

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 498**

51 Int. Cl.:

**B29D 11/00** (2006.01)

**G02C 7/02** (2006.01)

**G02C 7/06** (2006.01)

**B33Y 10/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2017 PCT/EP2017/076590**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2018 WO18073295**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2017 E 17790733 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 3529064**

54 Título: **Lente de gafas y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

**20.10.2016 EP 16194893**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.03.2021**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH  
(100.0%)  
Turnstrasse 27  
73430 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

**GLÖGE, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 811 498 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Lente de gafas y procedimiento para su fabricación

5 La invención se refiere a una lente de gafas según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 17 y a un procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una lente de gafas según el preámbulo de las reivindicaciones 11 y 18.

Por el estado de la técnica se conocen lentes de gafas en muchas variantes. Hay lentes de gafas sin un efecto dióptrico nominal y lentes de gafas correctivas, es decir, lentes de gafas con un efecto dióptico. Según DIN EN ISO 13666, apartado 9.3, efecto dióptico es el término genérico para el efecto de enfoque y prismático de una lente de gafas.

10 En el caso de las lentes correctivas se distingue entre lentes de gafas de visión única y lentes de gafas multifocales. Una lente de gafas de visión única es una lente de gafas que, desde un punto de vista constructivo, sólo presenta un efecto dióptico. Una lente de gafas multifocal es una lente de gafas cuya construcción incluye dos o más piezas visiblemente diferentes con distintos efectos de enfoque. De especial importancia son las lentes de gafas de doble visión o bifocales, concretamente las lentes de gafas multifocales de dos piezas, normalmente para la visión de lejos y de cerca, así como las lentes de gafas progresivas, en concreto las lentes de gafas con al menos una superficie progresiva y un efecto creciente (positivo) cuando el usuario de las gafas mira hacia abajo. Menos frecuentes son las lentes de gafas degresivas, es decir, las que tienen al menos una superficie progresiva y un efecto decreciente (es decir, un debilitamiento del efecto) cuando el usuario de las gafas mira hacia abajo.

20 La forma que la lente de gafas debe tener para lograr la corrección óptica deseada está en gran parte determinada por su material. En este caso, el parámetro más importante es el índice de refracción del material. Mientras que en el pasado las lentes de gafas se fabricaban principalmente a partir de lentes minerales, especialmente de lentes sin plomo (número de Abbe > 55) y de lentes de roca (número de Abbe < 50), en la actualidad las lentes de gafas están disponibles en una variedad de materiales orgánicos. Los materiales base de este tipo para las lentes de gafas orgánicas se pueden adquirir, entre otros, con los nombres comerciales CR 39, MR 8, MR 7, CR 330, así como MR 174. En el documento EP 2692941 A1 también se puede encontrar una selección de materiales base de este tipo.

25 Constantemente se están probando y desarrollando otros materiales para su adecuación a las lentes de gafas orgánicas. La siguiente tabla 1 ilustra las características, así como los valores de referencia de una selección de materiales base conocidos.

Tabla 1: Materiales base para la fabricación de lentes de gafas

Nombre comercial	Material base	Índice de refracción $n_e$	Número de Abbe $v_e$
	Poli(metilmetakrilato) PMMA	1.4896	58
RAV 700	Carbonato de polialil diglicol PADC	1.49	59
CR 39 CR 330 CR 607 CR 630	Carbonato de polialil diglicol PADC	1.500	56
RAVolution	Poliurea/ Poliuretano PU	1.50	54
Trivex	Poliurea/ Poliuretano PU	1.530	45
Luxexcel Printoptical	Poliacrilato	1.53	44
SOLA Spectralite	Poliacrilato	1.54	47
	Tereftalato de polietileno	1.58	39

	PET		
	Policarbonato PC	1.590	29
MR 6	Politiuretano PTU	1.598	
MR 8	Politiuretano PTU	1.598	41
MR 7	Politiuretano PTU	1.664	32
MR 10	Politiuretano PTU	1.666	32
MR 174	Poliepisulfuro	1.738	32
MGC 1.76	Poliepisulfuro	1.76	30
	Mineral 1.5	1.525	58
	Mineral 1.6	1.604	44

Actualmente, un gran número de productos semiacabados orgánicos de lentes de gafas o de productos acabados orgánicos de lentes de gafas con superficies frontales esféricas, esféricas de simetría rotativa o progresivas se funden en una producción en masa en moldes originales con piezas de molde de superficies delanteras y traseras que están separadas unas de otras por medio de un anillo obturador formando una cavidad, como se describe, por ejemplo, en los documentos DE 30 07 572 C2, US 6,103,148 A o JP 2008 191 186 A. Esto se aplica a los materiales base con los nombres comerciales MR 7, MR 8, MR 10, así como CR 39, CR 607, CR 630 y otros. En el caso de los materiales base con los nombres comerciales MR 7, MR 8 y MR 10 se trata de politiuretanos distribuidos por la empresa Mitsui Chemicals. Aquí, la abreviatura "MR" se refiere a Mitsui Resin. CR 39 o Columbia Resin 39 es la marca elegida por la empresa Pittsburgh Plate Glass Industries (PPG Industries), con la que se vende el material polidietilenglicol bisalilcarbonato o polialildiglicol carbonato (abreviatura: PADC). En este caso se trata de un material polimérico duroplástico. CR 607 y CR 630 también provienen de la compañía PPG.

Los productos semiacabados o los productos acabados para lentes de gafas de policarbonato se producen generalmente en moldes metálicos mediante moldeo por inyección. Este procedimiento de fabricación se describe, por ejemplo, en el documento EP 0955147 A1. Por un producto semiacabado se entiende una pieza bruta de lente de gafas con una superficie acabada conforme al apartado 8.4.2 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10, cuya forma ya no se modifica más en los posteriores pasos de producción. Por regla general, la superficie opuesta de un producto semiacabado obtiene su forma final mediante un procedimiento de eliminación de material. Un producto acabado es una pieza bruta de lente de gafas en la que ambas superficies ya han adquirido su forma definitiva. Este producto acabado (véase apartado 8.4.6 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10) se define a través de dos superficies ópticas que, en función del efecto óptico y del material (índice de refracción), presentan distancias diferentes y, en su caso, una orientación una respecto a otra. Como consecuencia del procedimiento de fabricación, en caso de lentes de gafas progresivas o de lentes de gafas de visión única de alta calidad utilizando un así llamado procedimiento de fabricación, las superficies son continuas y el índice de refracción es homogéneo en toda la lente de gafas.

Las lentes de gafas minerales se producen regularmente mediante un tratamiento mecanizado mecánicamente abrasivo de una pieza bruta.

Las lentes de gafas con prescripción de orden específico, es decir, especialmente las lentes monofocales y multifocales individualizadas, cuyas propiedades ópticas no están, al menos en parte, normalizadas de manera que se puedan seleccionar con anterioridad, sino que se calculan y fabrican individualmente en relación con sus dimensiones y/o su disposición en la lente de gafas de forma adaptada al usuario, y en particular las lentes de variación continua o lentes progresivas adquieren su forma final mediante procedimientos mecánicos, especialmente deformantes y/o abrasivos. En este caso, las formas exteriores pueden configurarse redondas, ovaladas o de manera aleatoria, las así llamadas formas libres.

Los productos semiacabados o acabados antes descritos suelen someterse a uno o varios procesos de mejora. Las capas funcionales se aplican especialmente por uno o ambos lados. Las capas funcionales de este tipo son capas que proporcionan a las lentes de gafas unas propiedades predeterminadas y ventajosas para el usuario de las gafas que las lentes de gafas no tendrían debido a las propiedades del material base o del material de soporte, al que se le aplican, en su caso, las capas funcionales, y debido a la conformación. Además de las propiedades ópticas como, por ejemplo, la anulación del reflejo, la vaporización de aluminio, la polarización de la luz, la coloración, la autocoloración,

etc., las propiedades ventajosas como éstas son también las propiedades mecánicas como el endurecimiento, la reducción de la adherencia de la suciedad o del empañamiento, etc., y/o las propiedades eléctricas como el blindaje contra la radiación electromagnética, la conducción de la corriente eléctrica, etc., y/u otras propiedades físicas o químicas. En los documentos WO 10/109154 A1, WO 01/55752 A1 y DE 10 2008 041 869 A1, por ejemplo, se pueden ver ejemplos de revestimientos funcionales.

En general se sabe que, si la lente de gafas se fabrica de un solo elemento de lente, una lente de gafas causa aberraciones cromáticas debido a la dependencia de la longitud de onda del índice de refracción del material óptico del que está fabricada. Las aberraciones cromáticas incluyen la aberración de color longitudinal que genera diferentes focos para diferentes longitudes de onda de la luz. Ésta también se conoce como desviación axial o aberración cromática longitudinal. Además de la aberración cromática longitudinal se produce otra aberración cromática, la aberración cromática transversal, que en caso de una lente de gafas se expresa mediante franjas o bordes de color en el plano de la imagen en la retina del ojo que el usuario de las gafas percibe y que, a partir de cierta intensidad, se consideran perturbadoras. La aberración cromática transversal también se denomina aberración cromática aumentada o aberración cromática transversal.

Se puede hacer una estimación de la anchura de la franja de color resultante o de la aberración cromática transversal de acuerdo con la literatura técnica actual, por ejemplo, Diepes/Blendowske, "Optik und Technik der Brille", Optische Fachveröffentlichung GmbH, Heidelberg, Alemania, 2005, capítulo 5.3, con la fórmula:

$$\Delta\delta_{\text{crom}} = \frac{\delta_e}{v_e}$$

siendo  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  una anchura de la franja de color en  $\frac{\text{cm}}{\text{m}}$

que es proporcional a un efecto prismático  $\delta_e$  en el punto analizado y al valor inverso del número de Abbe  $v_e$  del material analizado. El efecto prismático y el número de Abbe se refieren a la misma longitud de onda, en la fórmula anterior a la línea e del mercurio, es decir, una longitud de onda de 546,074 nm.

El número de Abbe  $v_e$ , también llamado número Abbe, es un valor sin dimensión para caracterizar las propiedades dispersivas ópticas de lentes ópticas, es decir, el valor en el que cambia su índice de refracción con la longitud de onda de la luz. Cuanto mayor sea la dispersión (véase apartado 4.6 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10) de la lente, tanto menor es el número de Abbe. El número de Abbe recibe su nombre por el físico alemán Ernst Abbe. El número de Abbe  $v_e$  se define como:

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}}$$

siendo  $n_e$ ,  $n_{F'}$  y  $n_{C'}$  los índices de refracción del material con las longitudes de onda de las correspondientes líneas de Fraunhofer, en concreto, la línea e de mercurio con 546,07 nm, la línea F' de cadmio con 479,99 nm y la línea C' de cadmio con 643,85 nm (de acuerdo con la norma ISO 7944) (véase apartado 4.7 de la norma DIN EN ISO 13666:2013-10).

En el caso de lentes de gafas de bajo espesor, el usuario de las gafas no percibe de forma molesta la aberración cromática transversal. Sin embargo, las aberraciones cromáticas, especialmente las aberraciones cromáticas transversales, van aumentando con el aumento del efecto prismático en las lentes de gafas. Además, las lentes de gafas pueden presentar aberraciones cromáticas transversales debidas a efectos secundarios prismáticos según la norma de Prentice en el caso de grandes ángulos de visión, aunque la prescripción biselada no presente ninguna corrección prismática, independientemente de si la ametropía a corregir se deba a la miopía o a la hipermetropía.

