lente, e incluso fuera de la lente por completo.

- 5 El documento WO 98/48315 A1 describe un artículo oftálmico que incluye un primer elemento de lente que tiene una superficie frontal y posterior; y un elemento de lente complementario capaz de soportar una superficie de prescripción (Rx) que tiene una superficie frontal de forma tal que se aproxima estrechamente al menos a una porción de la superficie posterior del primer elemento de lente; proporcionando el elemento de lente complementario al menos una parte de la potencia de refracción requerida por el usuario; quedando el artículo oftálmico sustancialmente libre de distorsión óptica.
- 10 También, la descripción proporciona un elemento de lente óptica que incluye una superficie frontal y posterior, siendo al menos una superficie continua, y formando una zona de prescripción (Rx) y opcionalmente una zona temporal periférica sin prescripción, exhibiendo al menos una superficie un cambio de curva base a lo largo del campo de visión del usuario; soportando la superficie frontal y/o posterior una corrección de superficie para ajustar al menos parcialmente los errores ópticos. También se describe un método para diseñar el elemento de lente.
- 15 Compendio de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar una serie mejorada de lentes para gafas que superen una o más de las dificultades identificadas anteriormente. Sería particularmente ventajoso proporcionar lentes para gafas con distorsión reducida sin aumentar el desenfoque o el costo.

- 20 El tema reivindicado se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. Otras precisiones se definen en las reivindicaciones dependientes.

Para abordar mejor una o más de estas cuestiones, según un primer aspecto de la invención, se proporciona una serie de lentes para gafas, teniendo cada lente

- una superficie frontal esférica y una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre;
- en donde cada lente de la serie proporciona una potencia focal P_x entre -6 D y +4 D; y en donde al menos una lente de la serie proporciona una potencia focal P_x de entre -0,75 D y +2,25 D, en particular de entre -0,5 D y +2,00 D;
- en donde, para un intervalo superior de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio (real) de curvatura de la superficie frontal; y
- en donde, para un intervalo inferior de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior, en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor absoluto mínimo (real, signo negativo) de un radio de curvatura de la superficie posterior;
- la superficie frontal esférica tiene una potencia nominal P_f de la superficie frontal y la superficie posterior tiene una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior; en donde $15,5 \text{ D} \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 \text{ D}$ se aplica para cada lente para gafas de la serie.

- 35 La idea básica de la invención es proporcionar una serie de lentes para gafas que sigan una filosofía de diseño de curva base alta y permitan una distorsión reducida al mismo tiempo que proporcionen ventajas con respecto a la fabricación. Se ha encontrado que la combinación de una superficie frontal esférica y una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre, en particular en donde la curvatura de la superficie frontal no está en la rama de Ostwalt ni en la rama de Wollaston de la elipse de Tscherning, más precisamente por encima de la rama de Ostwalt y/o por debajo de la rama de Wollaston, puede proporcionar resultados ventajosos con respecto a la distorsión reducida en comparación con los productos existentes. La potencia esférica de la superficie frontal junto con la potencia de la superficie posterior de la lente (junto con parámetros tales como el grosor de la lente y el índice de refracción del material de la lente) determina las propiedades ópticas de la lente. En este documento, cada lente de la serie según este primer aspecto está adaptada para proporcionar una potencia focal P_x entre -6 D y +4 D. Más del 95% de todas las prescripciones caen dentro del intervalo de -6 a +4 dioptrías. Al menos una lente de la serie, en particular al menos dos o tres lentes de la serie, proporciona una potencia focal P_x de entre -0,75 D y +2,25 D, en particular de entre -0,5 D y +2,00 D. El límite inferior del intervalo puede ser una de -0,75 D, -0,50 D, -0,25 D, -0 D, +0,25 D, +0,50 D. El límite superior del intervalo puede ser una de +0,50 D, +0,75 D, +1,00 D, +1,25 D, +1,50 D, +1,75 D, +2,00 D, +2,25 D. En la solución propuesta en este documento, el intervalo de potencias focales, es decir, el intervalo entre -6 D y +4 D, comprende o se divide en un primer intervalo superior de potencias focales y un segundo intervalo inferior de potencias focales.

- 55 En general, la capacidad de una lente para refractar y focalizar la luz ya sea haciéndola convergir o divergir, se denomina como su potencia focal o potencia de refracción, o simplemente solo potencia de la lente. En el ejemplo dado, se supone que el índice de refracción del material de la lente es $n=1,530$, de modo que las potencias nominales corresponden a potencias reales. Como aproximación de primer orden, la potencia focal de una lente es igual al efecto neto de sus superficies frontal y posterior. En esta aproximación, la potencia focal de la lente, en dioptrías, puede estar dada por:

potencia focal = potencia de superficie frontal + potencia de superficie posterior;

o

$$P_x = P_f + P_b \quad (1),$$

5 donde P_x es la potencia focal de la lente en dioptrías, P_f es la potencia de la superficie frontal en dioptrías y P_b es la potencia de la superficie posterior en dioptrías. Por ejemplo, para una lente con una potencia de la superficie frontal de +6,00 D (correspondiente a una curva de superficie frontal de radio de +88 mm para un material de lente que tiene un índice de refracción de $n=1,530$) y una potencia de la superficie posterior de -4,00 D (correspondiente a una curva de superficie posterior de -0,13 m de radio para un material de lente que tiene un índice de refracción de $n=1,530$), la potencia focal P_x es igual a $P_f + P_b = 6,00 + (-4,00) = +2,00$ D. Se apreciará que esta aproximación cambia ligeramente cuando también se considera el grosor de la lente, que se deja aquí fuera para simplificar. Para lentes astigmáticas o progresivas, la ecuación solo puede aplicarse a lo largo de un meridiano, más específicamente a lo largo del meridiano principal con la curvatura más baja o un valor numéricamente más bajo.

15 Como se puede ver en esta aproximación, para una potencia nominal constante de la superficie posterior, la potencia focal de la lente se escala linealmente con la potencia nominal de la superficie frontal. De manera correspondiente, para una potencia nominal constante de la superficie frontal, la potencia óptica de la lente se escala linealmente con la potencia nominal de la superficie posterior.

20 En la solución propuesta en este documento, se sugiere dividir el intervalo de potencias focales en un intervalo superior y un intervalo inferior de potencias focales. Por un lado, para el intervalo superior de potencias focales de la serie propuesta, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal. Por lo tanto, en este intervalo superior, una variación de la potencia focal de la lente es efectuada por una variación de la potencia nominal de la superficie posterior. Esto permite que, para la superficie frontal esférica en el intervalo superior de potencias focales, se pueda seleccionar una curva base convencional más inclinada disponible que se ajuste a monturas convencionales y al mismo tiempo que proporcione varias potencias focales.

25 Por otro lado, para el intervalo inferior de potencias focales de la serie propuesta, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior. De este modo, la potencia superficial nominal de la superficie posterior puede estar limitada por la curvatura que se puede cortar y pulir con generadores de forma libre existentes, es decir, por un valor absoluto mínimo de un radio de curvatura que se puede fabricar. Para una superficie posterior cóncava, el radio es negativo. Dado que la superficie posterior tiene una curvatura negativa, una potencia nominal mínima de la superficie posterior, como se usa en este documento, se refiere a un valor absoluto máximo de la potencia nominal de la superficie posterior de una lente de la serie en cualquier ubicación de la superficie posterior, pero con signo negativo, por lo tanto, una potencia nominal mínima de la superficie posterior. Se apreciará a partir de la aproximación anterior que, para una curva de superficie frontal inclinada dada, se requeriría una potencia nominal de superficie posterior aún mayor para lograr potencias focales negativas. Por lo tanto, la serie de lentes propuesta tiene esto en cuenta y utiliza la misma potencia mínima de la superficie posterior a lo largo del intervalo más bajo de potencias focales. En el intervalo inferior, una variación de la potencia focal de la lente se efectúa variando la potencia nominal de la superficie frontal de la lente.

40 Una ventaja de este enfoque es que es posible utilizar una curva base convencional más inclinada disponible (que se ajusta a las monturas convencionales) que permite cortar y pulir la superficie posterior con generadores de forma libre existentes. En particular, la solución propuesta en este documento puede usar piezas elementales de lente esférica (semiacabadas) compatibles con monturas convencionales, junto con una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre producida por generadores de forma libre existentes. En otras palabras, la potencia nominal de la superficie frontal utilizada para la superficie frontal puede ser la curva más inclinada que sea (a) compatible con las monturas existentes, y tal que (b) la superficie posterior no sea demasiado inclinada para ser cortada y pulida con generadores de forma libre.

45 Debe entenderse que, como se usa en este documento, la misma potencia superficial nominal puede referirse a un valor de $\pm 0,5$ dioptrías, en particular a un valor de $\pm 0,25$ dioptrías. Por lo tanto, las piezas elementales de lente esférica ya existentes que se pueden producir en pasos de 1 o 0,5 dioptrías se pueden usar para la superficie frontal. Por lo tanto, una potencia superficial nominal máxima o mínima también puede referirse a una implementación práctica máxima o mínima, en particular en la que las herramientas de fabricación, formas o piezas elementales de lente semiacabadas existentes pueden reutilizarse para el diseño de curva de base alta como se propone en este documento.

