

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 523**

51 Int. Cl.:

G02C 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2016** **E 16195139 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020** **EP 3312661**

54 Título: **Cristal para gafas y procedimiento de impresión 3D para su fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
13.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MAPPES, TIMO;
KELCH, GERHARD y
GLÖGE, THOMAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 773 523 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

Cristal para gafas y procedimiento de impresión 3D para su fabricación

5 La presente invención se refiere a un cristal para gafas que comprende al menos los componentes A, B y C. Además, la presente invención se refiere a un procedimiento, en particular un procedimiento de impresión 3D, para producir este cristal para gafas.

10 En el caso de los cristales para gafas, se distingue entre cristales para gafas sin un efecto dióptrico nominal y cristales para gafas de corrección, es decir, cristales para gafas con un efecto dióptrico. Según la norma DIN EN ISO 13666, efecto dióptrico es el término general para el efecto de enfoque y el efecto prismático de un cristal para gafas.

15 En el caso de cristales para gafas de corrección, se distingue además entre cristales para gafas monofocales y cristales para gafas multifocales. Un cristal para gafas monofocal es un cristal para gafas que presenta solo un efecto dióptrico. Un cristal para gafas multifocal es un cristal para gafas que presenta dos o más regiones diferentes con distintos efectos dióptricos en el cristal para gafas.

20 La forma que debe poseer el cristal para gafas en su superficie frontal y/o su superficie posterior para obtener la corrección óptica deseada viene determinada en gran medida por el material del que está fabricado el cristal para gafas. El parámetro más importante a este respecto es el índice de refracción del material utilizado. Mientras que en el pasado los cristales para gafas se fabricaban principalmente a partir de vidrios minerales, especialmente vidrios *crown* (número de Abbe > 55) y vidrios *flint* (número de Abbe < 50), actualmente pueden obtenerse cristales para gafas a partir de una diversidad de materiales orgánicos. El índice de refracción de los vidrios minerales adecuados para cristales para gafas puede ser superior al índice de refracción de los materiales orgánicos que se pueden utilizar para cristales para gafas. Los cristales para gafas basados en vidrios minerales se caracterizan particularmente por su alta resistencia al rayado y su buena resistencia a productos químicos. En comparación, los cristales para gafas basados en materiales orgánicos se caracterizan, en particular, por su menor peso específico y su alta resistencia a la rotura.

30 Los cristales para gafas basados en vidrios minerales se producen generalmente mediante el procesamiento mecánico y mecánicamente abrasivo de una pieza en blanco de cristal para gafas. En el caso de una pieza en blanco de cristal para gafas, ni la superficie frontal ni la superficie posterior corresponden a las superficies objetivo ópticamente eficaces definitivas. La superficie óptica de un cristal para gafas destinada a su disposición en el lado del objeto se denomina superficie frontal, la superficie óptica de un cristal para gafas destinada a su disposición en el lado del ojo se denomina superficie posterior. La superficie dispuesta entre las mismas, que o bien forma un borde directamente o bien indirectamente por medio de una superficie de borde, es colindante en un extremo con la superficie frontal y en el otro extremo con la superficie posterior, se denomina superficie del borde del cilindro. Los términos definidos anteriormente, superficie frontal, superficie posterior y superficie del borde del cilindro se utilizan de forma análoga en lo sucesivo para productos semielaborados de cristales para gafas y para productos terminados de cristales para gafas.

40 Los cristales para gafas basados en materiales orgánicos se moldean por fundición, por ejemplo, como productos semielaborados de cristales para gafas con superficies frontales esféricas, asféricas con simetría rotacional o progresivas en producción en masa en moldes primarios con cubiertas de moldeo de superficie frontal y posterior, que están espaciadas entre sí formando un espacio hueco por medio de un anillo obturador, tal como se describe, por ejemplo, en el documento JP 2008191186 A. La superficie posterior de un producto semielaborado de cristal para gafas producido de esta forma puede, por ejemplo, procesarse mecánicamente de forma mecánicamente abrasiva para obtener un producto terminado de cristal para gafas.

50 Los productos semielaborados de cristales para gafas, también conocidos como productos semiterminados, productos semifabricados o productos semiacabados, son piezas en blanco para cristales para gafas cuya superficie frontal o superficie posterior ya corresponde a la superficie objetivo ópticamente eficaz definitiva. Los productos terminados de cristales para gafas, también conocidos como productos elaborados, productos acabados o cristales para gafas terminados, son cristales para gafas cuya superficie frontal y posterior ya es la superficie objetivo ópticamente eficaz definitiva. Los productos terminados de cristales para gafas pueden moldearse por fundición o bien, por ejemplo, como productos terminados de cristales para gafas por ejemplo en moldes primarios con cubiertas de moldeo de superficie frontal y posterior, que están espaciadas entre sí formando un espacio hueco por medio de un anillo obturador, o bien elaborarse utilizando un proceso Rx. Generalmente se conforma aún el borde de los productos terminados de cristales para gafas, es decir mediante procesamiento del borde se les confiere el tamaño y la forma definitiva que se adapte a la montura de las gafas.