Hoy en día, los materiales de alta refracción, especialmente los plásticos o los tipos de vidrio de alta refracción, se utilizan a menudo, por razones estéticas, para mantener el grosor de las lentes de gafas lo más delgado posible. Sin embargo, especialmente en el caso de los materiales con un alto índice de refracción, la aberración cromática transversal va aumentando claramente, ya que por regla general el aumento del índice de refracción va acompañado por un menor número de Abbe. No obstante, especialmente las lentes de gafas de policarbonato preferidas por su resistencia a la rotura, pero comparativamente con un índice de refracción bajo, provocan al usuario una franja de color perturbadora a causa de su número de Abbe  $v_e$  comparativamente bajo de 29. Además, reducen el contraste y, por lo tanto, empeoran la visión del mundo en comparación con las personas sin gafas.

En el marco de la presente invención, por "aberración cromática transversal perturbadora" se entiende un valor límite para la aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  que un usuario de gafas percibe como molesta. Ciertamente este valor límite varía individualmente, siendo un valor orientativo sin embargo una aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de más de 0,25cm/m. Por lo tanto, es deseable que la aberración cromática transversal provocada por una lente de gafas al menos se debilite.

En el campo de los objetivos, por ejemplo, para las cámaras, se conoce el método de corregir las aberraciones cromáticas mediante los así llamados objetivos acromáticos. Por un objetivo acromático se entiende en la óptica un sistema de al menos dos lentes compuestas por materiales con un número de Abbe distinto y/o con un índice de refracción diferente y, por consiguiente, con un comportamiento de dispersión diferente. Una de las dos lentes es una lente convergente fabricada normalmente de un material con un número de Abbe más alto, por ejemplo, vidrio sin

plomo, y la otra lente es una lente divergente de un material con un número de Abbe más bajo y, por lo tanto, con una dispersión más fuerte que la de la lente convergente, fabricándose esta lente, por ejemplo, de vidrio de roca.

Las dos lentes se conforman y se unen entre sí creando superficies complementarias, de manera que la aberración cromática se elimine en lo posible para dos longitudes de onda. En este caso, las dos lentes interactúan de manera acromática. Así, un objetivo acromático de dos lentes finas, que presentan una distancia reducida la una de la otra, tiene, por ejemplo, la misma distancia focal para las líneas de Fraunhofer F' y C' si se cumple

$$v_1 f_1 + v_2 f_2 = 0$$

siendo  $v_i$  los números de Abbe y  $f_i$  las distancias focales de las dos lentes.

Por "interactuando al menos de forma acromática" o "interactuando de forma acromática" se entiende en el sentido de la presente invención que la aberración cromática transversal o las aberraciones cromáticas no se eliminan forzosamente por completo, sino que al menos se debilitan. Una medida para "interactuar al menos parcialmente de forma acromática entre sí" o "interactuar de forma acromática" es, por consiguiente, el cociente de la aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de una lente de gafas de un material uniforme sin corrección acromática y la aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de la correspondiente lente de gafas de la misma distribución dióptrica del efecto con corrección acromática en el mismo lugar preestablecido.

La aberración cromática que permanece todavía en el caso del objetivo acromático (el llamado espectro secundario) se expresa con frecuencia en una franja violeta alrededor de objetos brillantes. Para reducir la aberración cromática aún más, hay que tener en cuenta el índice de refracción en más de dos longitudes de onda (si, en el caso de tres longitudes de onda, la luz se reproduce en un punto, se obtiene un objetivo apocromático). A pesar de ello, también aquí el número de Abbe ayuda para poder clasificar aproximadamente los tipos de lente.

Un resumen representativo del funcionamiento del objetivo acromático y del objetivo apocromático se puede encontrar en la publicación de Volker Witt "¿Cómo funcionan los objetivos acromáticos y apocromáticos? Tomo 1: De la lente individual al objetivo acromático", Estrellas y Universo, octubre de 2005, páginas 72 a 75, así como Volker Witt, "¿Cómo funcionan los objetivos acromáticos y apocromáticos? Tomo 2: Del objetivo acromático al objetivo apocromático", Estrellas y Universo, diciembre de 2005, páginas 76 a 79.

Los objetivos acromáticos tradicionales antes descritos no son aptos para su uso como lentes de gafas. Dado que estos objetivos acromáticos se componen de dos lentes completas, presentan también un grosor correspondiente y, como consecuencia, un peso demasiado elevado.

La lente de gafas revelada en la memoria impresa GB 487 546 A se compone de dos elementos de lente que presentan fundamentalmente el mismo índice de refracción. Uno de los elementos de lente es de vidrio de roca con un índice de refracción de aproximadamente 1,61 y una dispersión relativa recíproca de aproximadamente 36. El otro elemento de lente es de vidrio sin plomo de bario con un índice de refracción de aproximadamente 1,61 y una dispersión relativa recíproca de aproximadamente 50. El elemento de lente mencionado en primer lugar es un elemento de lente divergente y el elemento de lente mencionado en último lugar es un elemento de lente convergente. Los dos elementos de lente se unen entre sí formando superficies complementarias.

La lente de gafas así fabricada presenta una superficie posterior, es decir, una superficie orientada hacia el ojo del usuario, que consiste totalmente en el elemento de lente divergente, mientras que la superficie anterior de la lente de gafas, es decir, el lado de la lente de gafas opuesto al ojo del usuario, la forman parcialmente la superficie del elemento de lente convergente y, en la zona de su borde, la superficie del elemento de lente divergente. Por lo tanto, la lente de gafas sólo se corrige acromáticamente en la zona central. En comparación con los objetivos acromáticos con corrección acromática en toda su superficie antes descritos, esta lente de gafas sigue siendo relativamente gruesa y sigue teniendo un peso comparativamente elevado.

La memoria impresa DE 10 2010 047 846 A1 muestra una lente de gafas con un primer y un segundo elemento de lente que interactúan, al menos parcialmente, de forma acromática. El segundo elemento de lente se dispone (al menos en estado no bordeado) de forma anular en una sola zona del borde del primer elemento de lente. Por consiguiente, en esta zona del borde la lente de gafas se ha corregido acromáticamente. De este documento se desprende además un procedimiento para la fabricación de la lente de gafas.

El documento DE 10 2012 102 743 A1 señala que para una visión sin perturbaciones resulta importante que los dos segmentos de lente que forman la lente de gafas según la memoria impresa DE 10 2010 047 846 A1 se junten formando una superficie lisa. El documento describe igualmente un procedimiento para el diseño de una lente de gafas de este tipo.

En el caso de las lentes de gafas descritas en los documentos DE 10 2010 047 846 A1 y DE 10 2012 102 743 A1, sólo la zona del borde, en la que la aberración cromática transversal es mayor que en el centro, se configura, por razones de ahorro de peso, de forma acromática, pero no toda la superficie de la lente. Se tienen que ensamblar además dos materiales diferentes en el semiproducto, lo que significa un esfuerzo considerable en el cálculo óptico y la fabricación de la lente básica.

El artículo especializado de W. N. Charman titulado "Hybrid diffractive-refractive achromatic spectacle lenses", publicado en Ophthal. Fisiol. Opt. 1994, tomo 14, páginas 389 a 392, también trata de la reducción de las aberraciones

5 cromáticas en lentes de gafas. Aquí se insiste en que los objetivos acromáticos que presentan una lente de bajo índice de refracción y un alto número de Abbe y una lente con un alto índice de refracción y un bajo número de Abbe, de las que una lente es divergente y la otra convergente, no se pueden utilizar para lentes de gafas, dado que se oponen al deseo de un grosor reducido y de un peso reducido de las lentes de gafas. Para solventar estos inconvenientes de los objetivos acromáticos se propone combinar una lente refractiva con un elemento difractivo, presentando la combinación de lente refractiva y elemento difractivo fundamentalmente el mismo grosor y el mismo peso que la lente refractiva no corregida acromáticamente por sí sola.

10 Sin embargo, una lente de gafas compuesta por una lente refractiva y un elemento difractivo es muy compleja en cuanto a su fabricación, dado que el elemento difractivo debe fabricarse con una alta precisión, a fin de evitar la inducción de otros defectos de imagen provocados por el elemento difractivo.

15 Otra posibilidad de corregir la aberración cromática consiste en el uso de una óptica GRIN. La abreviatura GRIN se refiere a la expresión inglesa "gradient refractive index". El documento WO 2014/179780 A1 trata de lentes de índice de gradiente de este tipo. Según este documento, las lentes de índice de gradiente son componentes ópticos cilíndricos transparentes con un índice de refracción que disminuye en dirección radial. En la mayoría de los casos, el índice de refracción disminuye de forma cuadrática con la distancia hacia el centro (función parabólica). Una varilla corta de un material como éste actúa como una lente convergente habitual, pero tiene en los lados de entrada de luz y de salida de luz superficies planas, lo que también se menciona explícitamente en esta memoria impresa en el primer párrafo del apartado "Antecedentes de la invención".

20 Del documento WO 2014/179780 A1 se deduce el objetivo de fabricar una lente de índice de gradiente con un número de Abbe superior a 100 mediante la dotación de una matriz de polímero con la ayuda de nanocristales inorgánicos. Como ejemplos de materiales adecuados de nanocristales de este tipo se indican ZnS, ZrO<sub>2</sub>, ZnO, BeO, AlN, TiO<sub>2</sub> y SiO<sub>2</sub>. Como materiales para la matriz de polímero, la memoria impresa propone el poliacrílico, la resina epoxídica de bisfenol A Novolak (nombre comercial: SU-8) y el polimetacrilato de metilo (PMMA). La mezcla de polímero monomérico y nanocristal se deposita con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D y posteriormente se endurece mediante radiación ultravioleta o térmicamente para la formación de la lente de índice de gradiente. Supuestamente, la aberración cromática de una lente de este tipo se puede eliminar de forma eficaz mediante una selección adecuada del material.

25 La solicitud de patente US 2015/0361286 A1 se basa en un enfoque similar. El elemento óptico GRIN aquí descrito está formado por dos tintas nanocompuestas en un procedimiento de impresión en 3D. Las dos tintas nanocompuestas comprenden respectivamente nanosustancias de relleno repartidas en una respectiva matriz orgánica endurecida. Las dispersiones ópticas de las dos tintas nanocompuestas se diferencian la una de la otra. La distribución de las dos tintas nanocompuestas da lugar a gradientes de dispersión ópticos que supuestamente pueden corregir las aberraciones cromáticas si se eligen de un modo adecuado. Las tintas nanocompuestas pueden diferenciarse en el tipo de la nanosustancia de relleno, en el tipo de matriz orgánica de huésped y en la concentración de la nanosustancia de relleno o sus combinaciones.

30 Se indican cinco ejemplos de materiales de matriz orgánicos adecuados, concretamente: poliacrílico, diacrílico de hexanodiol (HDODA), polimetacrilato de metilo (PMMA), diacrílico de dietilenglicol (DEGDA) y resina epoxídica de bisfenol A Novolak (SU-8). Las nanosustancias de relleno son nanopartículas cerámicas suficientemente pequeñas frente a las longitudes de onda de luz como para no dispersar la luz. Como ejemplos de nanosustancias de relleno, el documento indica óxido de berilio (BeO), nitruro de aluminio (AlN), carburo de silicio (SiC), óxido de zinc (ZnO), sulfuro de zinc (ZnS), óxido de circonio (ZrO<sub>2</sub>), ortovanadato de itrio (YVO<sub>4</sub>), dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), sulfuro de cobre (CuS<sub>2</sub>), seleniuro de cadmio (CdSe), sulfuro de plomo (PbS), disulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>) y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), incluidas las arquitecturas derivadas de los mismos.

35 El documento WO 2015/102938 A1 también describe la fabricación de lentes de índice de gradiente con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D. Del documento se deduce que el procedimiento de impresión en 3D ofrece la posibilidad de ajustar en especial también localmente el índice de refracción. La posibilidad de regular el índice de refracción en las tres dimensiones espaciales cartesianas permite además controlar numerosas aberraciones, incluyendo aberraciones esféricas y cromáticas, y configurar las superficies de lentes al mismo tiempo de manera geoméricamente libre. Según la revelación del documento WO 2015/102938 A1, la lente puede ser, por ejemplo, convexa y/o cóncava.