50 La filosofía de diseño de curva de base alta, en la que para cada lente de la serie de lentes para gafas se proporciona una curvatura alta para la superficie frontal y/o posterior tanto en el intervalo inferior como en el intervalo superior, puede describirse mediante la expresión $15,5 \text{ D} \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 \text{ D}$. Por ejemplo, para una potencia focal de 0 D, se puede proporcionar una potencia nominal de la superficie frontal de $P_f=+12$ D (correspondiente a una curva de la superficie frontal de 44 mm de radio) y una potencia nominal de la superficie posterior de $P_b=-12$ D (correspondiente a una curva de la superficie posterior de -44 mm de radio). Para una potencia focal de +2 D, se puede proporcionar una potencia nominal de la superficie frontal de $P_f=+12$ D y una potencia nominal de la superficie posterior de $P_b=-10$ D (correspondiente a una curva de la superficie posterior de radio de -53 mm). Para una potencia focal de +4 D, se puede

proporcionar una potencia nominal $P_i=+12$ D de la superficie frontal de y una potencia nominal $P_b=-8$ D de la superficie posterior (correspondiente a una curva de superficie posterior de radio de -66 mm). Para una potencia focal de -4 D, se puede proporcionar una potencia nominal $P_i=+9$ D de la superficie frontal (correspondiente a una curva de la superficie frontal de 59 mm de radio) y una potencia nominal $P_b=-13$ D de la superficie posterior (correspondiente a una curva de la superficie posterior de radio de -41 mm). A menos que se indique lo contrario, se supone que el índice de refracción del material de la lente como se usa en este documento es $n=1,530$, de modo que las potencias nominales corresponden a potencias reales. Dependiendo de restricciones debidas a la fabricación o a las monturas de gafas, se pueden seleccionar diferentes límites. Por ejemplo, se puede establecer un límite inferior de una de 22 D, 21 D, 20 D, 19 D, 18 D, 17 D, 16 D, 15 D y/o 14 D; y/o un límite superior de una de 24 D, 27 D, 28 D, 29 D, 30 D, 31 D y/o 32 D. La relación $15,5 D \leq |P_i| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$ muestra que se proporciona un alto nivel de curvatura para todas las lentes para gafas de la serie. No obstante, se proporciona un umbral superior que indica que las potencias superficiales nominales de la superficie frontal esférica y de la superficie posterior se seleccionan preferiblemente para garantizar una buena posibilidad de fabricación. Opcionalmente, se pueden proporcionar lentes en un intervalo más pequeño de potencias focales, p. ej., con un límite inferior de una de -5 D, -4 D, -3 D, y/o -2 D; y/o un límite superior de una de +1 D, +2 D y/o +3 D.

En comparación con la solución propuesta en este documento, las lentes convencionales generalmente usan curvas base más planas. Las lentes asféricas convencionales generalmente usan incluso curvas base, más planas que las sugeridas por la rama inferior de la elipse de Tscherning. La asfericidad puede mantener un buen rendimiento óptico en términos de desenfoque, pero la curva base más baja aumenta la distorsión.

El documento US 6.142.624 mencionado anteriormente puede proporcionar excelentes resultados en términos de distorsión, pero requiere un proceso no convencional, tiene una cobertura de potencia focal limitada y requiere monturas especiales. La solución propuesta en este documento reduce la complejidad en la fabricación, ya que para el intervalo superior de potencias focales, donde la potencia superficial nominal de la superficie posterior no es limitante, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal y, en contraste con el documento US 6.142.624, para un segundo intervalo más bajo de potencias focales se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior de modo que la superficie posterior se pueda cortar y pulir con generadores de forma libre existentes.

En resumen, una superficie frontal esférica de curva base alta en combinación con una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre bajo las condiciones límite de que la superficie frontal se puede fabricar fácilmente y/o sea compatible con monturas convencionales y que la curvatura de la superficie posterior sea compatible con generadores de forma libre pueden proporcionar una reducción ventajosa de la distorsión en comparación con los productos existentes sin aumentar el desenfoque o el costo.

Según un segundo aspecto, se proporciona una lente para gafas. La lente para gafas tiene una superficie frontal esférica y una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre, en donde la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente está adaptada para proporcionar una potencia focal P_x entre +0,25 D y +2,25 D; teniendo la superficie frontal esférica tiene una potencia nominal P_i de superficie frontal y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de superficie posterior, en donde la potencia nominal de superficie frontal corresponde a un radio (real) de curvatura de la superficie frontal y en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor absoluto mínimo (real) de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_i| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$.

Opcionalmente, la potencia nominal de la superficie frontal puede corresponder a una potencia nominal máxima predeterminada de la superficie frontal, en particular a una potencia de la superficie frontal entre al menos uno de +8 D (correspondiente a una curva de la superficie frontal o curva base verdadera que tiene un radio de $r=(1,53-1)/8D=66,3$ mm) y +15 D ($r=35,3$ mm), +8 D ($r=66,3$ mm) y +13,5 D ($r=39,3$ mm), y +10 D ($r=53,0$ mm) y +12 D ($r=44,2$ mm), en particular una potencia nominal máxima de la superficie frontal compatible con las monturas convencionales, o la potencia nominal mínima de la superficie posterior puede corresponder a una potencia nominal mínima predeterminada de la superficie posterior, en particular entre al menos una de -15 D ($r=-35,3$ mm) y -8 D ($r=-66,3$ mm), -14 D ($r=-37,9$ mm) y -8 D ($r=-66,3$ mm), y -13,5 D ($r=-39,3$ mm) y -10 D ($r=-53,0$ mm), en particular una potencia mínima nominal de la superficie posterior compatible con un generador de forma libre. Alternativamente o además, la potencia nominal de la superficie frontal puede corresponder a una potencia nominal predeterminada de la superficie frontal entre +8 D ($r=66$ mm) y al menos una de +9 D ($r=59$ mm), 9,5 D (56 mm) y 10 D (53 mm). Un radio positivo puede indicar una superficie convexa (frontal), mientras que un radio negativo puede indicar una superficie cóncava (posterior).

De este modo, se proporciona una lente para gafas que tiene una o más de las ventajas descritas anteriormente.

Según un tercer aspecto, se proporcionan gafas que comprenden lentes para gafas, preferiblemente una lente para gafas izquierda y una derecha, según el segundo aspecto; y una montura de gafas que incluye patillas laterales izquierda y derecha y un puente para la nariz para soportar las lentes para gafas en la cara de un usuario. Las gafas pueden comprender lentes para gafas izquierda y derecha seleccionadas de una serie como se describe en este documento.

De esta manera, es posible producir gafas que tengan una o más de las ventajas descritas anteriormente.

Según un cuarto aspecto, se proporciona un método implementado por ordenador para determinar o diseñar una lente para gafas, en particular mediante el uso de un medio legible por ordenador no transitorio, teniendo la lente para gafas una superficie frontal esférica y una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre; en donde la superficie frontal esférica en conjunción con la superficie posterior de la lente está adaptada para proporcionar una potencia focal P_x entre -6 D y +4 D, en particular entre -0,75 D y +2,25 D; teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de superficie frontal, y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio (real) de curvatura de la superficie frontal y en donde la superficie nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor absoluto mínimo (real) de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$; comprendiendo el método las etapas de:

- 5 - obtener datos de prescripción de gafas de un ojo de un usuario, comprendiendo los datos de prescripción una potencia focal;
- determinar si la potencia focal pertenece a un primer intervalo superior de potencias focales, en el que se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal; o a un intervalo inferior de potencias focales, en el que se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior;
- 15 - si la potencia focal pertenece al primer intervalo superior, seleccionar dicha potencia nominal de la superficie frontal y determinar la potencia nominal de la superficie posterior de manera que la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente proporcione la potencia focal, o
- si la potencia focal pertenece al intervalo inferior, seleccionar dicha potencia nominal mínima de la superficie posterior y determinar la potencia nominal de la superficie frontal de manera que la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente proporcione la potencia focal.

De esta manera, es posible diseñar una lente para gafas que tenga una o más de las ventajas descritas anteriormente. Se comprenderá que la obtención de datos de prescripción de gafas del ojo de un usuario, en donde los datos de prescripción comprenden una potencia focal, puede referirse más precisamente a la obtención de un valor de diseño o valor de potencia focal deseado para ser proporcionado por una lente de stock o lente de prescripción. Las lentes de stock pueden, por ejemplo, proporcionar valores de potencia en pasos de 0,25 D para corrección esférica y opcionalmente para corrección astigmática.

Según un quinto aspecto, se proporciona un método para fabricar una lente para gafas, comprendiendo el método las etapas de determinar un diseño de lente para una lente para gafas según el método del aspecto anterior; y fabricar la lente para gafas según el diseño de la lente.

- 30 De esta manera, es posible producir una lente para gafas que tenga una o más de las ventajas descritas anteriormente.
- Según un sexto aspecto, en particular, se presenta un producto de programa informático, no transitorio, que comprende medios de código de programa para hacer que un ordenador lleve a cabo las etapas del método según el cuarto aspecto cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o unidad de procesamiento.

- 35 Según un séptimo aspecto, se proporciona un medio de almacenamiento legible por máquina que ha almacenado en él un programa informático que comprende medios de código de programa para llevar a cabo las etapas del método según el cuarto aspecto o uno de sus refinamientos.

Según un octavo aspecto, se proporciona una serie de lentes para gafas, teniendo cada lente

- una superficie frontal esférica y una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre; en donde cada lente de la serie proporciona una potencia focal P_x entre -6 D y +4 D;
- 40 - en donde, para un intervalo superior de potencias focales, se proporcionan al menos lentes que tienen la misma potencia nominal de superficie frontal, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal, en donde cada una de dichas al menos tres lentes proporciona una potencia focal P_x diferente; y
- en donde, para un intervalo inferior de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior, en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor absoluto mínimo de un radio de curvatura de la superficie posterior;
- 45 - teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de superficie frontal y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$ se aplica para cada lente para gafas de la serie; y
- 50 - en el que la serie comprende al menos tres lentes para gafas que tienen diferentes potencias focales P_x en dicho intervalo superior; y en donde al menos dos de dichas al menos tres lentes de gafas de dicho intervalo superior están separados por no más de 0,5 D en términos de su potencia focal P_x .

En otras palabras, dicho intervalo superior puede comprender al menos tres tipos diferentes de pares de lentes para gafas, en donde cada uno de dichos tipos diferentes de lentes para gafas de dicho intervalo superior proporciona potencias focales P_x diferentes por pares.

5 Las realizaciones preferidas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes. Se comprenderá que las gafas, lentes para gafas, método, programa informático y medio reivindicados pueden tener refinamientos similares y/o idénticos o realizaciones preferidas como la serie de lentes para gafas reivindicada, en particular como se define en las reivindicaciones dependientes y como se describe en este documento.

A continuación, se explicarán y definirán brevemente algunos términos que se utilizan en toda la solicitud:

10 A menos que se indique lo contrario, la terminología utilizada en el contexto de la presente solicitud corresponde a las definiciones de la norma DIN EN ISO 13666: 2013-10 de la norma DIN (Deutsches Institut für Normung) e.V.

El término superficie frontal se referirá a esa superficie de la porción de lente destinada a ser colocada lejos del ojo, véase N.º 5.8 de la norma DIN EN ISO 13666. El término superficie posterior se referirá a esa superficie de la porción de lente destinada a ser colocada más cerca del ojo, véase N.º 5.9 de la norma DIN EN ISO 13666.