60 El documento EP 0 182 503 A2 divulga un cristal para gafas de material compuesto oftálmico que comprende una capa de vidrio fina con un espesor de 0,5 mm a 2,0 mm en el lado del objeto y una capa de plástico en el lado del ojo. La capa de vidrio y la capa de plástico están unidas entre sí por medio de un adhesivo muy elástico. La superficie posterior de la capa de vidrio tiene una curvatura diferente a la superficie frontal de la capa de plástico. El hueco generado, en particular en el borde, se rellena con el adhesivo utilizado.

Un objeto de la presente invención era proporcionar un cristal para gafas, cuyo efecto dióptrico no sea resultado, o no sea exclusivamente resultado, de la combinación de las superficies ópticamente activas. Además, era un objeto de la invención proporcionar un procedimiento sencillo para producir dicho cristal para gafas.

Este objeto se logró proporcionando un procedimiento para producir una cristal para gafas que comprende, partiendo desde la superficie frontal del lado del objeto del cristal para gafas hasta la superficie posterior opuesta del cristal para gafas, al menos los componentes A, B y C, siendo el componente A al menos un vidrio ultrafino, el componente B al menos un material polimérico, el componente C al menos un vidrio ultrafino y el procedimiento comprende las etapas siguientes:

- a) proporcionar y, opcionalmente, fijar el vidrio ultrafino del componente A o C,
- b) proporcionar un modelo tridimensional del componente B,
- c) cortar digitalmente el modelo tridimensional de la etapa b) en capas bidimensionales individuales,
- d) proporcionar al menos una tinta de impresión 3D, comprendiendo la tinta de impresión al menos un componente curable por radiación,
- e) construir el componente B a partir de la suma total de las capas bidimensionales individuales de la etapa c) mediante un procedimiento de impresión sobre uno de los vidrios ultrafinos de los componentes A o C,
- f) curar el componente B por medio de luz ultravioleta, pudiendo realizarse el curado después de la aplicación de elementos de volumen individuales o después de la aplicación de una capa de elementos de volumen en cada caso totalmente o parcialmente, pudiendo completarse el curado después de finalizar el proceso de impresión, en el que el material polimérico del componente B presenta una distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación,
- g) opcionalmente fresar y/o rectificar y/o torneear y/o pulir la superficie del componente B obtenido en la etapa f) que no es colindante con uno de los vidrios ultrafinos del componente A o C,
- h) h1) en caso de que se haya proporcionado en la etapa a) el vidrio ultrafino del componente A: unir la superficie posterior R_B del componente B del cristal para gafas obtenido en la etapa f) que comprende los componentes A y B con la superficie frontal V_{DC} del vidrio ultrafino del componente C; h2) en caso de que se haya proporcionado en la etapa a) el vidrio ultrafino del componente C: unir la superficie frontal V_B del componente B del cristal para gafas obtenido en la etapa f) que comprende los componentes B y C con la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A,
- i) conformar el borde del cristal para gafas obtenido en la etapa h) que comprende los componentes A, B y C.

Los perfeccionamientos preferidos del procedimiento según la invención se pueden encontrar en las reivindicaciones dependientes 2 a 13.

El cristal para gafas producido mediante el procedimiento según la invención comprende al menos un componente A, al menos un componente B y al menos un componente C. El componente A puede comprender un vidrio ultrafino y/o una capa funcional F_A . El componente A es colindante con el componente B en el lado del objeto del cristal para gafas producido según la invención. El componente C puede comprender un vidrio ultrafino y/o una capa funcional F_C . El componente C es colindante con el componente B en el lado del ojo del cristal para gafas producido según la invención. Si tanto el componente A como el componente C comprenden al menos un vidrio ultrafino, los dos vidrios ultrafinos pueden estar configurados de forma idéntica o diferente entre sí. Por ejemplo, el vidrio ultrafino del componente A y el vidrio ultrafino del componente C pueden ser idénticos o diferentes con respecto a la composición del vidrio, la forma y/o el espesor promedio. En una forma de realización preferida de la invención, el componente A comprende un vidrio ultrafino, el componente C o un vidrio ultrafino y/o una capa funcional F_C . En una forma de realización particularmente preferida de la invención, tanto el componente A como el componente C comprenden cada uno un vidrio ultrafino, que pueden estar configurados de forma idéntica o diferente entre sí.