40 El documento US 2013/0003186 A1 describe la conformación de una lente de material GRIN continuo. La separación de diferentes longitudes de onda causada por una dispersión originalmente existente de la luz que penetra en una lente individual se corrige parcialmente mediante la dispersión óptica de un material GRIN continuo que forma la lente. La lente mostrada tiene una superficie convexa y una superficie plana.

45 El documento DE 10 2009 004 377 A1 describe la fabricación de una lente de gafas con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D. En la impresión de la lente de gafas en 3D se pueden utilizar uno o varios productos de acuerdo con la teoría de este documento. Al menos dos materiales pueden presentar un color y/o un grado de transmisión y/o un índice de refracción diferente. Se muestra una lente de gafas cuya superficie anterior se configura de manera conocida de forma convexa y cuya superficie posterior se configura de forma cóncava.

50 En el documento US 2016/0039208 A1 se describe la fabricación de lentes de gafas con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D. El procedimiento de impresión en 3D se sirve de un cabezal de impresión que puede mezclar dos

tintas de impresión en una proporción que permite ajustar un índice de refracción específico deseado. La mezcla de las tintas de impresión se puede llevar a cabo en una cámara de mezcla o durante la aplicación mediante pulverización.

El documento WO 2015/014381 A1 describe la fabricación de lentes de gafas afocales, unifocales, bifocales, trifocales o progresivas con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D. Según la teoría del documento, la lente de gafas debe presentar un número de Abbe elevado para evitar aberraciones cromáticas.

El documento US 2005/046957 A1 revela la fabricación de un elemento óptico, que también puede ser una lente de gafas, con la ayuda de un procedimiento de impresión de microchorro. El documento muestra la aplicación de pequeñas gotas de polímero de diferentes índices de refracción sobre un sustrato en el que forman píxeles de polímero. Los píxeles de diferentes índices de refracción se pueden aplicar alternativamente y pueden tener, después de la aplicación, un tamaño que permita su percepción con el ojo o con un instrumento de medición. De este modo se puede fabricar un elemento óptico con un perfil de índice de refracción deseado.

El documento JP 2004157487 A2 describe una lente de gafas con conjuntos de microlentes dispuestos a modo de un tablero de ajedrez, entre las cuales se puede cambiar selectivamente con la ayuda de un dispositivo de control.

La invención se basa en la tarea de poner a disposición una lente de gafas con la que se reducen las franjas de color o los bordes de color en el plano de la imagen, en el caso de una lente de gafas en la retina del ojo, que el usuario de las gafas percibe y que resultan molestas a partir de una cierta intensidad. La tarea de la invención consiste además en proporcionar un procedimiento para el diseño de una lente de gafas de este tipo.

Esta tarea se resuelve con una lente de gafas con las características de las reivindicaciones 1 y 17, así como con un procedimiento implementado por ordenador para la configuración de una lente de gafas con las características de las reivindicaciones 11 y 18. Las realizaciones ventajosas y las variantes perfeccionadas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

La lente de gafas según la invención comprende un primer grupo de elementos de volumen compuesto por una serie de primeros elementos de volumen (que, en su caso, se diferencian en la forma geométrica pero que son idénticos en cuanto al material) y un segundo grupo de elementos de volumen compuesto por una serie de segundos elementos de volumen (que, en su caso, se diferencian en la forma geométrica pero que son idénticos en cuanto al material).

Los primeros elementos de volumen del primer grupo de elementos de volumen se disponen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial. Los primeros elementos de volumen se componen de un primer material con un primer número de Abbe  $v_1$  de acuerdo con la definición anterior. Del mismo modo, los segundos elementos de volumen se disponen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial. Estos segundos elementos de volumen se componen de un segundo material con un segundo número de Abbe  $v_2$ . El primer número de Abbe  $v_1$  y el segundo número de Abbe  $v_2$  son diferentes. Por lo tanto, el primer material no es idéntico al segundo material.

Los primeros elementos de volumen y los segundos elementos de volumen se disponen alternativamente y adyacentes unos a otros, de manera que las primeras y las segundas cuadrículas parciales se atraviesen entre sí. Si se parte de la base, por ejemplo, de dos cuadrículas parciales de tipo idéntico, éstas pueden disponerse, por ejemplo, desplazadas o mezcladas unas respecto a otras.

En geometría, una cuadrícula es una partición sin espacios y sin superposiciones de una zona del espacio a través de un conjunto de celdas de cuadrícula. Las celdas de cuadrícula están definidas por un conjunto de puntos de cuadrícula (ficticios o imaginarios) unidos entre sí por un conjunto de líneas de cuadrícula (ficticias o imaginarias).

El hecho de que la primera y la segunda cuadrícula parcial estén atravesadas significa que la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial comparten un espacio sin coincidir completamente. En el marco de la presente invención, atravesados significa una disposición a modo de, por ejemplo, una estructura de filtro de zinc que puede describirse como una combinación de dos cuadrículas parciales de superficies cúbicamente centradas y colocadas una dentro de otra que se disponen desplazadas una contra otra en 1/4 de la diagonal en el espacio. También deben incluirse las cuadrículas laminadas que se desplazan unas contra otras en una medida determinada de un vector situado en la superficie laminada. Las primeras cuadrículas parciales y las segundas cuadrículas parciales no tienen que presentar forzosamente una forma idéntica. Tampoco es imprescindible que respectivamente uno de los primeros elementos de volumen se disponga directamente al lado de uno de los segundos elementos de volumen. También se puede prever, por ejemplo, una matriz de relleno y/o de apoyo que rodee los primeros y segundos elementos de volumen respectivos.

La transición entre un primer elemento de volumen y un segundo elemento de volumen también se puede llevar a cabo de forma abrupta mediante un cambio a modo de salto del material de los primeros y segundos elementos de volumen adyacentes.

Alternativamente, la transición entre un primer elemento de volumen y un segundo elemento de volumen también puede ser gradual o deslizante. Esto se puede conseguir mediante una modificación gradual del material de los elementos de volumen adyacentes.

Los primeros y segundos elementos de volumen con sus diferentes números de Abbe  $v_1$  y  $v_2$  interactúan según la invención de manera al menos parcialmente acromática debido a su disposición relativa entre sí. La aberración

- 5 cromática transversal al menos se debilita. La forma de los distintos primeros y segundos elementos de volumen y su disposición relativa se eligen de manera que el cociente de la aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de una lente de gafas fabricada exclusivamente con el primer material (es decir, sin corrección acromática) y la aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de la correspondiente lente de gafas diseñada según la invención (es decir, con las cuadrículas parciales formadas por primeros y segundos elementos de volumen que se atraviesan los unos a los otros) de la misma distribución del efecto dióptrico, sea en el mismo punto predeterminado de la lente de gafas mayor que 1. Este cociente es preferiblemente mayor que 2 y con especial preferencia mayor que 3. La medición se realiza en un caso ideal de forma puntual, como sustitución con el valor del punto de medición de un refractómetro, por ejemplo, un refractómetro de Abbe (por ejemplo <http://www.kruess.com/labor/produkte/refraktometer/abbe-refraktometer/>) o con el refractómetro ZEISS/Abbe modelo A disponible en el laboratorio de la solicitante. Se mide en condiciones estándar, en concreto, a 20°C, y con las longitudes de onda  $\lambda_e$ ,  $\lambda_C$  y  $\lambda_F$ . Preferiblemente, la dirección de los haces de luz a la que se aplica la condición de acromatismo es la que se orienta directamente hacia delante, paralela al eje de visión, con la vista libre hacia delante de la lente de gafas. El diseño se produce preferiblemente con  $\lambda_F$  y  $\lambda_C$  como números de onda de referencia, siendo  $\lambda_F = 479,9914$  nm y  $\lambda_C = 643,8469$  nm de una fuente de luz de cadmio.
- 10
- 15 Básicamente, según la invención se mantiene el principio del objetivo acromático (o del objetivo apocromático) que se aplica, por ejemplo, en Volker Witt, "¿Cómo funcionan los objetivos acromáticos y apocromáticos? Tomo 1: De la lente individual al objetivo acromático", Estrellas y Universo, octubre de 2005, páginas 72 a 75, así como Volker Witt, "¿Cómo funcionan los objetivos acromáticos y apocromáticos? Tomo 2: Del objetivo acromático al objetivo apocromático", Estrellas y Universo, diciembre de 2005, páginas 76 a 79, para el caso de lentes ópticas (nota: el mismo principio se aplica también a prismas ópticos). La superficie anterior de la lente de gafas, es decir, según DIN EN ISO 13666:2013, apartado 5.8, la superficie de una lente de gafas que según el uso previsto de las gafas queda separada del ojo, y la superficie posterior opuesta (DIN EN ISO 13666:2013, apartado 5.9) se siguen configurando de manera habitual. Por lo tanto, la superficie anterior es por regla general (dejando al margen diferencias localmente limitadas) una superficie curvada de forma convexa y la superficie posterior es (dejando igualmente al margen posibles diferencias localmente limitadas) una superficie curvada de forma cóncava. Los primeros y segundos elementos de volumen dispuestos a lo largo del recorrido de la luz desde el objeto observado por el usuario de las gafas a través de la lente de gafas hasta el ojo del usuario de las gafas interactúan según la invención de manera que se cumplan aproximadamente los efectos de dispersión cromática de los distintos primeros y segundos elementos de volumen situados en el recorrido de luz sin que se anule la propia desviación.
- 20
- 25
- 30 Esta condición de acromatismo puede cumplirse, por ejemplo, mediante la configuración de los primeros y segundos elementos de volumen en forma de (pequeños) elementos de prisma o (pequeños) elementos de lente. Dicho con otras palabras: mediante la combinación adecuada de varios elementos de volumen ópticos dispersivos (por ejemplo, dos o más prismas o dos o más lentes de diferente material), se puede volver a anular la dispersión cromática del primer elemento de volumen por medio del segundo elemento de volumen, sin anular la propia desviación.
- 35
- 40 El problema de las franjas de color se resuelve mediante la construcción de un objetivo acromático. Estas franjas de color dependen en su formación de la dispersión de los distintos materiales. Con la selección apropiada de los materiales se puede minimizar, de forma ideal eliminar, la suma total de las aberraciones cromáticas de la lente de gafas.
- 45 Se ha comprobado que resulta ventajoso que el primer número de Abbe  $v_1$  sea inferior a 40 y que el segundo número de Abbe  $v_2$  sea superior a 40. Esta condición se puede cumplir utilizando materiales plásticos disponibles en el mercado, como puede apreciarse en la tabla 1 arriba indicada. Cuanto mayor sea la distancia entre los números de Abbe, tanto menor puede ser la diferencia del efecto entre las lentes, siendo representantes típicos de vidrio óptico y vidrio polimérico, con un elevado índice de refracción y un número de Abbe bajo, los de  $v_e = 20-30$  y equivalente de un número de refracción bajo de  $v_e > 50$ , de manera que  $v_e = 40$  corresponda aproximadamente al valor medio neutro.
- 50
- 55 La máxima eficiencia se consigue con una diferencia de número de Abbe máxima, siendo el efecto prismático, como consecuencia del efecto óptico de las lentes, de sentido contrario, es decir, con el aumento de la diferencia de los números de Abbe se puede elegir, con la misma configuración del objetivo acromático, un efecto óptico (y, por consiguiente, un efecto prismático) menor, lo que influye ventajosamente en el tamaño y en el peso del sistema de lentes.
- 60 El primer material presenta un primer índice de refracción  $n_1$  y el segundo material presenta un segundo índice de refracción  $n_2$ . Los inventores han comprobado además que la condición acromática, según la cual los efectos de difracción del color de los distintos primeros y segundos elementos de volumen situados en el recorrido de la luz se anulan entre sí sin anular la propia desviación, puede realizarse si el primer índice de refracción  $n_1$  es mayor que el segundo índice de refracción  $n_2$ . Como consecuencia, según la invención, se produce una miniaturización y una multiplicación del principio macroscópico antes descrito para el caso de lentes que interactúan acromáticamente (véase Volker Witt, antes mencionado).
- Según los conocimientos actuales, la gama de diferentes índices de refracción disponibles es significativamente menor en caso de uso de materiales plásticos ( $1,48 < n_e < 1,76$ ) que en caso de uso de lentes minerales ( $1,5 < n_e < 1,9$ ). Esto se debe al hecho de que se formulan requisitos muy altos a la calidad óptica de los plásticos a un precio a la vez reducido para el empleo de los mismos para la fabricación de lentes de gafas refractivas, es decir, basadas en la refracción de la luz, a las que se da una importancia especial en el marco de la presente invención. Por consiguiente, los inventores proponen, en una variante de realización ventajosa, utilizar como segundo material para los segundos



elementos de volumen del segundo grupo de elementos de volumen, un material del grupo de poli(metacrilato de metilo) (PMMA), carbonato de polialdehído (PADC), poliuretano (PU) y poliacrilato. Alternativa o adicionalmente, los inventores proponen que el primer material del que se fabrican los primeros elementos de volumen del primer grupo de elementos de volumen sea un material del grupo de politereftalato de etileno (PET), policarbonato (PC), politiuretano (PTU) y poliepisulfuro.