15 El término superficie esférica se referirá a una parte de la superficie interior o exterior de una esfera, véase N.º 7.1 de la norma DIN EN ISO 13666. El término superficie esférica se referirá a una parte de una superficie de revolución que tiene una curvatura continuamente variable desde el vértice hasta la periferia, véase N.º 7.3 de la norma DIN EN ISO 13666. Por lo tanto, en el uso común, una superficie esférica se refiere a una superficie no esférica rotacionalmente simétrica, es decir, no solo a una superficie que no es una esfera.

20 Un meridiano (de una superficie) se referirá a cualquier plano que contenga el o los centros de curvatura de una superficie, véase N.º 5.7.1 de la norma DIN EN ISO 13666. Un meridiano (de una lente) se referirá a cualquier plano que contenga el eje óptico de una lente, véase N.º 5.7.2 de la norma DIN EN ISO 13666. El término meridianos principales (de una superficie) se referirá a aquellos meridianos de una superficie que muestran las curvaturas máximas y mínimas en la medición, véase N.º 7.4 de la norma DIN EN ISO 13666.

25 El término superficie atoroidal o atórica se referirá a una superficie que tiene meridianos principales mutuamente perpendiculares de curvatura desigual, cuya la sección transversal en al menos un meridiano principal no es circular, véase N.º 7.6 de la norma DIN EN ISO 13666. El término superficie atoroidal o atórica puede referirse a una superficie con dos ejes ortogonales de simetría especular.

30 El término superficie de forma libre se referirá a una superficie que no tiene ningún tipo de simetría. Una superficie de forma libre no tiene eje ni punto de simetría. Una superficie de forma libre puede referirse a una superficie que solo puede describirse mediante curvas "spline" y/o "nurb". Una ventaja particular de una superficie de forma libre es que puede proporcionar una superficie óptica que está optimizada para las peculiaridades del ojo del usuario. De este modo, una superficie posterior de forma libre puede optimizarse para una posición dada de uso, por ejemplo, optimizarse para desenfocar para una posición dada de uso (por ejemplo, distancia del vértice posterior, inclinación y envoltura). La optimización puede llevarse a cabo mediante herramientas de diseño óptico conocidas, tal como por medio del software de diseño de trazado de rayos.

35 El término lente para gafas se referirá a una lente destinada a ser utilizada con propósitos de medición, corrección y/o protección del ojo, o para cambiar su apariencia, véase N.º 7.6 de la norma DIN EN ISO 13666. En particular, una lente para gafas puede referirse a una lente con potencia dióptrica, en particular focal. Las lentes para gafas pueden incluir lentes para gafas acabadas y/o rebordeadas, lentes para gafas semiacabadas, piezas elementales para lentes o moldes para las mismas. También se incluyen obleas para formar lentes estratificadas o piezas elementales de lente.

40 El término lente de forma curvada se referirá a una lente que tiene una superficie convexa (en todos los meridianos) y la otra superficie cóncava (en todos los meridianos), véase N.º 8.2.2 de la norma DIN EN ISO 13666. Tal lente también se puede denominar en este documento como una lente de menisco. El término lente esférica se referirá a una lente con dos superficies esféricas, véase N.º 8.2.3 de la norma DIN EN ISO 13666.

45 El término dioptría se referirá a una unidad de potencia de enfoque de una lente o superficie, o de vergencia (índice de refracción dividido por el radio de curvatura) de un frente de onda, véase N.º 9.1 de la norma DIN EN ISO 13666. Los símbolos comúnmente utilizados para dioptrías son D y dpt. Las dioptrías se expresan como la inversa del metro (m^{-1}).

50 El término lente de potencia positiva, lente positiva o lente convergente se referirá a una lente que hace que la luz incidente paralela converja a un foco real, véase N.º 9.13 de la norma DIN EN ISO 13666. El término lente de potencia negativa, lente negativa o lente divergente se referirá a una lente que hace que la luz incidente paralela diverja desde un foco virtual, véase N.º 9.14 de la norma DIN EN ISO 13666.

El término curva base se referirá a una potencia superficial nominal (o curvatura nominal), a menos que se indique lo contrario de la superficie frontal, véase N.º 11.4.1 de la norma DIN EN ISO 13666. La curva base puede referirse así a una potencia de superficie en dioptrías para un índice de refracción de $n=1,530$.

El término potencia nominal de la superficie frontal o posterior, como se usa en este documento, se refiere a la potencia superficial asumiendo un índice de refracción fijo del material de la lente de $n=1,530$. En otras palabras, se utiliza un índice de refracción estandarizado, véase también N.º 11.4.1 y N.º 11.4.3 de la norma DIN EN ISO 13666. La potencia superficial nominal puede verse así como una propiedad (geométrica) de la superficie independientemente del material real de la lente. La potencia superficial nominal también se puede denominar curvatura de la superficie y, por conveniencia, también se da en dioptrías. Para una lente (esférica), la relación entre la potencia superficial nominal en dioptrías y la curva o radio de curvatura de la superficie de la lente en metros viene dada por $r = (n-1)/P = (1,530-1)/P$, en donde r es el radio de curvatura, $n=1,530$ el índice de refracción fijo supuesto y P la potencia superficial nominal. Por lo tanto, una potencia nominal de la superficie frontal/posterior puede corresponder a una curva real de la superficie frontal/posterior que tiene un radio. Una potencia superficial nominal se puede convertir en una potencia de superficie real por $P_{\text{real}}=P_{\text{nominal}}*(n_{\text{real}} - 1)/(1,530 - 1)$, en donde P_{real} es la potencia de superficie real que depende del índice de refracción real del material de la lente, P_{nominal} es la potencia superficial nominal, y n_{real} es el índice de refracción real del material de la lente. Dado que la curvatura de la superficie frontal y posterior está limitada por restricciones 'geométricas' debido a la fabricación o para ser compatible con las monturas de gafas convencionales, la potencia nominal y no las potencias reales de la superficie frontal y posterior se especifican en las reivindicaciones.

La potencia real de superficie, por otro lado, se refiere a la capacidad de una superficie para refractar la luz y, por lo tanto, requiere tener en cuenta el índice real de material del material de la lente a utilizar. La potencia real de superficie puede verse así como una propiedad (óptica) de la superficie que depende del material real de la lente.

Para la superficie posterior, se hace referencia a una potencia nominal mínima de la superficie posterior. Como la superficie posterior generalmente tiene una curvatura negativa, se apreciará que una potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde esencialmente a un valor de potencia máxima, pero con signo negativo, así, a una potencia nominal mínima de la superficie posterior. Alternativamente, se puede hacer referencia a una potencia absoluta máxima proporcionada en cualquier ubicación en la superficie posterior. Para una superficie no esférica, como por ejemplo en una lente astigmática o progresiva, se puede hacer referencia al meridiano de valor numéricamente menor, véase N.º 11.4.3 de la norma DIN EN ISO 13666. Aunque la superficie frontal como superficie esférica tiene sustancialmente la misma curvatura sobre toda su superficie, esto no se aplica a una superficie asférica, atórica o de forma libre, en la que hay diferentes curvaturas en diferentes partes de la superficie. En vista de la restricción de fabricación por generadores de superficie de forma libre, la potencia nominal mínima de la superficie posterior puede indicar la potencia negativa máxima o la curva que ha de ser fabricada por el generador de forma libre en la superficie posterior de la lente.

A menos que se indique lo contrario, el término potencia focal tal como se usa en este documento se referirá a una potencia focal real proporcionada por la lente para gafas. Puede entenderse como una potencia óptica correctora proporcionada por la lente para gafas según lo desee el usuario. La potencia focal real es, así, el parámetro relevante para el usuario y, por lo tanto, se utiliza en este documento. Si el índice de refracción real del material de lente n_{real} difiere del índice de refracción nominal del material de lente de $n=1,530$, la potencia focal de la lente puede aproximarse en base a la ecuación (1) modificada dada por:

$$P_x = P_{f,\text{real}} + P_{b,\text{real}} = (P_{f,\text{nominal}} + P_{b,\text{nominal}})(n_{\text{real}} - 1)/(1,530 - 1) \quad (2),$$

en donde P_x es la potencia focal real de la lente, $P_{f,\text{real}}$ y $P_{b,\text{real}}$ son las potencias reales de la superficie frontal y posterior que dependen del índice de refracción real del material de la lente, $P_{f,\text{nominal}}$ (o simplemente P_f) y $P_{b,\text{nominal}}$ (o simplemente P_b) son las potencias nominales de la superficie frontal y posterior para un índice de refracción asumido del material de la lente de $n=1,530$ (correspondiente a un radio de curvatura de la superficie frontal/posterior), y n_{real} es el índice de refracción real del material de la lente. La potencia focal puede p. ej., medirse utilizando un focímetro FOA (punto focal en el eje) según el N.º 8.3.2 de la norma DIN EN ISO 13666.

Se comprenderá que los signos de valor absoluto, como por ejemplo los utilizados en $|P_b|$, proporcionan un valor positivo. Se comprenderá además que, por ejemplo, para una prescripción con cilindro hay dos potencias focales, así como diferentes curvaturas de la superficie posterior. Como se usa aquí, P_x se refiere a la potencia focal más pequeña (con signo) y P_b a la potencia nominal mínima (con signo) de la superficie posterior. Por ejemplo, para la convención de cilindro negativo, una esfera +4 D con un cilindro -3 D a 90 grados corresponde a la potencia focal más pequeña P_x de +1 D. De manera correspondiente, una esfera -2 D con un cilindro -1 D corresponde a la potencia focal más pequeña P_x de -3 D.

En un refinamiento de la serie de lentes para gafas según el primer aspecto, cada lente puede ser una lente de menisco que tiene una potencia nominal positiva de superficie frontal (correspondiente a un radio de curvatura positivo) y una potencia nominal negativa de la superficie posterior (correspondiente a un radio de curvatura negativo). Tal tipo de lente también puede denominarse lente de forma curvada que tiene una superficie frontal convexa o curvada positivamente y una superficie posterior cóncava o curvada negativamente. Tal tipo de lente también puede denominarse lente doblada que tiene un menisco, lo que significa forma de "de cuarto creciente". Las lentes dobladas usan curvas frontales convexas y curvas posteriores cóncavas.

En un refinamiento adicional de la serie de lentes para gafas, dicha misma potencia nominal de la superficie frontal en el intervalo superior de potencias focales puede estar entre al menos una de +8 D y +15 D, +8 D y +13,5 D, y +10 D y +12 D correspondientes a una curva de superficie frontal que tiene un radio de entre al menos uno de +66 mm y +35 mm, +66 mm y +39 mm, +53 mm y +44 mm.