Tal como se ha indicado en la introducción de la descripción, se conoce el método de cambiar el índice de refracción de materiales transparentes mediante la adición de nanopartículas a una matriz de polímero, siempre que éstas sean suficientemente pequeñas y, por lo tanto, no presenten ningún efecto de dispersión de luz perturbador. A este respecto se señalan especialmente los documentos antes citados WO 2014/179780 A1 y US 2015/0361286 A1.

Aplicando a la presente invención la teoría de estos documentos, los inventores proponen elegir el primer material de entre el grupo formado por los siguientes materiales:

Poli(metacrilato de metilo) (PMMA), carbonato de polialildiglicol (PADC), poliuretano (PU), poliacrilato, politereftalato de etileno (PET), policarbonato (PC), politiuretano (PTU), poliepisulfuro, diacrilato de hexanodiol (HDODA), diacrilato de dietilenglicol (DEGDA) y resina epoxídica de bisfenol A Novolak (SU-8). El primer material puede ser puro o puede contener un primer aditivo de una primera concentración distinta a cero de nanopartículas del grupo de óxido de berilio (BeO), nitruro de aluminio (AlN), carburo de silicio (SiC), óxido de zinc (ZnO), sulfuro de zinc (ZnS), óxido de zirconio (ZrO<sub>2</sub>), ortovanadato de itrio (YVO<sub>4</sub>), dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), sulfuro de cobre (CuS<sub>2</sub>), seleniuro de cadmio (CdSe), sulfuro de plomo (PbS), bisulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>) y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). Si el primer material está presente en forma pura, la concentración del aditivo es igual a cero. La fórmula del primer aditivo de una primera concentración de nanopartículas debe comprender ambos casos, es decir, la concentración cero y la concentración distinta de cero.

De manera correspondiente, el segundo material puede ser un material del grupo de poli(metacrilato de metilo) (PMMA), carbonato de polialildiglicol (PADC), poliuretano (PU), poliacrilato, politereftalato de etileno (PET), policarbonato (PC), politiuretano (PTU), poliepisulfuro, diacrilato de hexanodiol (HDODA), diacrilato de dietilenglicol (DEGDA) y resina epoxídica de bisfenol A Novolak (SU-8) y presentar un segundo aditivo de una segunda concentración de nanopartículas del grupo de óxido de berilio (BeO), nitruro de aluminio (AlN), carburo de silicio (SiC), óxido de zinc (ZnO), sulfuro de zinc (ZnS), óxido de zirconio (ZrO<sub>2</sub>), ortovanadato de itrio (YVO<sub>4</sub>), dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), sulfuro de cobre (CuS<sub>2</sub>), seleniuro de cadmio (CdSe), sulfuro de plomo (PbS), disulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>) y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). La fórmula del segundo aditivo de una segunda concentración de nanopartículas debe comprender a su vez ambos casos, es decir, una concentración cero y una concentración distinta de cero.

El efecto antes descrito de la lente de gafas según la invención se puede conseguir con primeros elementos de volumen que presenten respectivamente un volumen de entre 1000  $\mu\text{m}^3$  y 1  $\text{mm}^3$  y/o con segundos elementos de volumen que presenten respectivamente un volumen de entre 1000  $\mu\text{m}^3$  y 1  $\text{mm}^3$ . El mínimo volumen posible de un elemento de volumen viene determinado por el procedimiento de fabricación, por ejemplo, en el así llamado modelado de chorro múltiple o PolyJet por el tamaño de las gotas y, por ejemplo, en un procedimiento de estereolitografía por el tamaño del foco del láser. Los detalles de estos procedimientos de fabricación se describen en los siguientes apartados.

El número de los primeros elementos de volumen que forman la primera parte es preferiblemente de entre 50 y 10<sup>9</sup>, más preferiblemente de entre 100 y 10<sup>8</sup>, por último más preferiblemente de entre 200 y 10<sup>7</sup> y finalmente aún con más preferencia de entre 500 y 10<sup>6</sup>.

El número de los segundos elementos de volumen que forman la segunda parte es preferiblemente de entre 50 y 10<sup>9</sup>, más preferiblemente de entre 100 y 10<sup>8</sup>, por último más preferiblemente de entre 200 y 10<sup>7</sup> y finalmente aún con más preferencia de entre 500 y 10<sup>6</sup>.

El número de los primeros y los segundos elementos de volumen se encuentra preferiblemente en el mismo orden de magnitud. Esto significa que el número de los primeros elementos de volumen y el número de los segundos elementos de volumen no difieren en más del factor 10, preferiblemente no más del factor 8, preferiblemente no más del factor 5 y por último más preferiblemente no más del factor 2.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la condición de acromatismo, que ha de cumplirse a lo largo del recorrido de la luz desde el objeto observado por el usuario de las gafas a través de la lente de gafas hasta el ojo del usuario de las gafas, puede cumplirse según una configuración ventajosa de la invención al menos aproximadamente si los primeros y segundos elementos de volumen dispuestos unos detrás de otros a lo largo de este recorrido de luz interactúan de manera que los efectos de dispersión del color de los distintos primeros y segundos elementos de volumen situados en el recorrido de la luz se anulen fundamentalmente sin anular la propia desviación. Esta condición acromática puede cumplirse, por ejemplo, mediante la configuración de los primeros y segundos elementos de volumen en forma de elementos de (micro) prismas o de elementos de (micro) lentes. Dicho de otro modo, mediante la combinación adecuada de varios elementos de volumen ópticos dispersivos (por ejemplo, dos o más prismas o dos o más lentes de material diferente), la dispersión de color del primer elemento de volumen (o de varios primeros elementos de volumen) puede anularse de nuevo por la del segundo elemento de volumen (o de varios segundos elementos de volumen) sin anular la propia desviación.

En concreto esto se puede lograr, por ejemplo, si la primera cuadrícula parcial de la lente de gafas según la invención que presenta una superficie anterior y una superficie posterior consiste en una cuadrícula tridimensional y si los

5 primeros elementos de volumen presentan respectivamente una forma al menos aproximadamente prismática con una base de prisma respectivamente asignada. La segunda cuadrícula parcial es también una cuadrícula tridimensional y los segundos elementos de volumen presentan de forma similar respectivamente una forma al menos aproximadamente prismática con una base de prisma respectivamente asignada. Si se parte de la base de que, a lo largo de una línea lineal imaginaria más corta y desarrollada desde la superficie posterior hacia la superficie anterior, se disponen varios primeros y segundos elementos de volumen unos detrás de otros y que varios primeros y segundos elementos de volumen están dispuestos respectivamente de forma alternativa unos detrás de otros, en concreto respectivamente uno de los primeros elementos de volumen al lado de uno de los segundos elementos de volumen que a su vez se encuentra adyacente a uno de los primeros elementos de volumen, etc., se prevé en esta variante según la invención que en esta disposición sucesiva la respectiva base de prisma de uno de los primeros elementos de volumen se encuentre opuesta a la respectiva base de prisma de uno de los segundos elementos de volumen respectivamente adyacente.

15 Una forma de realización especialmente ventajosa de la invención consiste en que la lente de gafas comprenda un soporte con una superficie y que el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen se dispongan en la superficie del soporte. Esto resulta especialmente ventajoso cuando los primeros y segundos elementos de volumen se fabrican con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D.

20 El soporte puede presentar por el lado del objetivo una superficie esférica o tórica o de forma libre y la superficie en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen puede ser la superficie del soporte orientada hacia los ojos. Alternativamente, el soporte también puede ser una superficie esférica o tórica o de forma libre orientada hacia los ojos y la superficie en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen puede ser la superficie del soporte orientada hacia el objeto. En las dos variantes antes descritas, el efecto general de la lente de gafas se compone de la capacidad refractaria de la superficie esférica o tórica o asférica rotacionalmente simétrica o de forma libre y de las propiedades refringentes de los elementos de volumen de los primeros y segundos grupos de elementos de volumen.

25 Por último, también es posible que la superficie en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen sea la superficie del soporte orientada hacia los ojos y/u orientada hacia el objeto. En este caso, el efecto general de la lente de gafas se compone fundamentalmente de las propiedades refringentes de los elementos de volumen de los primeros y segundos grupos de elementos de volumen.

30 También se puede disponer un recubrimiento en el primer grupo de elementos de volumen y en el segundo grupo de elementos de volumen. Como recubrimientos se tienen en cuenta especialmente todas las estructuras laminadas funcionales citadas en la introducción de la descripción. En particular se citan aquellas que influyen o modifican las propiedades ópticas como la anulación del reflejo, la vaporización de aluminio, la polarización de la luz, la coloración, la autocoloración, etc., así como las propiedades mecánicas como el endurecimiento, la reducción de la adherencia de la suciedad o del empañamiento, etc., y/o las propiedades eléctricas como el blindaje de la radiación electromagnética, la conducción de la corriente eléctrica, etc., y/u otras propiedades físicas o químicas de la lente de gafas.

35 Finalmente es posible que el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen se realicen como estructuras enterradas. De este modo, por una parte se facilita considerablemente, por ejemplo, la aplicación de un posterior recubrimiento duro o antirreflectante (pueden utilizarse, por ejemplo, sistemas convencionales de recubrimiento duro de alisado), no formando, por otra parte, las discontinuidades o dobleces o fisuras en las superficies de los elementos de volumen adyacentes cavidades que provoquen la acumulación posterior de suciedad en la superficie de la lente de gafas acabada. Por estructuras enterradas se entiende la inserción en un material de sustrato.

45 En principio, para la fabricación de las lentes de gafas antes descritas resulta adecuado cualquier procedimiento de fabricación que permita el control de los índices de refracción de cada elemento de volumen o vóxel. Con este procedimiento de fabricación se crea una estructura tridimensional en la que el material varía en su distribución espacial. En la dirección de visión, las superficies de los elementos de volumen orientadas hacia el lado del objeto o hacia el lado del ojo pueden presentar cualquier forma, por ejemplo, pero no de manera concluyente, una forma cuadrada, rectangular, romboidal, hexagonal o circular.