5 La potencia nominal de la superficie frontal en el intervalo superior de potencias focales puede corresponder a una potencia nominal máxima (predeterminada o prestablecida) de la superficie frontal, en particular una potencia nominal máxima de la superficie frontal compatible con las monturas de gafas convencionales. De forma alternativa o además, la potencia nominal máxima de la superficie frontal se puede determinar mediante piezas elementales de lente esférica semiacabadas disponibles en la fabricación. Ventajosamente, en la fabricación se utilizan piezas elementales de lente esférica semiacabadas compatibles con monturas convencionales. Ventajosamente, se puede proporcionar una lente óptica o una serie de lentes ópticas que tienen una potencia nominal de la superficie frontal de entre +8 D y 10,5 D (entre 66 mm y 50 mm), en particular que tienen una potencia nominal de la superficie frontal o límite superior del intervalo de +8 D ($r = 66$ mm), +9 D ($r = 59$ mm) o +10 D ($r = 53$ mm).

10 En un refinamiento adicional de la serie de lentes para gafas, dicha misma potencia mínima nominal de la superficie posterior en el intervalo inferior de potencias focales puede estar entre al menos una de -15 D y -8 D, -14 D y -8 D, -13,5 D y -10 D, correspondiente a una curva de la superficie posterior que tiene un radio entre al menos uno de -35 mm y -66 mm, -38 mm y -66 mm, y -39 mm y 53 mm.

15 La potencia nominal mínima de la superficie posterior del segundo intervalo inferior puede corresponder a una potencia nominal mínima (predeterminada o prestablecida) de la superficie posterior, en particular una potencia nominal mínima de la superficie posterior compatible con un generador de forma libre. Ventajosamente, la potencia nominal mínima de la superficie posterior (es decir, el valor negativo de una cantidad máxima de curvatura de la superficie posterior) se adapta para ser cortada y pulida con generadores de forma libre (existentes). En una realización ejemplar, la restricción puede ser que la superficie posterior esférica, atórica o de forma libre no supere -13,25 D de curvatura en cualquier ubicación. Por lo tanto, el generador de forma libre puede ser capaz de cortar un radio de curvatura de hasta $r = -40$ mm. Sin embargo, debe entenderse que el valor ejemplar dado no es necesariamente un límite estricto para los generadores de forma libre. Debe destacarse además que una "misma" curvatura puede referirse a un valor dado de $\pm 0,5$ D. Por lo tanto, pueden usarse piezas elementales de lente esférica semiacabadas para fabricar la superficie frontal en piezas elementales de lente esférica particulares, semiacabadas que tienen valores enteros de curvatura que ya pueden estar disponible en las líneas de fabricación existentes. En el ejemplo dado, se puede usar una potencia nominal de la superficie posterior de -13 D ($r = 41$ mm) en lugar de -13,25 D ($r = 40$ mm) junto con una potencia nominal de la superficie frontal nominal con un valor entero apropiado para proporcionar un valor de potencia focal deseado.

20 En un refinamiento adicional, dicho intervalo superior de potencias focales puede cubrir un intervalo de entre un umbral (predeterminado o primero) y +4 D; y dicho intervalo inferior de potencias focales puede cubrir un intervalo de entre -6 D y dicho umbral (predeterminado o primero). Alternativamente, se pueden usar diferentes umbrales para el intervalo superior e inferior. Sin embargo, ventajosamente, el intervalo deseado de potencias focales de las lentes de la serie se divide en dos, en particular exactamente en dos secciones, referidas como el intervalo inferior y el intervalo superior de potencias focales.

25 En un refinamiento, dicho umbral predeterminado es indicativo de una suma de dicha (misma) potencia nominal de la superficie frontal de dicho intervalo superior y dicha (mínima) potencia nominal mínima de la superficie posterior de dicho intervalo inferior. Por ejemplo, la (misma) potencia nominal de la superficie frontal del intervalo superior puede ser indicativa de piezas elementales de lente esférica semiacabada compatibles con monturas convencionales. Por ejemplo, dicha (misma) potencia nominal mínima de la superficie posterior de dicho intervalo inferior puede ser indicativa de una curvatura negativa máxima en cualquier ubicación de la superficie posterior que pueda ser fabricada por un generador de forma libre. En una implementación práctica de una serie de lentes, es probable que la (misma) potencia nominal mínima de la superficie posterior tenga un valor absoluto mayor que la (misma) potencia nominal de la superficie frontal. Por ejemplo, suponiendo que una potencia esférica nominal de la superficie frontal no puede exceder de 12 D ($r = 44$ mm) y la potencia nominal de la superficie posterior no puede exceder de -13,25 D ($r = 40$ mm), el umbral predeterminado puede establecerse en -1,25 D. Sin embargo, dicho umbral predeterminado también se puede establecer en valores enteros de dioptrías, por ejemplo, entre -4 D y +1 D, en particular entre -3 D y 0 D, preferiblemente una de -4 D, -3 D, -2 D, -1 D, 0 D o +1 D.

30 En una realización, la superficie posterior se puede adaptar adicionalmente para proporcionar corrección astigmática. Por lo tanto, ventajosamente, la corrección astigmática se proporciona en la superficie posterior que puede ser fabricada fácilmente por un generador de forma libre. Se comprenderá que cualquier efecto de la corrección astigmática sobre la curvatura también puede conducir a un desplazamiento del intervalo superior e inferior de tal manera que las restricciones con respecto a la capacidad de fabricación aún se cumplan.

35 En un refinamiento, la lente de la serie de lentes se puede adaptar como una lente de visión única o lente progresiva. Ventajosamente, las contribuciones al poder progresivo también se implementan dando forma a la superficie posterior. Una ventaja es que la superficie posterior se puede fabricar fácilmente utilizando un generador de forma libre, por lo que se puede mantener la superficie frontal esférica. Por lo tanto, se pueden proporcionar lentes para gafas y/o piezas

elementales de lente semiacabadas en donde las superficies frontales de las series de lentes ya están terminadas de modo que solo la superficie posterior ha de ser procesada usando un generador de forma libre.

5 En un refinamiento, la serie (intervalo superior de) de elementos de lente puede comprender al menos tres lentes para gafas diferentes que tienen diferentes potencias focales P_x en dicho intervalo superior. En otras palabras, dicho intervalo superior puede comprender al menos tres tipos diferentes de lentes para gafas, en donde cada uno de dichos tipos diferentes de lentes para gafas de dicho intervalo superior proporciona potencias focales P_x diferentes por pares. De manera correspondiente, además o como alternativa, la serie (intervalo inferior de) de elementos de lente puede comprender al menos tres lentes para gafas diferentes que tienen diferentes potencias focales P_x en dicho intervalo inferior. En otras palabras, dicho intervalo inferior puede comprender al menos tres tipos diferentes de lentes para gafas, en donde cada uno de dichos tipos diferentes de lentes para gafas de dicho intervalo inferior proporciona potencias focales P_x diferentes por pares. La potencia focal P_x puede referirse a la potencia focal sin cilindro.

10 Opcionalmente, las potencias focales P_x de al menos dos de dichas al menos tres lentes para gafas (de dicho intervalo superior) que tienen diferentes potencias focales P_x en dicho intervalo superior pueden estar separadas por al menos 2 D, en particular por al menos 3 D. De manera correspondiente, las potencias focales P_x de al menos dos de dichas al menos tres lentes para gafas (de dicho intervalo inferior) que tienen potencias focales diferentes P_x en dicho intervalo inferior pueden estar separadas por al menos 2 D, en particular por al menos 3 D. Por lo tanto, dicho intervalo inferior y/o dicho intervalo superior puede cubrir cada uno, una parte sustancial de un intervalo entre -6 D y +4 D. Además, o como alternativa, la potencia focal P_x de al menos dos de dichas al menos tres lentes para gafas de dicho intervalo superior puede estar separada por no más de 0,5 D, en particular por no más de 0,25 D. De este modo, los diferentes intervalos pueden abordarse de manera rentable con lentes para gafas que tienen baja distorsión.

15 Opcionalmente, la serie de elementos de lente, en dicho intervalo inferior puede comprender solo lentes para gafas en las que las potencias nominales de la superficie frontal están separadas por 1 D ($\pm 25\%$). Una ventaja de esta realización es que también en dicho intervalo inferior solo se ha de proporcionar un número limitado de discos que tienen una superficie frontal esférica, p. ej., a intervalos de 1 D. Por lo tanto, el costo de fabricación puede reducirse aún más.

25 Se comprenderá que una lente de visión única puede corresponder esencialmente a una zona de visión de lejos de una lente progresiva. Las características proporcionadas para las lentes de la serie pueden aplicarse al menos para la zona de visión de lejos de una lente progresiva. Ventajosamente, también se aplican para una o más zonas adicionales de la lente progresiva, por ejemplo, una zona de visión de cerca.

30 Debe entenderse que las características mencionadas anteriormente y las que aún deben explicarse a continuación pueden usarse no solo en la combinación indicada respectivamente, sino también en otras combinaciones o por separado, sin apartarse del alcance de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a continuación. En los siguientes dibujos

35 La Fig. 1 muestra un dibujo de una elipse de Tscherning que incluye la sección inferior de Ostwalt y la sección superior de Wollaston;

La Fig. 2 muestra un diagrama de la potencia nominal de la superficie frontal en función de la potencia focal para dos series de lentes;

La Fig. 3 muestra un diagrama de varias lentes ejemplares de una serie de lentes de curva base alta;

40 La Fig. 4 muestra un diagrama de reducción de la distorsión en función de la potencia focal para la serie de lentes de la Fig. 2;

La Fig. 5 muestra cuatro gráficos de rejillas con trazado de rayos indicativas de la distorsión para cuatro lentes ejemplares;

La Fig. 6 muestra un gráfico del desenfoque de RMS para las lentes correspondientes a la Fig. 5;

45 La Fig. 7 muestra un diagrama de flujo esquemático de un método según un aspecto de la presente descripción;

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo esquemático de un método adicional según un aspecto de la presente descripción; y

La Fig. 9 muestra gafas según un aspecto adicional de la descripción.

Descripción de realizaciones preferidas

La Fig. 1 muestra un dibujo de una elipse 1 de Tscherning. En 1904, M. Tscherning demostró matemáticamente que, de hecho, hay dos curvas esféricas 2,3 recomendadas mejores o "de mejor forma" para cada potencia focal de la lente: una serie más pronunciada y una serie más plana. La serie más pronunciada también se conoce como la sección 3 de Wollaston y se basa en las soluciones más pronunciadas de la fórmula de Tscherning. La serie inferior también se conoce como la sección 2 de Ostwalt y se basa en la solución más plana de la fórmula de Tscherning. La rama Ostwalt más plana de la elipse sirve como base para las lentes modernas de "mejor forma".

La elipse de Tscherning indica la curva base esférica óptima o potencia nominal de la superficie frontal para usar con cada potencia focal a fin de reducir o eliminar la aberración de la lente. Las lentes esféricas convencionales siguen de cerca el frente más plano y de menor curvatura, a pesar de que se ha encontrado que la rama de la curva base más alta produce lentes con menos distorsión. Sin embargo, las formas de lente más planas, aunque más delgadas y livianas, pueden producir aberraciones significativas de la lente, incluidos errores de potencia esféricas y astigmáticos más grandes en la periferia de la lente.

Las lentes asféricas (y atóricas) convencionales generalmente usan curvas base más planas incluso que lo sugerido por la rama inferior de la elipse de Tscherning. Esto puede dar como resultado lentes aún más delgadas y livianas. La asfericidad puede mantener el buen rendimiento óptico en términos de desenfoque, pero la curva base más baja aumenta la distorsión.

Según la elipse 1 de Tscherning, cada potencia focal individual se debe hacer usando una curvatura de la superficie frontal separada. Las primeras lentes de mejor forma utilizaron este enfoque, que requería un inventario masivo y costoso de piezas elementales de lente.

La Fig. 2 muestra un diagrama que ilustra una potencia nominal de la superficie frontal o curva base en función de la potencia focal P_x para una primera serie S1 de lentes y la segunda serie S2 de lentes para gafas. Las lentes pueden ser, por ejemplo, CR39 o lentes de carbonato de alil diglicol (ADC). El eje horizontal denota la potencia focal en dioptrías [D], mientras que el eje vertical denota la potencia nominal de la superficie frontal en dioptrías [D].

La serie S1 muestra una serie de lentes para gafas según un aspecto de la presente descripción. Las lentes poseen una superficie frontal esférica que tiene potencias nominales respectivas de la superficie frontal, como se muestra a modo de ejemplo en la Fig. 2. Las superficies frontales esféricas junto con las superficies posteriores de las lentes de la serie S1 están adaptadas para proporcionar distintas potencias focales P_x , en el ejemplo dado de entre -6 D y +4 D. Se pueden proporcionar otros intervalos de potencias focales, por ejemplo, comenzando desde -5 D, -4 D o -3 D y llegando hasta +1 D, +2 D o +3 D. Al menos una lente, en particular al menos dos, tres o cuatro lentes, de la serie S1 proporcionan una potencia focal P_x de entre 0,75 D y +2,25 D, en particular de entre -0,5 D y +2,00 D. Debe entenderse que se pueden proporcionar lentes adicionales entre los artículos ilustrados en la Fig. 2, por ejemplo, puede proporcionarse una separación de 0,25.

La serie S1 de lentes para gafas proporciona un intervalo 13 de potencias focales que comprende o consiste en un primer intervalo superior 11 de potencias focales y un segundo intervalo inferior 12 de potencias focales. Para el intervalo superior 11 de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal. En el ejemplo dado, se utiliza una potencia nominal máxima de la superficie frontal de 12 D. Opcionalmente, al menos dos lentes de la serie, por ejemplo, dos lentes del intervalo superior y/o dos lentes del intervalo inferior, están separadas por no más de 0,5 D, en particular por no más de 0,25 D en términos de su potencia focal P_x . Además, o como alternativa, al menos dos lentes de la serie, por ejemplo, dos lentes del intervalo superior y/o dos lentes del intervalo inferior, están separadas por al menos 2 D, en particular por al menos 3 D en términos de su potencia focal P_x .

Por ejemplo, dicho intervalo superior puede comprender al menos tres tipos diferentes de pares de lentes para gafas, en donde cada uno de dichos diferentes tipos de lentes para gafas de dicho intervalo superior proporciona potencias focales P_x diferentes por pares. En este caso, la serie puede no incluir necesariamente al menos una lente de la serie que proporcione una potencia focal P_x entre 0,75 D y +2,25 D. Además, o como alternativa, dicho intervalo inferior puede comprender al menos tres tipos diferentes de pares de lente para gafas, en donde cada uno de dichos diferentes tipos de lente para gafas de dicho intervalo inferior proporciona potencias focales P_x diferentes por pares. Las potencias de potencia focal P_x de al menos dos de dichos tipos diferentes de pares de lentes para gafas de dicho intervalo superior pueden estar separadas por al menos 2 D, en particular por al menos 3 D.

Ventajosamente, la serie de lentes para gafas utiliza una potencia nominal máxima de la superficie frontal disponible (que se ajusta a las monturas convencionales) que también permite cortar y pulir la superficie posterior con generadores de forma libre existentes. Se entenderá que p. ej., se pueden usar valores de dioptrías enteros para la curva para facilitar la fabricación y para reducir el inventario y para proporcionar compatibilidad con herramientas de fabricación y/o monturas de gafas convencionales. En una realización, dicha potencia nominal (igual o constante) de la superficie frontal en el intervalo superior 11 de potencias focales puede ser un valor, es decir, el mismo valor a lo largo de todo este intervalo superior para las distintas lentes de la serie, entre +8 D y +15 D, preferiblemente entre +8 D y +13,5 D, preferiblemente entre +10 D y +12 D, correspondiente a un radio de curvatura de entre +66 mm y +35 mm, preferiblemente de entre +66 mm y +39 mm, preferiblemente de entre + 53 mm y +44 mm. En particular, la potencia nominal de la superficie frontal del intervalo superior de potencias focales puede corresponder a una potencia nominal máxima predeterminada de la

superficie frontal, en particular a una potencia nominal máxima de la superficie frontal compatible con monturas y/o herramientas de fabricación convencionales.

Como se muestra en la Fig. 2, la serie de lentes para gafas comprende además un segundo intervalo inferior 12 de potencias focales con lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior. Como se explicó anteriormente, el intervalo superior 11 de potencias focales puede estar limitado por la potencia nominal máxima de la superficie frontal, mientras que el intervalo inferior 12 de potencias focales puede estar limitado por la potencia nominal mínima de la superficie posterior que ha de ser cortada y pulida con generadores de forma libre existentes. La potencia nominal mínima de la superficie posterior en este documento se refiere a la potencia nominal máxima negativa de la superficie posterior en cualquier ubicación de la lente para gafas.

En el intervalo inferior 12 de potencias focales, la potencia nominal mínima (igual o constante) de la superficie posterior en cualquier ubicación de la lente puede estar entre -15 D y -8 D, preferiblemente entre -14 D y -8 D, preferiblemente entre -13,5 D y -10 D, correspondiente a un radio de curvatura de entre -35 mm y -66 mm, preferiblemente de entre -38 mm y -66 mm, preferiblemente de entre -39 mm y -53 mm. Por ejemplo, la potencia nominal de la superficie posterior no puede exceder de 13,25 D, correspondiente a un radio de curva base verdadero de $r=40$ mm, como límite dado por un generador de forma libre ejemplar para la fabricación. Por lo tanto, la potencia nominal mínima de la superficie posterior del intervalo inferior puede corresponder a una potencia nominal mínima predeterminada de la superficie posterior, en particular una potencia nominal mínima de la superficie posterior o el radio de curvatura correspondiente compatible con un generador de forma libre.

La serie S1 de lentes para gafas puede cubrir un intervalo 13 que consiste en un intervalo inferior 12 y un intervalo superior 11 de potencias focales. Dicho intervalo superior de potencias focales puede cubrir un intervalo entre un umbral predeterminado y +4 D y dicho intervalo inferior 12 de potencias focales puede cubrir un intervalo entre -6 D y dicho umbral predeterminado. En una realización, dicho umbral predeterminado es indicativo de una suma de dicha (misma) potencia nominal de la superficie frontal de dicho intervalo superior 11 y de dicha (misma) potencia nominal mínima de la superficie posterior de dicho intervalo inferior 12. Por ejemplo, para una potencia nominal de la superficie frontal de dicho intervalo superior de 12 D ($r=44$ mm) y una potencia mínima nominal de la superficie posterior de dicho intervalo inferior de -13,5 D ($r=39$ mm), el umbral predeterminado puede establecerse en -1,5 D. Se apreciará que la transición exacta entre el intervalo superior 11 e inferior 12 puede depender de la curva base más inclinada compatible con las monturas de gafas o instalaciones de fabricación previstas, tales como las piezas elementales de lente esférica semiacabadas disponibles por un lado y las instalaciones manuales y de fabricación para la potencia nominal de la superficie posterior, tal como una curvatura mínima (máxima negativa) que puede ser proporcionada por un generador de forma libre. De manera correspondiente, con referencia a la Fig. 2, esto afectará la forma del diagrama de la serie S1 de gafas. En el ejemplo que se muestra, se supone que la (misma) potencia nominal de la superficie frontal en el intervalo superior y la (misma) potencia nominal de la superficie posterior en el intervalo inferior son +12 D ($r=+44$ mm) y -12 D ($r=-44$ mm) respectivamente.

Como se puede ver en la Fig. 2, la forma de la potencia nominal de la superficie frontal en el intervalo inferior 12 aumenta casi linealmente con la potencia focal. Para dicha misma potencia nominal mínima o constante de la superficie posterior en el intervalo inferior 12, la potencia focal deseada P_x se ajusta seleccionando potencias esféricas nominales de la superficie frontal en consecuencia para proporcionar, junto con la superficie posterior de la lente, una potencia focal deseada.

Con la solución propuesta en este documento, es posible seguir una filosofía de diseño de curva base alta sin aumentar el costo de fabricación. Además, se ha encontrado que, en contraste con los diseños de curvas base muy planas, se puede alcanzar una distorsión menor.

La filosofía de diseño de curva base alta se proporciona ventajosamente en toda la serie. Por lo tanto, incluso para potencias focales bajas de entre 0,75 D y +2,25 D, en particular entre -0,5 D y +2,00 D, la condición de $15,5 \text{ D} \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 \text{ D}$ se cumple para al menos un elemento de lente, en particular para al menos dos, tres o más (o todos) los elementos de lente.