50 Un procedimiento según la invención para la fabricación de una lente de gafas, especialmente de las diferentes formas de realización antes descritas, comprende los pasos:

- fabricación aditiva de un primer grupo de elementos de volumen, comprendiendo el primer grupo de elementos de volumen una serie de primeros elementos de volumen, disponiéndose una pluralidad de primeros elementos de volumen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial, componiéndose los primeros elementos de volumen de un primer material con un primer número de Abbe  $v_1$ ,

55 - fabricación aditiva de un segundo grupo de elementos de volumen, comprendiendo el segundo grupo de elementos de volumen una serie de segundos elementos de volumen, disponiéndose la pluralidad de segundos elementos de volumen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial, componiéndose los segundos elementos de volumen de un segundo material con un segundo número de Abbe  $v_2$ , siendo el primer número de Abbe  $v_1$  y el segundo número de Abbe  $v_2$  diferentes, y disponiéndose la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial, durante la fabricación aditiva, de forma atravesada entre sí.

Fabricación aditiva (que es equivalente a la fabricación aditiva y a un procedimiento de fabricación generativo), en inglés: Additive Manufacturing (AM), es un término amplio para los procedimientos para la fabricación rápida y económica de modelos, patrones, prototipos, herramientas y productos finales, denominados con frecuencia "prototipos rápidos". Esta fabricación se lleva a cabo directamente sobre la base de modelos de datos internos de ordenador a partir de un material sin forma (líquidos, polvo, etc.) o con una forma neutra (forma de cinta, forma de alambre) por medio de procesos químicos y/o físicos. A pesar de que se trata de procedimientos de conformación primarios, para un producto concreto no se requieren herramientas especiales que han almacenado la geometría respectiva de la pieza (por ejemplo, moldes de fundición). El estado actual de la técnica se presenta en el informe de estado de VDI AM 2014. La dirección <https://3druck.com/grundkurs-3d-drucker/teil-2-uebersicht-der-aktuellen-3d-druckverfahren-462146/>, descargada el 13-07-2016, ofrece una visión general de los procesos actuales de impresión en 3D.

La tarea planteada al principio se resuelve por completo mediante un procedimiento según la invención de este tipo para la fabricación de una lente de gafas.

Se ha comprobado que el método de modelado de chorro múltiple o de impresión PolyJet resulta especialmente adecuado. Este procedimiento se describe, por ejemplo, en la URL [https://de.wikipedia.org/wiki/Multi\\_Jet\\_Modeling](https://de.wikipedia.org/wiki/Multi_Jet_Modeling), en la URL <http://www.materialise.de/3d-druck/polyjet> o en la URL <http://www.stratasys.com/de/3d-drucker/technologies/polyjet-technology>, descargadas respectivamente el 13-07-2016. PolyJet es una potente tecnología de impresión en 3D con la que se pueden fabricar componentes, prototipos y elementos auxiliares de producción lisos y precisos. Gracias a una resolución de capa microscópica y a una precisión de hasta 0,1 mm, es posible fabricar paredes finas y geometrías complejas a partir del más amplio espectro de materiales para cualquier tecnología. La impresión en 3D de PolyJet funciona de manera similar a la impresión por chorro de tinta. Sin embargo, en lugar de rociar gotas de tinta sobre el papel, las impresoras en 3D PolyJet rocían sobre una plataforma de construcción capas de un fotopolímero líquido reticulado. El procedimiento es comparativamente sencillo: en un primer paso de preparación, el software de preparación calcula automáticamente la colocación del fotopolímero y del material de soporte (es decir, un material que sólo sirve para posicionar y apoyar el fotopolímero durante la impresión en 3D hasta su endurecimiento) por medio de un archivo CAD en 3D. Durante la producción real, la impresora 3D rocía diminutas gotas de un fotopolímero líquido e inmediatamente las reticula mediante luz ultravioleta. De este modo, en la plataforma de construcción se acumulan capas finas, a partir de las cuales se crean uno o varios modelos o piezas 3D precisas. Si es necesario apoyar salientes o formas complejas, la impresora 3D rocía un material de apoyo separable. El usuario puede retirar fácilmente el material de apoyo a mano, con agua o en un baño de disolvente. Los modelos y los componentes pueden tratarse con preferencia directamente desde la impresora 3D y utilizarse sin tener que endurecerse posteriormente.

La impresora 3D con la denominación Stratasys (Objet) Eden 260 V resulta especialmente adecuada para la aplicación según la invención. Los materiales anteriormente indicados en la introducción a la descripción y, en particular, los materiales citados en los documentos WO 2014/179780 A1 y WO 2015/014381 A1 resultan adecuados para su uso en el procedimiento según la invención. Los polímeros adecuados para los primeros y segundos elementos de volumen son, por ejemplo, las poliolefinas como, por ejemplo, los polímeros de cicloolefina, los poliácridatos como, por ejemplo, polimetil(meta)acrilatos, poli(meta)acrilatos, polietil(meta)acrilatos, polibutil(meta)acrilatos, poliisobutil(meta)acrilatos, poliésteres, poliamidas, polisiloxanos, poliimididas, poliuretanos, politiuretanos, policarbonatos, polialililos, polisulfuros, polivinilos, poliarilenos, polióxidos y polisulfonas, y sus mezclas. Los monómeros o prepolímeros adecuados como material de impresión que se tienen en cuenta para la generación de los primeros y de los segundos elementos de volumen son las olefinas, los acrilos, los epóxidos, los ácidos orgánicos, los ácidos carboxílicos, los estirenos, los isocianatos, los alcoholes, los norbornenos, los tioles, las aminas, las amidas, los anhídridos, los alilos, las siliconas, los ésteres de vinilo, los éteres de vinilo, los haluros de vinilo y los episulfuros. Los monómeros o prepolímeros pueden endurecerse térmicamente o de forma inducida por radiación (especialmente por medio de radiación ultravioleta). Para el endurecimiento inducido por radiación se pueden utilizar fotoiniciadores y, en su caso, co-fotoiniciadores.

Al utilizar una impresora 3D que puede procesar materiales termoplásticos en forma de pequeñas gotas o en general controlando algunos de los elementos de volumen o vóxeles, se pueden emplear las dos siguientes combinaciones:

- PMMA (material de bajo índice de refracción para segundos elementos de volumen) y PC (material de alto índice de refracción para primeros elementos de volumen)

- PMMA (material de bajo índice de refracción para segundos elementos de volumen) y PET (material de alto índice de refracción para primeros elementos de volumen)

Al utilizar una impresora 3D que puede procesar monómeros de materiales duroplásticos en forma de pequeñas gotas o de forma general controlando algunos vóxeles con un (con preferencia directamente) posterior endurecimiento, se pueden emplear, entre otras, las siguientes combinaciones:

- ADC (material de bajo índice de refracción para segundos elementos de volumen) y episulfuro (MR-174) (material de alto índice de refracción para primeros elementos de volumen)

- PU (material de bajo índice de refracción para segundos elementos de volumen) y PTU (MR-7) (material de alto índice de refracción para primeros elementos de volumen).

Los primeros y los segundos elementos de volumen también se pueden componer de una matriz orgánica mezclada con nanopartículas como se ha descrito anteriormente. La matriz orgánica puede componerse, por ejemplo, de diacrilato de di(etilenglicol), diacrilato de neopentil glicol, diacrilato de hexanodiol, resina epoxídica de bisfenol A Novolak (SU8), metacrilato de 2-hidroxietilo (HEMA), poliacrilato, poli(meta)acrilato, polimetil(meta)acrilato (PMMA), estireno y poli[(2,3,4,4,5,5-hexafluorotetrahidrofurano-2,3-diilo)(1,1,2,2-tetrafluoroetileno)] (CYTOP). Los materiales posibles para las nanopartículas son, por ejemplo, ZnS, ZrO<sub>2</sub>, ZnO, BeO, AlN, TiO<sub>2</sub> y SiO<sub>2</sub>.

La lente de gafas según la invención no debe tener obligatoriamente esta forma. Más bien basta con un modelo virtual de una lente de gafas que se almacena en un soporte de datos (especialmente no volátil) (se hace referencia a cualquier medio de almacenamiento adecuado) en forma de una representación (por ejemplo, como estructura de datos; para el caso del procedimiento aditivo antes descrito, por ejemplo, como archivo CAD en 3D).

Para generar un modelo virtual de este tipo que pueda formar después la base para datos de producción para la fabricación de una lente de gafas como ésta, hace falta un procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una lente de gafas. El procedimiento implementado por ordenador según la invención para el diseño de una lente de gafas comprende los pasos de:

- puesta a disposición de una representación virtual de un primer grupo de elementos de volumen, comprendiendo el primer grupo de elementos de volumen una pluralidad de primeros elementos de volumen, disponiéndose la pluralidad de primeros elementos de volumen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial, consistiendo los primeros elementos de volumen en un primer material con un primer número de Abbe ( $v_1$ ),

- puesta a disposición de una representación virtual de un segundo grupo de elementos de volumen, comprendiendo el segundo grupo de elementos de volumen una pluralidad de segundos elementos de volumen, disponiéndose la pluralidad de segundos elementos de volumen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial, consistiendo los segundos elementos de volumen en un segundo material con un segundo número de Abbe ( $v_2$ ), diferenciándose el primer número de Abbe ( $v_1$ ) y el segundo número de Abbe ( $v_2$ ), y disponiéndose la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial de manera que se atraviesen. Los primeros y segundos elementos de volumen se colocan de forma que interactúen al menos en parte acromáticamente en un recorrido de luz predeterminado a través de la lente de gafas.

La tarea inicialmente planteada se resuelve completamente por medio de un procedimiento implementado por ordenador según la invención para el diseño de una lente de gafas.

Por ejemplo, los primeros y segundos elementos de volumen, previstos para disponerse unos detrás de otros en un recorrido de luz predeterminado a través de la lente de gafas, pueden configurarse como elementos de prisma o como elementos de lente. Con otras palabras, varios primeros y segundos elementos de volumen ópticos dispersivos, configurados como elementos de prisma o como elementos de lente, se conforman y disponen en el recorrido de luz unos respecto a otros, de manera que la dispersión del color del primer elemento de volumen (o de los varios primeros elementos de volumen) se anule por la del segundo elemento de volumen (o de los varios segundos elementos de volumen), sin anular la propia desviación.

También forma parte de la invención un programa de ordenador con un código de programa para la realización de todos los pasos de procedimiento del procedimiento antes mencionado para el diseño de una lente de gafas cuando el programa de ordenador se carga en un ordenador, especialmente en forma de un código compilado y/o se ejecuta en un ordenador, especialmente en forma de un código interpretado.

Ya se ha explicado anteriormente que la lente de gafas puede presentar un soporte en el que se disponen el primer y el segundo grupo de elementos de volumen. Un diseño especialmente ventajoso del procedimiento de fabricación según la invención consiste en poner a disposición un soporte con una superficie y en aplicar el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen a la superficie del soporte. Esto resulta especialmente ventajoso si los primeros y los segundos elementos de volumen se fabrican con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D.

El soporte puede presentar una superficie esférica o tórica o de forma libre por el lado del objeto y la superficie a la que se aplican el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen puede ser la superficie del soporte por el lado del ojo. Alternativamente, el soporte también puede presentar una superficie esférica o tórica o de forma libre por el lado del ojo y la superficie a la que se aplican el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen puede ser la superficie del soporte por el lado del objeto. En las dos variantes antes descritas, el efecto total de la lente de gafas está compuesto por la capacidad refractiva de la superficie esférica o tórica o esférica rotacionalmente simétrica o de forma libre y por las propiedades refringentes de los elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen.

Finalmente, también es posible que la superficie a la que se aplican el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen sea la superficie del soporte orientada hacia el lado de los ojos y/o hacia el lado del objeto. En este caso, el efecto total de la lente de gafas se compone fundamentalmente de las propiedades refringentes de los elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen.

Una variante de realización de la invención consiste en fabricar el soporte de forma aditiva con la superficie y de aplicar posteriormente sobre el mismo el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen.