Con referencia de nuevo al intervalo inferior 12 de la Fig. 2, una pendiente del aumento de la potencia nominal de la superficie frontal en el intervalo inferior 12 con potencia focal puede ser mayor que uno debido a un aumento en la 'asferización' para aumentar las potencias negativas. Por lo tanto, se pueden omitir una o más potencias nominales disponibles de la superficie frontal para aproximarse a una potencia nominal máxima posible de la superficie frontal sin exceder las restricciones de curvatura de la superficie posterior.

La Fig. 3 muestra lentes para gafas ejemplares de la serie S1 propuesta de lentes de la Fig. 2. Como se explicó anteriormente, para el intervalo superior 11 de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen las mismas potencias nominales de la superficie frontal y se logra la potencia focal deseada P_x adaptando la superficie posterior. Para el intervalo inferior 12 de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie posterior y se ajusta la potencia focal P_x deseada seleccionando la potencia esférica nominal de la superficie frontal correspondiente.

Para el gráfico de la Fig. 3, se supone un índice de refracción $n=1,53$. Se comprenderá que se pueden proporcionar lentes adicionales como se muestra a modo de ejemplo en la Fig. 3 para potencias focales P_x adicionales. En particular, se pueden proporcionar potencias focales en pasos de un cuarto de dioptría. En este caso, las superficies frontales esféricas, sin embargo, solo se pueden proporcionar en pasos de dioptrías completas y la potencia nominal de la superficie posterior se puede ajustar en consecuencia. Esto permite una fabricación eficiente ya que solo se debe proporcionar un inventario limitado de piezas elementales de lente esférica semiacabadas para generar la superficie frontal esférica y la superficie posterior se puede generar utilizando generadores de forma libre existentes. Por lo tanto, para el intervalo inferior 12 de potencias focales, como se usa en este documento, las lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior pueden referirse a lentes que tienen una potencia nominal mínima de la superficie posterior dentro de un intervalo de $\pm 0,5$ dioptrías. Se comprenderá que la potencia nominal mínima de la superficie posterior puede estar limitada por la curvatura mínima (negativa) que puede ser proporcionada por el generador de forma libre utilizado para la fabricación. Así, la potencia nominal mínima admisible de la superficie posterior puede encontrarse dentro de una banda de tolerancia de $+1,0$ a $-0,0$ D de dicha curvatura mínima (negativa) que puede ser proporcionada por el generador de forma libre.

Se comprenderá que también se puede usar un material de lente que tenga un índice de refracción diferente. Por ejemplo, un material de lente que tenga un índice de refracción de $n=1,499$, un material de alto índice que tenga un índice de refracción de $n=1,670$, en general se puede usar cualquier material adecuado para fabricar una lente para gafas.

Con referencia de nuevo a la Fig. 2, se muestra una segunda serie S2 de lentes para su comparación. La segunda serie S2 sigue una curva base más baja. Esta curva base más baja puede estar cerca de la sección de Ostwalt de la elipse de Tscherning, como se muestra en la Fig. 1.

La Fig. 4 muestra un diagrama que compara la distorsión proporcionada por la serie S1 de lentes que tiene una curva base alta y la segunda serie S2 de lentes. El eje horizontal indica la potencia focal en dioptrías [D], mientras que el eje vertical indica la reducción de la distorsión en [%]. El gráfico compara así la distorsión para una serie de lentes de diseño de curva base baja con una serie de lentes de distorsión reducida como se propone en este documento. Para el gráfico que se muestra en la Fig. 4, la restricción es que la potencia nominal de la superficie posterior no puede exceder de 13,25 D (correspondiente a tener un radio de curvatura de no menos de 40 mm) en cualquier ubicación y la potencia esférica nominal de la superficie frontal no puede exceder de +12 D (correspondiente a tener un radio de curvatura de no menos de 44 mm). Como se puede ver en la Fig. 4, la distorsión se puede reducir significativamente con la serie S1 de lentes. La distorsión se puede reducir en más del 50% en un intervalo significativo de potencias focales P_x . Para el gráfico que se muestra en la Fig. 4, la distorsión se calcula como la diferencia en la ampliación equivalente media en el centro de una cuadrícula de 20 m x 20 m con trazado de rayos ubicada a 10 m de distancia directamente enfrente del observador y el valor en cualquiera de las esquinas. Incluso para potencias focales bajas, se ha encontrado una mejora de P_x como lo indica la lente ejemplar de +1 D de la serie.

La Fig. 5 muestra diagramas de cuadrículas de rayos para cuatro posibles lentes diferentes de visión única de potencia focal -5 D. Los diseños tienen cuatro superficies frontales esféricas diferentes como se indica en la Fig. 5; de izquierda a derecha una potencia esférica nominal de la superficie frontal de $P_f = +0,5$ D, +3 D, +8 D y +18 D (correspondiente a un radio de curvatura de $r=+1,1$ m, +0,18 m, +66 mm y +29 mm). Los diseños correspondientes al primer y tercer gráficos poseen superficies posteriores esféricas, mientras que los diseños correspondientes al segundo y cuarto gráficos poseen superficies posteriores esféricas.

El primer diseño (más a la izquierda en la Fig. 5) que tiene la potencia esférica nominal frontal de +0,5 D es una lente de superficie posterior esférica de curva base plana. El segundo diseño que tiene la potencia esférica nominal de +3 D corresponde a la rama inferior (sección Ostwalt) de la elipse de Tscherning. El tercer diseño se refiere a un diseño de lente según un aspecto de la presente descripción. El cuarto diseño que tiene una superficie posterior esférica muy inclinada corresponde a la elipse de Tscherning, rama superior (sección de Wollaston), como se muestra en la Fig. 1.

En la Fig. 5, se supone que la cuadrícula sea de 20 m x 20 m ubicada a 10 m de distancia directamente enfrente del observador. Por lo tanto, se cubre un campo de visión de $\pm 45^\circ$. Obviamente, como se puede ver en la Fig. 5, cuanto más inclinada es la curva frontal, menor es la distorsión de la cuadrícula. Se ha encontrado que mediante la combinación propuesta de filosofía de diseño de curva base alta utilizando la curva más inclinada que es (a) compatible con las monturas existentes y tal que (b) la superficie posterior no es demasiado inclinada para ser cortada y pulida con generadores de forma libre se puede proporcionar una lente de distorsión mejorada con un esfuerzo razonable. Sin embargo, el diseño que se muestra en la cuarta Fig. de la Fig. 5 mejora aún más la distorsión, a costa de una fabricación bastante compleja e incompatibilidad con los procesos de producción en masa y/o monturas convencionales existentes.

La Fig. 6 muestra el desenfoque RMS (raíz media cuadrada) durante ± 45 grados de rotación del ojo. Se puede ver que las características de desenfoque de las cuatro lentes de la Fig. 5 son similares. Por lo tanto, con el diseño propuesto en este documento, se puede proporcionar una distorsión mejorada al mismo tiempo que se mantiene el buen rendimiento de desenfoque RMS de las lentes de mejor forma.

La Fig. 7 muestra un diagrama de flujo de un método 70 según un aspecto de la presente descripción. Los métodos, como se usan en este documento, pueden referirse en particular a métodos implementados por ordenador. Se puede implementar un método en particular mediante el uso de un medio legible por ordenador no transitorio. La Fig. 7 ilustra un método para determinar una lente para gafas, teniendo la lente para gafas una superficie frontal esférica y una superficie posterior asférica, atórica o de forma libre. La superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente está adaptada para proporcionar una potencia focal P_x de entre -6 D y +4 D, en particular de entre -0,75 D y +2,25 D, en particular de entre -0,5 D y +2,00 D. La superficie frontal esférica tiene una potencia nominal de superficie frontal P_f y la superficie posterior tiene una potencia nominal de superficie posterior P_b en donde $15,5 \text{ D} \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 \text{ D}$.

Ventajosamente, para cada lente de la serie, la potencia nominal de la superficie frontal P_f está por encima de una potencia nominal de la superficie frontal proporcionada por la sección de Ostwalt y por debajo de la sección de Wollaston de la elipse de Tscherning para el intervalo deseado de potencias focales. Así, la potencia nominal de la superficie frontal puede exceder la sección de Ostwalt en al menos un primer umbral predeterminado de, por ejemplo, 1 D o 2 D y permanecer por debajo de la sección de Wollaston de la elipse de Tscherning en al menos un segundo umbral predeterminado de, por ejemplo, 1 D o 2 D. En este contexto, la elipse de Tscherning se puede derivar de la ecuación de von Rohr corregida (después de Morgan) resuelta para la visión de lejos de punto focal (astigmatismo cero). Se comprenderá que el término que determina una lente para gafas se refiere al diseño (individualmente) de una lente de prescripción para un usuario o la selección de una lente de stock (acabada).

En una primera etapa S101, se obtienen los datos de prescripción de gafas del ojo de un usuario, comprendiendo los datos de prescripción una potencia focal del ojo del usuario. Los datos de prescripción también pueden comprender información de la posición de uso del usuario, tal como la inclinación, la envoltura y/o la distancia del vértice posterior. Esto permite que la superficie posterior (de forma libre) sea optimizada aún más para el usuario. Para una lente de stock, los datos de prescripción pueden indicar la potencia focal deseada que proporcionará la lente de stock.

En una segunda etapa S102 se determina si la potencia focal pertenece a un primer intervalo superior de potencias focales, en el que se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de superficie frontal; o a un segundo intervalo inferior de potencias focales, en el que se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior. Para este propósito, se puede utilizar una función como, por ejemplo, se ha mostrado por la serie S1 en la Fig. 2 que vincula las potencias focales a un intervalo superior de potencias focales y un intervalo inferior de potencias focales. Dicha función se puede proporcionar como una tabla de consulta en un medio de almacenamiento o unidad de procesamiento. Por lo tanto, se decide, como indica el bloque S103, si la potencia focal pertenece al primer intervalo superior o al segundo intervalo inferior.

En la etapa S104, si la potencia focal pertenece al intervalo superior, se selecciona dicha (misma) potencia nominal de la superficie frontal y se determina la potencia nominal de la superficie posterior de tal manera que la superficie esférica frontal junto con la superficie posterior de las lentes proporciona la potencia focal.

Alternativamente, en la etapa S105, si la potencia focal pertenece a un intervalo inferior, se selecciona dicha (misma) potencia nominal mínima de la superficie posterior y se determina la potencia nominal de la superficie frontal de manera que la superficie esférica frontal junto con la superficie posterior de la lente proporciona la potencia focal.

En una etapa adicional opcional S106, la lente para gafas se fabrica según el diseño de lente mencionado anteriormente. De este modo, se proporciona un método para fabricar una lente para gafas.

Con referencia ahora a la Fig. 8, se proporciona una descripción más abstracta del concepto subyacente en el que en una primera etapa S201 se obtienen datos de prescripción de un ojo de un usuario, comprendiendo los datos de prescripción una potencia focal. Basado en esto, en la etapa S202, se selecciona la curva base para la potencia nominal de la superficie frontal como la curva más inclinada que es (a) compatible con las monturas existentes bajo la condición de límite de que (b) la superficie posterior no es demasiado inclinada para que sea cortada y pulida con generadores de forma libre existentes. La potencia nominal esférica de la superficie frontal se determina de modo que la superficie esférica frontal junto con la superficie posterior de la lente proporcione la potencia focal deseada. Basado en este diseño de lente, se puede fabricar una lente para gafas en otra etapa S203 de fabricación opcional.

La Fig. 9 muestra gafas 90 según un aspecto adicional de la presente descripción que comprende lentes 20 para gafas izquierda y derecha seleccionadas a partir de una serie S1 de lentes para gafas como se describió anteriormente y una montura 91 de gafas que incluye piezas de patillas izquierda y derecha 92, 93 y un puente 94 para la nariz para soportar las lentes para gafas en la cara de un usuario.

En conclusión, se proporciona una serie de lentes de distorsión reducida que permite una filosofía de diseño de curva base alta mientras que al mismo tiempo proporciona una posibilidad de fabricación mejorada. Los diseños actuales de lentes convencionales tienden a usar la curva base práctica más plana para una potencia focal dada principalmente por razones estéticas y para reducir el peso de la lente. Sin embargo, esas lentes pueden sufrir altos niveles de distorsión. El diseño sugerido en el documento US 6.142.624 mencionado anteriormente utilizaba curvas base ideales pero muy inclinadas que producen lentes con muy baja distorsión pero que requerían procesos de fabricación no convencionales, tenían una cobertura de potencia focal limitada y requerían monturas especiales. Sin embargo, la solución propuesta en

este documento puede permitir ventajosamente el uso de piezas elementales de lente esférica semiacabadas para lentes compatibles con monturas convencionales junto con una superficie posterior esférica, atórica o de forma libre producida por generadores de forma libre existentes. Por lo tanto, se proporciona una lente de distorsión reducida que puede tener una distorsión reducida sin aumentar el desenfoque o el costo.

5 Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción anterior, dicha ilustración y descripción deben considerarse ilustrativas o ejemplares y no restrictivas; la invención no se limita a las realizaciones descritas. Los expertos en la materia pueden entender y realizar otras variaciones de las realizaciones descritas al poner en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas.

10 En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" "una" o "uno" no excluye una pluralidad. Un solo elemento u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos enumerados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar con ventaja.

15 Un programa de ordenador puede almacenarse/distribuirse en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también puede distribuirse en otras formas, como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicaciones por cable o inalámbricos.

Cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitantes del alcance.

REIVINDICACIONES

1. Una serie (S1) de lentes (20) para gafas, teniendo cada lente una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre;
- 5 en donde cada lente (20) de la serie (S1) proporciona una potencia focal P_x entre -6 D y +4 D; y en donde al menos una lente (20) de la serie (S1) proporciona una potencia focal P_x de entre al menos una de (a) -0,75 D y +2,25 D y (b) -0,5 D y +2,00 D;
- en donde, para un intervalo superior (11) de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal (21) de la superficie frontal, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal; y
- 10 en donde, para un intervalo inferior (12) de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima (22) de la superficie posterior, en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor absoluto mínimo de un radio de curvatura de la superficie posterior;
- la superficie frontal (21) esférica tiene una potencia nominal P_f de la superficie frontal y la superficie posterior (22) tiene una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$ se aplica para cada lente para gafas de la serie.
- 15
2. La serie de lentes para gafas de la reivindicación 1, en donde cada lente (20) es una lente de menisco que tiene una potencia nominal positiva (21) de la superficie frontal y una potencia nominal negativa (22) de la superficie posterior.
3. La serie de lentes para gafas de la reivindicación 1 o 2, en donde dicha misma potencia nominal (21) de la superficie frontal en el intervalo superior de potencias focales está entre al menos una de +8 D y +15 D, +8 D y +13,5 D, y +10 D y +12 D, correspondientes a una curva de superficie frontal que tiene un radio de entre al menos uno de +66 mm y +35 mm, +66 mm y +39 mm, +53 mm y +44 mm.
- 20
4. La serie de lentes para gafas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha misma potencia nominal mínima (22) de la superficie posterior en el intervalo inferior (12) de potencias focales está entre al menos una de -15 D y -8 D, -14 D y -8 D, y -13,5 D y -10 D, correspondientes a una curva de la superficie posterior que tiene un radio de entre al menos uno de -35 mm y -66 mm, -38 mm y -66 mm, y -39 mm y -53 mm.
- 25
5. Lente (20) para gafas que tiene una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre, en donde la lente proporciona una potencia focal P_x de entre +0,25 D y +2,25 D; teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de la superficie frontal y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal y en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor mínimo absoluto de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$.
- 30
6. Gafas (90) que comprenden una lente (20) para gafas según la reivindicación 5; y una montura (91) para gafas que incluye piezas de patilla izquierda y derecha (92, 93) y un puente (94) para la nariz para soportar las lentes para gafas en la cara de un usuario.
- 35
7. Un método (70) implementado por ordenador para determinar o diseñar una lente (20) para gafas, teniendo la lente para gafas una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre; en donde la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente está adaptada para proporcionar una potencia focal P_x entre al menos una de (a) -6 D y +4 D y (b) -0,75 D y +2,25 D; teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de la superficie frontal y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal y en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor mínimo absoluto de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$; comprendiendo el método las etapas de:
- 40
- obtener datos de prescripción de gafas del ojo de un usuario, comprendiendo los datos de prescripción una potencia focal (S101);
- 45
- determinar si la potencia focal pertenece a un intervalo superior de potencias focales, en el que se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal; o a un intervalo inferior de potencias focales, en el que se proporcionan (S102, S103), lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior;
- 50
- si la potencia focal pertenece al intervalo superior, seleccionar dicha potencia nominal de la superficie frontal y determinar la potencia nominal de la superficie posterior de tal manera que la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente proporcione (S104) la potencia focal, o

si la potencia focal pertenece al intervalo inferior, seleccionar dicha potencia nominal mínima de la superficie posterior y determinar la potencia nominal de la superficie frontal de tal modo que la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente proporcione (S105) la potencia focal.

- 5 8. Un método para fabricar una lente (20) para gafas, teniendo la lente para gafas una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre; en donde la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente está adaptada para proporcionar una potencia focal P_x entre al menos uno de (a) -6 D y +4 D y (b) -0,75 D y +2,25 D; teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de la superficie frontal y la superficie posterior tiene una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal y en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor mínimo absoluto de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$, comprendiendo el método las etapas de:

obtener datos de prescripción de gafas del ojo de un usuario, comprendiendo los datos de prescripción una potencia focal (S101);

- 15 determinar si la potencia focal pertenece a un intervalo superior de potencias focales, en donde se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal de la superficie frontal; o a un intervalo inferior de potencias focales, en donde se proporcionan (S102, S103) lentes que tienen la misma potencia nominal mínima de la superficie posterior;

si la potencia focal pertenece al intervalo superior, seleccionar dicha potencia nominal de la superficie frontal y determinar la potencia nominal de la superficie posterior de tal manera que la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente proporcione (S104) la potencia focal, o

- 20 si la potencia focal pertenece al intervalo inferior, seleccionar dicha potencia nominal mínima de la superficie posterior y determinar la potencia nominal de la superficie frontal de tal manera que la superficie frontal esférica junto con la superficie posterior de la lente proporcione (S105) la potencia focal; y

fabricar (S105) la lente para gafas según el diseño de la lente.

- 25 9. Método según se reivindica en 7 u 8, en el que la potencia nominal (21) de la superficie frontal en el intervalo superior (11) de potencias focales corresponde a una potencia nominal máxima predeterminada de la superficie frontal; y en la que la potencia nominal mínima (22) de la superficie posterior del intervalo inferior (12) corresponde a una potencia nominal mínima predeterminada de la superficie posterior.

- 30 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicho intervalo superior (11) de potencias focales cubre un intervalo entre un umbral predeterminado y + 4D; y en el que dicho intervalo inferior (12) de potencias focales cubre un intervalo entre -6 D y dicho umbral predeterminado.

11. Un producto de programa informático que comprende un código de programa para hacer que un ordenador lleve a cabo las etapas del método (70) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 cuando el programa informático se lleva a cabo en un ordenador o unidad de procesamiento.

12. Una serie (S1) de lentes (20) para gafas, teniendo cada lente

- 35 una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre;

en donde cada lente (20) de la serie (S1) proporciona una potencia focal P_x de entre -6 D y +4 D;

- 40 en donde, para un intervalo superior (11) de potencias focales, se proporcionan al menos tres lentes (20) que tienen la misma potencia nominal (21) de la superficie frontal, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal, en donde cada una de dichas al menos tres lentes (20) proporciona una potencia focal P_x diferente; y

en donde para un intervalo inferior (12) de potencias focales, se proporcionan lentes que tienen la misma potencia nominal mínima (22) de la superficie posterior, en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor absoluto mínimo de un radio de curvatura de la superficie posterior;

- 45 teniendo la superficie frontal (21) esférica una potencia nominal P_f de la superficie frontal y teniendo la superficie posterior (22) una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior; en donde $15,5 D \leq |P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5 D$ se aplica para cada lente para gafas de la serie; y

en el que la serie comprende al menos tres lentes para gafas que tienen diferentes potencias focales P_x en dicho intervalo superior; y en donde al menos dos de dichas al menos tres lentes para gafas de dicho intervalo superior están separadas en no más de 0,5 D en términos de su potencia focal P_x .

13. Una serie (S1) de lentes para gafas según la reivindicación 12, en donde las potencias focales P_x de al menos dos de dichas al menos tres lentes para gafas que tienen potencias focales P_x diferentes en dicho intervalo inferior están separadas por al menos uno de al menos 2 D y al menos 3 D.