La invención se describe a continuación más detalladamente por medio del dibujo. Se muestra en la:

- 5      Figura 1 un primer ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen,  
Figura 2 un ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de cuatro cuadrículas parciales formadas por elementos de volumen de los primeros, segundos, terceros y cuartos grupos de elementos de volumen,  
Figura 3 un segundo ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen,  
10      Figura 4 un tercer ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen,  
Figura 5 un cuarto ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen
- 15      a) disposición de los elementos de volumen,  
b) representación ampliada de respectivamente uno de los elementos de los primeros y de los segundos elementos de volumen (primera alternativa),  
c) representación ampliada de respectivamente uno de los elementos de los primeros y de los segundos elementos de volumen (segunda alternativa),
- 20      Figura 6 un primer ejemplo de realización de una lente de gafas según la invención visto desde arriba desde el lado del objeto (esquema de principio),  
Figura 7 un segundo ejemplo de realización de una lente de gafas según la invención en sección transversal (esquema de principio),  
Figura 8 un tercer ejemplo de realización de una lente de gafas según la invención en sección transversal (esquema de principio),  
25      Figura 9 un cuarto ejemplo de realización de una lente de gafas según la invención en sección transversal (esquema de principio),  
Figura 10 un quinto ejemplo de realización de una lente de gafas según la invención en sección transversal (esquema de principio),
- 30      Figura 11 un ejemplo de realización de unas gafas con una lente de gafas según la invención.  
Con anterioridad ya se ha comentado que la lente de gafas según la invención comprende al menos dos grupos de elementos de volumen. Los dos grupos de elementos de volumen, definidos en lo que se sigue como primeros y segundos grupos de elementos de volumen, comprenden respectivamente una pluralidad de elementos de volumen correspondientes. Los elementos de volumen del primer grupo de elementos de volumen se denominan a continuación primeros elementos de volumen, y los elementos de volumen del segundo grupo de elementos de volumen se denominan a continuación segundos elementos de volumen.
- 35      Los primeros elementos del volumen se disponen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica y forman una primera cuadrícula parcial. Los primeros elementos de volumen se componen de un primer material con un primer número de Abbe  $v_1$ . Los segundos elementos de volumen también se disponen a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica y forman juntos una segunda cuadrícula parcial. Los primeros elementos de volumen se componen de un segundo material con un segundo número de Abbe  $v_2$  que es diferente del primer número de Abbe  $v_1$ .
- 40      La primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial se disponen desplazadas y atravesándose respectivamente entre sí. Por lo tanto, las zonas de la lente de gafas definidas por las dos cuadrículas parciales formadas respectivamente por elementos de volumen diferentes, coinciden macroscópica y geoméricamente. Esto se explicará a continuación de nuevo a la vista de las figuras.
- 45      La figura 1 muestra un primer ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen. La primera cuadrícula parcial está compuesta en el presente ejemplo de realización por elementos de volumen dibujados en forma de paralelepípedo 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u, dispuestos al igual que las casillas blancas de dos tableros de ajedrez colocados uno encima del otro. La segunda cuadrícula parcial se compone en el presente ejemplo de realización de los elementos de volumen dibujados en forma de paralelepípedo 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u, dispuestos al
- 50

igual que las casillas negras de dos tableros de ajedrez colocados uno encima del otro. Los colores de las casillas del tablero de ajedrez inferior están cambiados en comparación con los colores del tablero de ajedrez superior.

Cada elemento de volumen 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u, 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u ocupa en este ejemplo de realización representativo el mismo espacio con longitudes de canto  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ . Las longitudes de canto  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  varían normalmente en el rango de entre  $10\ \mu\text{m}$  y  $1\ \text{mm}$ . Por consiguiente, los volúmenes de los elementos de volumen en forma de paralelepípedo 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u, 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u son del orden de entre  $1000\ \mu\text{m}^3$  y  $1\ \text{mm}^3$ .

En el presente ejemplo de realización, la primera cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u y la segunda cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u se configuran de forma idéntica. Desde un punto de vista geométrico, las dos cuadrículas parciales se desplazan una contra otra en la longitud de canto  $a_1$  en la dirección de una hilera de láminas. Alternativamente también puede decirse que las dos cuadrículas parciales se desplazan una contra otra en la longitud de canto  $a_2$  en una dirección perpendicular a la dirección de una hilera de láminas. En este ejemplo de realización, ambas cuadrículas parciales se encuentran en un plano. En el presente caso, la superficie 3 visible en la figura 1 es la superficie que, en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas basada en la estructura mostrada en la figura 1, está orientada hacia el objeto. Como consecuencia, la superficie 4 no visible en la figura 1 es la superficie que, en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas, está orientada hacia el ojo del usuario de las gafas. La superficie por el lado del objeto de un único elemento de volumen 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u, 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u, que en el presente ejemplo de realización a modo de boceto representa respectivamente una superficie plana, es de entre  $100\ \mu\text{m}^2$  y  $1\ \text{mm}^2$ , teniendo en cuenta las especificaciones de tamaño antes indicadas.

Desde un punto de vista macroscópico, la zona superficial definida por la primera cuadrícula parcial y la zona superficial definida por la segunda cuadrícula parcial coinciden, de manera que no se produzca ninguna separación macroscópica.

En el documento WO 2015/102938 A1, por ejemplo, se describe en detalle cómo se pueden fabricar estructuras de cuadrícula de este tipo. Así, una impresora 3D equipada con uno o varios procesadores obtiene un modelo CAD con datos, en el presente ejemplo de realización dos capas que comprenden, respectivamente cada una, una pluralidad de elementos de volumen. Por consiguiente, los datos contienen, por ejemplo, la información de que los primeros elementos de volumen 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u antes indicados deben fabricarse de un primer material con un primer número de Abbe  $v_1$ , lo que corresponde a una primera tinta de impresión, y la información de que los segundos elementos de volumen 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u antes indicados deben fabricarse de un segundo material con un segundo número de Abbe  $v_2$ , lo que corresponde a una segunda tinta de impresión. El procesador o los procesadores de la impresora 3D calculan a partir de los datos el lugar respectivo en el que debe colocarse la tinta de impresión respectiva, la temperatura y/o la luz ultravioleta necesaria, así como los tiempos correspondientes para endurecer la tinta de impresión colocada para la generación del elemento de volumen respectivo 1a, 1b, 1c ... 1t, 1u, 2a, 2b, 2c ... 2t, 2u. Se supone que el primer material sea en el presente ejemplo de realización PC y que el segundo material sea PMMA. En el caso de las dos sustancias indicadas se trata de termoplásticos para cuyo endurecimiento no se necesita luz ultravioleta.

La figura 2 muestra otro ejemplo de realización de una disposición desplazada y atravesada entre sí de elementos de volumen de cuadrículas parciales. En este ejemplo de realización, toda la cuadrícula está formada por cuatro cuadrículas parciales. Las cuatro cuadrículas parciales comprenden elementos de volumen del primer, del segundo, del tercer y del cuarto grupo de elementos de volumen. En el presente ejemplo de realización, la primera cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen hexagonales 11a, 11b, 11c, 11d, la segunda cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen hexagonales 12a, 12b, 12c, 12d, la tercera cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen hexagonales 13a, 13b y la cuarta cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen hexagonales 14a, 14b se configuran idénticas. Los volúmenes de los elementos de volumen hexagonales 11a, 11b, 11c, 11d, 12a, 12b, 12c, 12d, 13a, 13b, 14a, 14b son del orden de entre  $1000\ \mu\text{m}^3$  y  $1\ \text{mm}^3$ . En el presente caso se supone que la superficie 3 visible en la figura 2 es la superficie orientada hacia el objeto en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas basada en la estructura mostrada en la figura 2. Por consiguiente, la superficie 4 no visible en la figura 2 es la que, en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas, está orientada hacia el ojo del usuario. En este ejemplo de realización, el primer material es PET, el segundo material PMMA, el tercer material PC y el cuarto material PU.

Desde un punto de vista macroscópico, la zona superficial definida por la primera cuadrícula parcial, la zona superficial definida por la segunda cuadrícula parcial, la zona superficial definida por la tercera cuadrícula parcial y la zona superficial definida por la cuarta cuadrícula parcial coinciden, de manera que no se produzca ninguna separación macroscópica.

La figura 3 muestra un segundo ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por los elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen. La primera cuadrícula parcial está basada en los elementos de volumen en forma de segmentos anulares 21a, 21b, 21c, ..., dibujados en la figura 3 a rayas. La segunda cuadrícula parcial comprende una pluralidad de elementos de volumen en forma de segmentos anulares 22a, 22b, 22c, ..., dibujados en la figura 3 de color blanco.

La figura 4 muestra un tercer ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por los elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen.

En el presente ejemplo de realización, la primera cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen 1a, 1b, 1c ... 1x, 1y, 1z y la segunda cuadrícula parcial basada en los elementos de volumen 2a, 2b, 2c ... 2x, 2y, 2z se configuran idénticas. Ambas cuadrículas parciales representan una secuencia de estructuras tridimensionales representadas cúbicamente, cuyos respectivos elementos de volumen 1a, 1b, 1c ... 1x, 1y, 1z, 2a, 2b, 2c ... 2x, 2y, 2z se disponen unos al lado de otros e intercalados entre sí. La cuadrícula final comprende, por consiguiente, tres capas del tipo descrito con referencia a la figura 1. En el presente caso, la superficie 3 visible en la figura 4 es la superficie orientada hacia el objeto en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas basada en la estructura mostrada en la figura 4. Como consecuencia, la superficie 4 no visible en la figura 4 es la superficie que, en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas, está orientada hacia el ojo del usuario de las gafas.

La figura 5 muestra un cuarto ejemplo de realización de la disposición desplazada y atravesada entre sí de dos cuadrículas parciales formadas por los elementos de volumen de los primeros y de los segundos grupos de elementos de volumen. La figura 5a muestra la disposición básica de los elementos de volumen 51a, 51b, ... 51t, 51u, 52a, 52b, 52c, ... 52t, 52u a modo de un tablero de ajedrez tridimensional de dos capas, tal como se ha descrito anteriormente en detalle en relación con la figura 1. En el presente caso, la superficie 3 visible en la figura 5 es la superficie orientada hacia el objeto en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas basada en la estructura mostrada en la figura 5. Por consiguiente, la superficie 4 no visible en la figura 5 es la que, en caso de un uso conforme a lo previsto de la lente de gafas, está orientada hacia el ojo del usuario de las gafas. Se supone además que la superficie 3 muestra una sección de la superficie anterior real de la lente de gafas y que la superficie 4 representa la correspondiente sección opuesta de la superficie posterior real de la lente de gafas.

Un rayo de luz procedente de un objeto incidirá, por ejemplo, en la lente de gafas por la superficie orientada hacia el objeto del primer elemento de volumen 51a, atravesará el elemento de volumen 51a, saldrá de nuevo por su lado posterior, entrará a través de la superficie anterior del elemento de volumen 52i en el mismo, lo atravesará y saldrá por su lado posterior para abandonar nuevamente la lente de gafas por su lado posterior y entrar desde allí en el ojo del usuario. De acuerdo con la invención, se prevé que los dos elementos de volumen 51a y 52i puedan interactuar acromáticamente. Las figuras 5b y 5c muestran, a fin de poder conseguir esta finalidad, dos formas de realización ventajosas para los elementos de volumen 51a y 52i.

Anteriormente se ha explicado que para una interacción acromática (o en su caso apocromática) se pueden disponer, por ejemplo, varios primeros y segundos elementos de volumen ópticos dispersivos, cuyas formas se adaptan entre sí, y situados unos detrás de otros en el recorrido de luz de manera que la dispersión cromática del primer elemento de volumen (o de los varios primeros elementos de volumen) vuelva a quedar anulada por la del segundo elemento de volumen (o de los varios segundos elementos de volumen) sin que se anule la propia desviación. A modo de ejemplo se indica que éstos se pueden realizar como elementos de prisma o como elementos de lente.