5 14. Lente (20) para gafas que tiene una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre, en donde la lente proporciona una potencia focal P_x entre al menos una de (a) -0,75 D y +2,25 D y (b) -0,5 D y +2,00 D; teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de la superficie frontal y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal y en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor mínimo absoluto de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 \text{ D} \leq$
 10 $|P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5\text{D}$; en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a una potencia nominal máxima predeterminada de la superficie frontal entre al menos una de +10 D y +15 D, y +10 D y +12 D, correspondiente a una curva de la superficie frontal que tiene un radio entre al menos uno de +53 mm y +35 mm, y +53 mm y +44 mm, o en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a una potencia nominal mínima predeterminada de la superficie posterior entre al menos una de -15 D y -10 D, y -13,5 D y -10 D, correspondiente a una
 15 curva de la superficie posterior que tiene un radio entre al menos uno de -35 mm y -53 mm, y -39 mm y - 53 mm.

15. Lente (20) para gafas que tiene una superficie frontal (21) esférica y una superficie posterior (22) esférica, atórica o de forma libre, en donde la lente proporciona una potencia focal P_x entre al menos una de (a) -0,75 D y +2,25 D y (b) -0,5 D y +2,00 D; teniendo la superficie frontal esférica una potencia nominal P_f de la superficie frontal y teniendo la superficie posterior una potencia nominal mínima P_b de la superficie posterior, en donde la potencia nominal de la superficie frontal corresponde a un radio de curvatura de la superficie frontal y en donde la potencia nominal mínima de la superficie posterior corresponde a un valor mínimo absoluto de un radio de curvatura de la superficie posterior; en donde $15,5 \text{ D} \leq$
 20 $|P_f| + |P_b| + |P_x| \leq 31,5\text{D}$; y

caracterizada por que la lente para gafas es una lente para gafas para corrección con potencia focal.

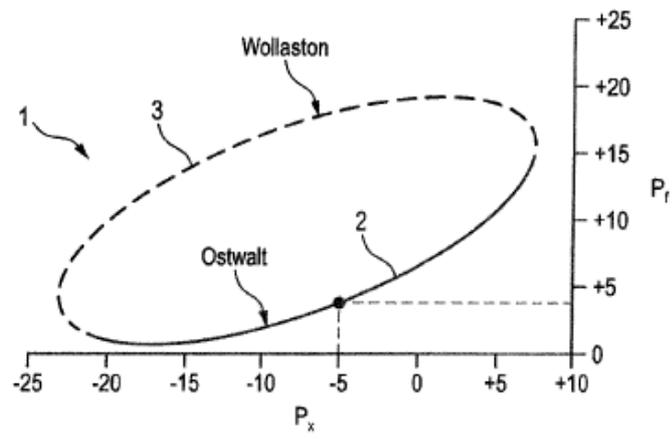


Fig. 1

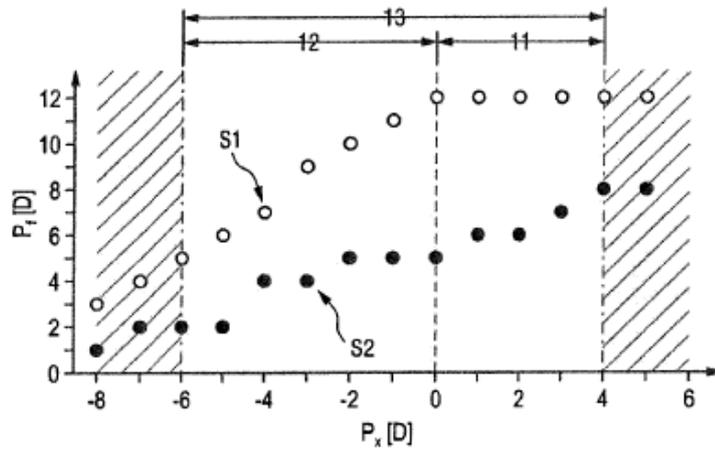


Fig. 2

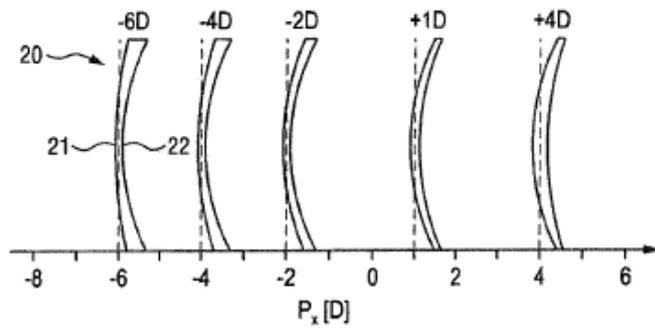


Fig. 3

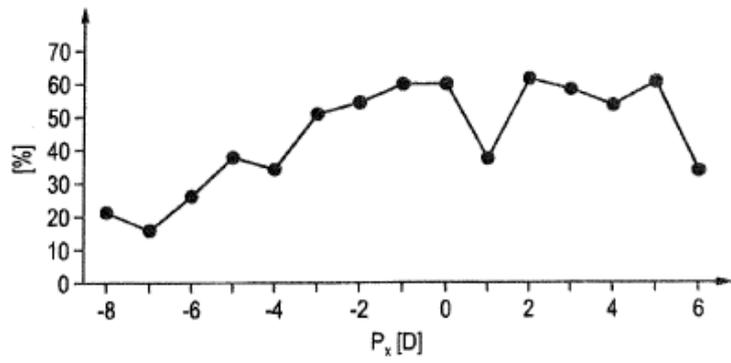


Fig. 4

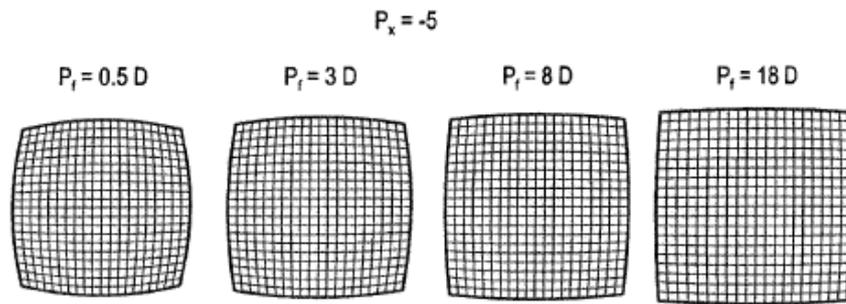


Fig. 5

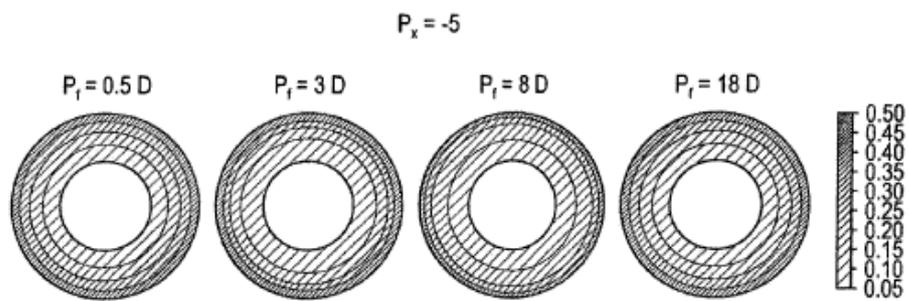


Fig. 6

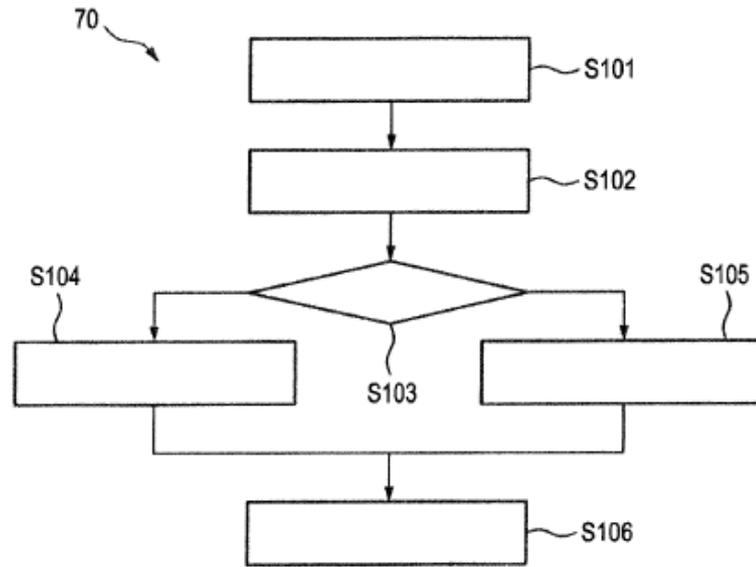


Fig. 7

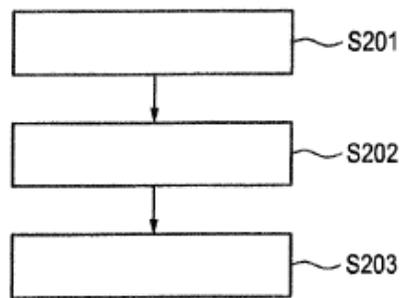


Fig. 8

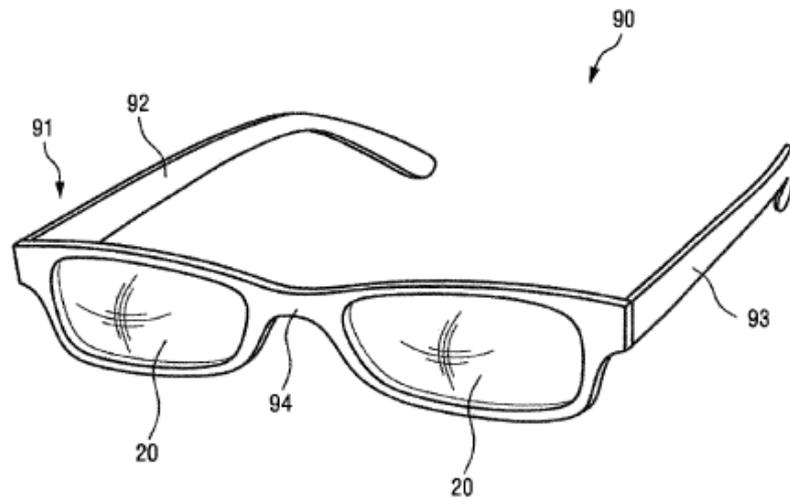


Fig. 9