La figura 5b muestra la configuración de los elementos de volumen 51a y 52i en forma de elementos de lente. El primer elemento de volumen 51a se ha configurado, según este ejemplo de realización, como un elemento de lente microconvexa y el segundo elemento de volumen 52i se ha configurado, según este ejemplo de realización, como un elemento de lente microcóncava. En el caso ideal, las distancias focales y los números de Abbe de los dos elementos de lente 51a, 52i se han de adaptar los unos a los otros, de manera que se cumpla la condición de acromatismo (por ejemplo, de acuerdo con la fórmula de aproximación antes indicada).

La figura 5c muestra la configuración de los elementos de volumen 51a y 52i en forma de elementos de prisma. Según este ejemplo de realización, el primer elemento de volumen 51a se ha configurado como un elemento de prisma con la posición básica B1 y el segundo elemento de volumen 52i se ha configurado, de acuerdo con este ejemplo de realización, como un elemento de prisma con la posición básica B2. En el caso ideal, las posiciones básicas y los efectos de prisma de los dos elementos de prisma 51a, 52i se han de adaptar, de manera que se cumpla del mejor modo posible la condición de acromatismo. Las posiciones básicas B1, B2 de los dos elementos de prisma 51a, 52i se disponen de forma opuesta.

La figura 6 muestra un primer ejemplo de realización de una lente de gafas 60 en una vista en planta desde el lado del objeto en forma de un esquema de principio. La superficie visible se identifica con el número de referencia 63. El ejemplo de realización presenta una zona 61 configurada en la forma según la invención. Se puede ver una disposición intercalada de dos cuadrículas parciales a modo de un "tablero de ajedrez", como se muestra en las figuras 1 y 5a. Los elementos de volumen de la primera cuadrícula parcial se identifican a modo de ejemplo con las referencias 61a, 61b y los elementos de volumen de la segunda cuadrícula parcial se identifican a modo de ejemplo con las referencias 62a, 62b.

La figura 7 muestra un segundo ejemplo de realización de una lente de gafas 70 en sección transversal (esquema de principio). En este ejemplo de realización, toda la lente de gafas 70 se compone de un primer grupo de elementos de volumen con una pluralidad de primeros elementos de volumen 71a, 71b dispuestos a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica, formando una primera cuadrícula parcial, y de un segundo grupo de elementos de volumen con una pluralidad de segundos elementos de volumen 72a, 72b dispuestos a modo de puntos de cuadrícula

de una cuadrícula geométrica, formando una segunda cuadrícula parcial. La realización corresponde básicamente a la disposición de las dos cuadrículas parciales una respecto a otra mostrada en las figuras 1 y 5a.

5 La figura 8 muestra un tercer ejemplo de realización de una lente de gafas 80 en sección transversal (como esquema de principio). En este ejemplo de realización, la estructura según la invención 81 se aplica al lado posterior (lado del ojo) 84 de un soporte transparente 85 en forma de una estructura enterrada. El lado posterior (lado del objeto) 83 de la lente de gafas 80 puede realizarse esférico, tórico, esférico de simetría rotativa o esférico (por ejemplo, como una superficie de forma libre).

10 En la figura 9 se puede ver un cuarto ejemplo de realización de una lente de gafas 90 en sección transversal (en forma de un esquema de principio). En este ejemplo de realización, la estructura según la invención 91 se aplica al lado anterior (lado del objeto) 93 de un soporte transparente 95 en forma de una estructura enterrada. El lado posterior (lado del ojo) 94 de la lente de gafas 90 puede realizarse esférico, tórico o esférico (por ejemplo, como una superficie de forma libre).

15 A una o ambas superficies ópticamente efectivas 83, 84, 93, 94 de las lentes de gafas 80, 90 se les pueden aplicar recubrimientos como, por ejemplo, capas duras, recubrimientos antirreflectantes, recubrimientos antiadherentes y similares.

20 La figura 10 muestra en forma de un esquema de principio un quinto ejemplo de realización de una lente de gafas según la invención 102 en sección transversal. En este ejemplo de realización, la estructura según la invención 101 se aplica a una parte del lado posterior (lado del ojo) 104 de un soporte transparente 105 a modo de una estructura enterrada. El lado anterior (lado del ojo) 103 de la lente de gafas 102 puede realizarse esférico, tórico o esférico (por ejemplo, como una superficie de forma libre). A la estructura enterrada 101 se le aplica una capa dura de alisado 106 que también rellena los espacios intermedios 106a de la estructura enterrada, una capa de adherencia 107 y un recubrimiento antirreflectante 108 compuesto por una pluralidad de capas individuales.

Se hace constar expresamente que las estructuras 101 también pueden aplicarse tanto en la parte anterior, como también en la parte posterior del soporte 105.

25 En la figura 11 se puede ver un ejemplo de realización de unas gafas 100 con las lentes de gafas según la invención 110a, 110b. Además de las dos lentes de gafas 110a, 110b, las gafas 100 comprenden una montura de gafas 120, mostrándose el puente 125 y las dos patillas 130a, 130b. Cada lente de gafas 110a, 110b comprende un soporte 66a, 66b que soporta respectivamente una estructura según la invención 61a, 61b del tipo mostrado en la figura 6. Todos los componentes de las gafas pueden fabricarse con la ayuda de un procedimiento de impresión en 3D.

30



## REIVINDICACIONES

1. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) que comprende
- un primer grupo de elementos de volumen, comprendiendo el primer grupo de elementos de volumen una pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b), disponiéndose la pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial, componiéndose los primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) de un primer material con un primer número de Abbe ( $v_1$ ),
  - un segundo grupo de elementos de volumen, comprendiendo el segundo grupo de elementos de volumen una pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b), disponiéndose la pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial, componiéndose los segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) de un segundo material con un segundo número de Abbe ( $v_2$ ),
  - disponiéndose la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial de forma atravesada entre sí, caracterizada por que
  - el primer número de Abbe ( $v_1$ ) y el segundo número de Abbe ( $v_2$ ) se diferencian, y por que
  - los primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) del primer grupo de elementos de volumen y los segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) del segundo grupo de elementos de volumen interactúan, al menos en parte, acromáticamente.
2. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) según la reivindicación 1, caracterizada por que
- el primer número de Abbe ( $v_1$ ) es menor que 40 y por que
  - el segundo número de Abbe ( $v_2$ ) es mayor que 40.
3. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada por que
- el primer material presenta un primer índice de refracción ( $n_1$ ) y por que
  - el segundo material presenta un segundo índice de refracción ( $n_2$ ) y por que
  - el primer índice de refracción ( $n_1$ ) es mayor que el segundo índice de refracción ( $n_2$ ).
4. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) según la reivindicación 3, caracterizada por que
- el primer material es un material del grupo de politereftalato de etileno (PET), policarbonato (PC), politiouretano (PTU) y poliepisulfuro y/o por que
  - el segundo material es un material del grupo de poli(meta)acrilato de metilo (PMMA), carbonato de polialildiglicol (PADC), poliuretano (PU), poli(meta)acrilato y poli(acrilato).
5. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) según la reivindicación 3 o 4, caracterizada por que
- el primer material es un material del grupo de poli(meta)acrilato de metilo (PMMA), carbonato de polialildiglicol (PADC), poliuretano (PU), poli(acrilato), politereftalato de etileno (PET), policarbonato (PC), politiouretano (PTU), poliepisulfuro, diacrilato de hexanodiol (HDODA), diacrilato de dietilenglicol (DEGDA) y resina epoxídica de bisfenol A Novolak (SU-8) con un primer aditivo de una primera concentración de nanopartículas del grupo de óxido de berilio ( $\text{BeO}$ ), nitruro de aluminio ( $\text{AlN}$ ), carburo de silicio ( $\text{SiC}$ ), óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ), sulfuro de zinc ( $\text{ZnS}$ ), óxido de zirconio ( $\text{ZrO}_2$ ), ortovanadato de itrio ( $\text{YVO}_4$ ), dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), sulfuro de cobre ( $\text{CuS}_2$ ), seleniuro de cadmio ( $\text{CdSe}$ ), sulfuro de plomo ( $\text{PbS}$ ), bisulfuro de molibdeno ( $\text{MoS}_2$ ) y dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y/o por que
  - el segundo material es un material del grupo poli(meta)acrilato de metilo (PMMA), carbonato de polialildiglicol (PADC), poliuretano (PU), poli(acrilato), politereftalato de etileno (PET), policarbonato (PC), politiouretano (PTU), poliepisulfuro, diacrilato de hexanodiol (HDODA), diacrilato de dietilenglicol (DEGDA) y resina epoxídica de bisfenol A Novolak (SU-8) con un segundo aditivo de una segunda concentración de nanopartículas del grupo de óxido de berilio ( $\text{BeO}$ ), nitruro de aluminio ( $\text{AlN}$ ), carburo de silicio ( $\text{SiC}$ ), óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ), sulfuro de zinc ( $\text{ZnS}$ ), óxido de zirconio ( $\text{ZrO}_2$ ), ortovanadato de itrio ( $\text{YVO}_4$ ), dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), sulfuro de cobre ( $\text{CuS}_2$ ), seleniuro de cadmio ( $\text{CdSe}$ ), sulfuro de plomo ( $\text{PbS}$ ), disulfuro de molibdeno ( $\text{MoS}_2$ ) y dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).
6. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- los primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) presentan respectivamente un volumen de entre  $1000 \mu\text{m}^3$  y  $1 \text{mm}^3$  y/o por que
  - los segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) presentan respectivamente un volumen de entre  $1000 \mu\text{m}^3$  y  $1 \text{mm}^3$ .
7. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) con una superficie anterior (3) y con una superficie posterior (4) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- la primera cuadrícula parcial es una cuadrícula tridimensional y por que los primeros elementos de volumen (51a, 51b, ...) presentan respectivamente una forma al menos aproximadamente prismática con una base de prisma respectivamente asignada (B1) y por que

- la segunda cuadrícula parcial es una cuadrícula tridimensional y por que los segundos elementos de volumen (52a, 52b, ...) presentan respectivamente una forma al menos aproximadamente prismática con una base de prisma respectivamente asignada (B2) y por que
- 5 - respectivamente a lo largo de una línea lineal imaginaria más corta y desarrollada desde la superficie posterior (4) hacia la superficie anterior (3) se disponen varios primeros y segundos elementos de volumen (51a, 52i) unos detrás de otros, disponiéndose varios primeros y segundos elementos de volumen (51a, 52i) respectivamente de forma alternativa unos detrás de otros, en concreto respectivamente uno de los primeros elementos de volumen (51a) al lado de uno de los segundos elementos de volumen (52i) que a su vez se encuentra adyacente a uno de los primeros elementos de volumen, etc., y disponiéndose la respectiva base de prisma (B1) de uno de los primeros elementos de volumen (51a) opuesta a la respectiva base de prisma (B2) de uno de los segundos elementos de volumen (52i) respectivamente adyacente.
- 10
8. Lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- 15 - la lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) comprende un soporte (63, 85, 95, 105, 66a, 66b) con una superficie y por que
- el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen se disponen en la superficie del soporte (63, 85, 95, 105, 66a, 66b).
9. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) según la reivindicación 8, caracterizada por que
- 20 el soporte (85) presenta una superficie esférica o tórica o de forma libre por el lado del objeto y por que la superficie, en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen, es la superficie del soporte (85) por el lado del ojo o por que
- el soporte (95, 105) es una superficie esférica o tórica o de forma libre por el lado del ojo y por que la superficie, en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen, es la superficie del soporte (95, 105) por el lado del objeto o por que
- 25 - la superficie en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen es la superficie del soporte por el lado del ojo y/o por el lado del objeto.
10. Lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- 30 en el primer grupo de elementos de volumen y en el segundo grupo de elementos de volumen se dispone un recubrimiento (106, 106a, 107, 108).
11. Procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) con los pasos de procedimiento
- 35 - puesta a disposición de una representación virtual de un primer grupo de elementos de volumen, comprendiendo el primer grupo de elementos de volumen una pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b), disponiéndose la pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial, consistiendo los primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) en un primer material con un primer número de Abbe ( $v_1$ ),
- 40 - puesta a disposición de una representación virtual de un segundo grupo de elementos de volumen, comprendiendo el segundo grupo de elementos de volumen una pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b), disponiéndose la pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial, consistiendo los segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) en un segundo material con un segundo número de Abbe ( $v_2$ ),
- 45 - diferenciándose el primer número de Abbe ( $v_1$ ) y el segundo número de Abbe ( $v_2$ ), y
- disponiéndose la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial de manera que se atraviesen, caracterizado por que
- 50 - los primeros y los segundos elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b; 2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) se colocan de forma que interactúen al menos en parte acromáticamente en un recorrido de luz predeterminado a través de la lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que los primeros y segundos elementos de volumen (51a, 52i), dispuestos unos detrás de otros en el recorrido de luz predeterminado a través de la lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b), se configuran como elementos de prisma (51a, 52i) o como elementos de lente (51a, 52i).
- 55
13. Modelo de una lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) almacenado en un soporte de datos y generado mediante un procedimiento según la reivindicación 11 o 12 según una de las reivindicaciones 1 a 10.
- 60
14. Programa de ordenador con un código de programa para la ejecución de todos los pasos de procedimiento según una de las reivindicaciones 11 o 12 si el programa de ordenador se carga en un ordenador y/o se ejecuta en un ordenador.
- 65
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 o 12, caracterizado por el paso de procedimiento
- fabricación aditiva del primer y del segundo grupo de elementos de volumen.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el paso de procedimiento

- fabricación aditiva de un soporte (63, 85, 95, 105, 66a, 66b) con una superficie en la que se disponen el primer grupo de elementos de volumen y el segundo grupo de elementos de volumen.

5 17. Lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) que comprende  
 - un primer grupo de elementos de volumen, comprendiendo el primer grupo de elementos de volumen una pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b), disponiéndose la pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial, componiéndose los primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) de un primer material con un primer número de Abbe ( $v_1$ ),

10  
 15 - un segundo grupo de elementos de volumen, comprendiendo el segundo grupo de elementos de volumen una pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b), disponiéndose la pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial, componiéndose los segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) de un segundo material con un segundo número de Abbe ( $v_2$ ),

20 - disponiéndose la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial de forma atravesada entre sí, caracterizada por que

25 - el primer número de Abbe ( $v_1$ ) y el segundo número de Abbe ( $v_2$ ) se diferencian, y por que  
 - los primeros y segundos elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b; 2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) se conforman y disponen unos respecto a otros, de manera que un cociente de una aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de una lente de gafas de comparación, fabricada exclusivamente del primer material, y de una aberración cromática transversal  $\Delta\delta_{\text{crom}}$  de la lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b) con la misma distribución dióptrica del efecto en el mismo lugar de la lente de gafas (60, 70, 80, 90, 102, 110a, 110b), sea mayor que un valor del grupo indicado a continuación, comprendiendo el grupo los valores 1, 2 y 3.

30 18. Procedimiento implementado por ordenador para el diseño de una lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) con los pasos de procedimiento

35 - puesta a disposición de una representación virtual de un primer grupo de elementos de volumen, comprendiendo el primer grupo de elementos de volumen una pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b), disponiéndose la pluralidad de primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una primera cuadrícula parcial, consistiendo los primeros elementos de volumen (1a, 1b, ...; 11a, 11b, ...; 51a, 51b, ...; 61a, 61b; 71a, 71b) en un primer material con un primer número de Abbe ( $v_1$ ),

40 - puesta a disposición de una representación virtual de un segundo grupo de elementos de volumen, comprendiendo el segundo grupo de elementos de volumen una pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b), disponiéndose la pluralidad de segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) a modo de puntos de cuadrícula de una cuadrícula geométrica formando una segunda cuadrícula parcial, consistiendo los segundos elementos de volumen (2a, 2b, ...; 12a, 12b, ...; 52a, 52b, ...; 62a, 62b; 72a, 72b) en un segundo material con un segundo número de Abbe ( $v_2$ ),

45 - disponiéndose la primera cuadrícula parcial y la segunda cuadrícula parcial de manera que se atraviesen entre sí, caracterizado por que

50 - el primer número de Abbe ( $v_1$ ) y el segundo número de Abbe ( $v_2$ ) son diferentes, y por que  
 - se predetermina un recorrido de luz a través de la lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b) y por que  
 - los primeros y los segundos elementos de volumen (51a, 52i), dispuestos unos detrás de otros en el recorrido de luz predeterminado a través de la lente de gafas (60, 80, 90, 102, 110a, 110b), se conforman y unen entre sí en superficies complementarias unas respecto a otras, de manera que se debilite una aberración cromática transversal para dos longitudes de onda.

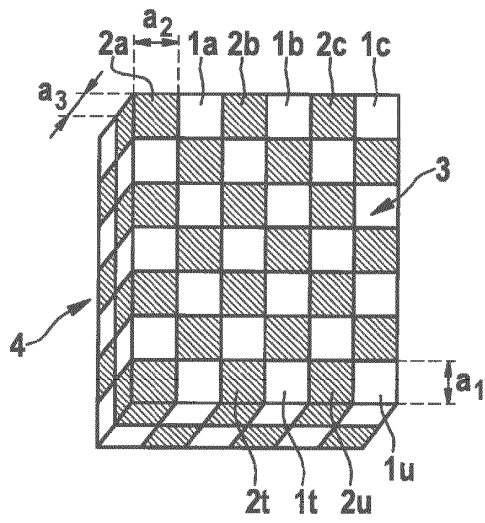


Fig. 1

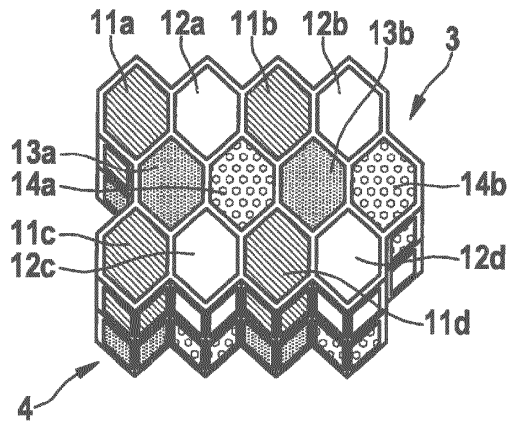


Fig. 2

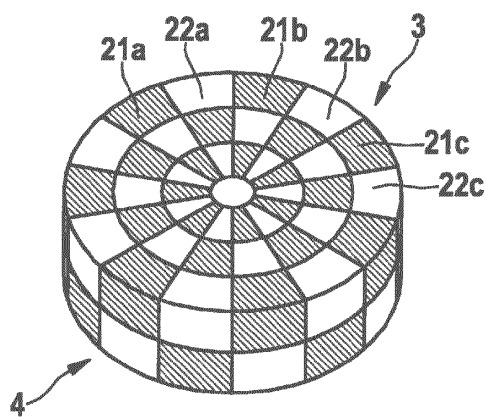


Fig. 3

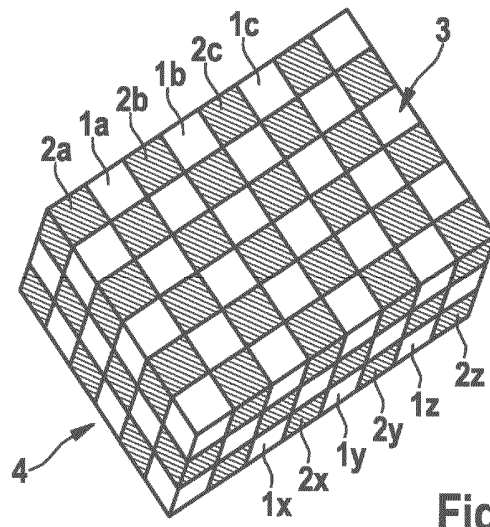


Fig. 4

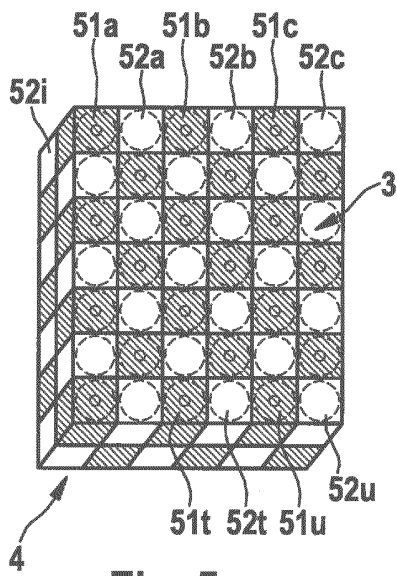


Fig. 5a



Fig. 5b

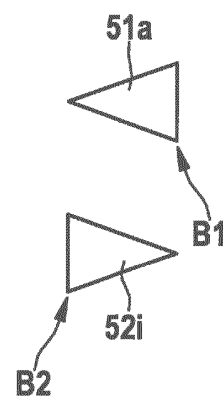


Fig. 5c

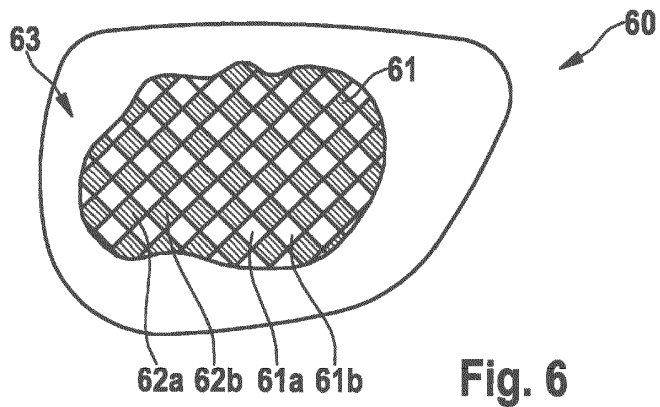


Fig. 6

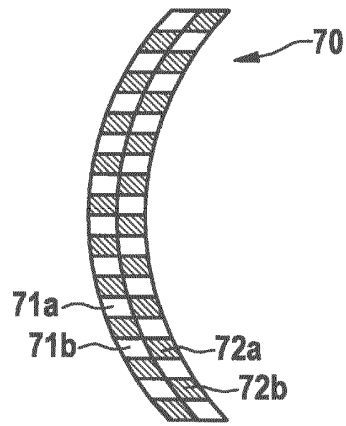


Fig. 7

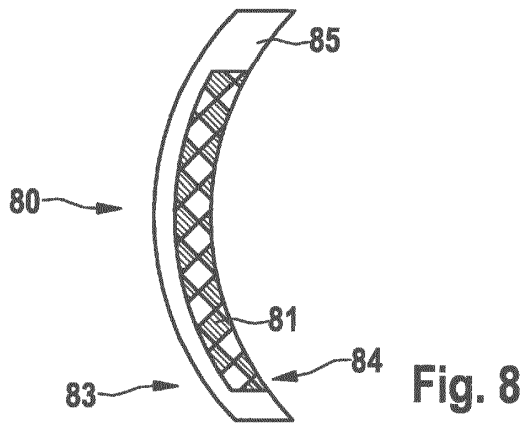


Fig. 8