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C puede estar basado en diversas composiciones de vidrio. El componente A y el componente C pueden comprender un vidrio ultrafino que es idéntico o diferente entre sí con respecto a la composición de vidrio. La composición de vidrio para los vidrios ultrafinos puede ser, por ejemplo, vidrio de borosilicato, vidrio de aluminio-borosilicato o vidrio de borosilicato sin álcali. El vidrio ultrafino del componente A o del componente C se basa preferentemente en cada caso en un vidrio de borosilicato o un vidrio de aluminio-borosilicato.

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta en cada caso preferentemente un espesor promedio en un intervalo de 10 μm a 1000 μm , de forma más preferida en un intervalo de 13 μm a 760 μm , de forma más preferida en un intervalo de 16 μm a 510 μm , de forma particularmente preferida en un intervalo de 18 μm a 390 μm y

de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 19 μm a 230 μm . De forma particularmente preferida, el vidrio ultrafino del componente A o el vidrio ultrafino del componente C presentan en cada caso un espesor promedio en un intervalo de 21 μm a 121 μm . Se entiende que el espesor promedio del vidrio ultrafino del componente A o del componente C significa la media aritmética, a menos que se indique lo contrario.

Por debajo de un espesor promedio de 10 μm , el vidrio ultrafino del componente A o del componente C es mecánicamente demasiado inestable como para poder utilizarlo en el procedimiento según la invención para la fabricación de cristales para gafas. Por encima de un espesor promedio de 1000 μm , el vidrio ultrafino del componente A o del componente C puede conducir a cristales para gafas que presentarían un espesor de borde excesivamente grande o un espesor central excesivamente grande del cristal para gafas. El espesor promedio del vidrio ultrafino de los componentes A y C se mide preferentemente en cada caso utilizando el dispositivo de medición Filmetrics F10-HC (empresa Filmetrics Inc.). El espesor promedio del vidrio ultrafino de los componentes A o C se determina preferentemente en cada caso sobre la base del vidrio ultrafino en la forma en que realmente se utiliza. El espesor promedio del vidrio ultrafino de los componentes A y C se determina, por lo tanto, sobre la base de un vidrio ultrafino plano o sobre la base de un vidrio ultrafino conformado antes de ensamblarlo con el componente B. Alternativamente, el espesor promedio del vidrio ultrafino de los componentes A y C se puede determinar en cada caso por medio de una imagen de microscopio electrónico de barrido utilizando una sección transversal. La determinación del espesor promedio respectivo por medio de una imagen de microscopio electrónico de barrido se puede llevar a cabo utilizando el vidrio ultrafino del componente A, utilizando el vidrio ultrafino del componente C o utilizando el cristal para gafas producido según la invención que comprende los componentes A, B y C. Para este fin, el espesor del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se determina en al menos 100 puntos y se promedia estadísticamente. El espesor promedio del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se determina preferentemente por medio de una imagen electrónica de barrido utilizando una sección transversal del cristal para gafas producido según la invención. Si hay presencia de otros componentes en el cristal para gafas producido según la invención, la determinación de su espesor promedio respectivo también se realiza tal como se ha descrito anteriormente.

En una forma de realización, la desviación estándar relativa de la distribución del espesor del vidrio ultrafino del componente A o C es en cada caso del 0,1% al 100%, preferentemente del 0,2% al 81%, de forma particularmente preferida del 0,3% al 66% y de forma muy particularmente preferida del 0,4% al 24%. La desviación estándar relativa en [%] es el cociente de la desviación estándar calculada y el espesor promedio.

El vidrio ultrafino del componente A y el del componente C pueden presentar el mismo espesor promedio. Los espesores promedio de los vidrios ultrafinos de los componentes A y C también pueden ser diferentes entre sí. Los espesores promedio de los vidrios ultrafinos de los componentes A y C son preferentemente iguales en cada caso.

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta preferentemente en cada caso una rugosidad superficial $R_a < 1 \text{ nm}$. La rugosidad superficial R_a del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se encuentra de forma más preferida en un intervalo de 0,1 nm a 0,8 nm, de forma particularmente preferida en un intervalo de 0,3 nm a 0,7 nm y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 0,4 nm a 0,6 nm. Los valores mencionados anteriormente para la rugosidad superficial R_a se refieren en cada caso a la superficie frontal y la superficie posterior del vidrio ultrafino de los componentes A y C de un vidrio ultrafino plano no conformado. Después de su conformación, los valores mencionados anteriormente se aplican en cada caso solo a la superficie del vidrio ultrafino que no se ha puesto en contacto con el cuerpo moldeado. Dependiendo del cuerpo moldeado utilizado para la conformación, los valores mencionados anteriormente también pueden aplicarse a la superficie del vidrio ultrafino que estaba en contacto con el cuerpo moldeado utilizado para la conformación. La rugosidad superficial R_a del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se determina preferentemente por medio de interferometría de luz blanca, preferentemente utilizando el dispositivo NewView 7100 (empresa Zygo Corporation).

Si el vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta irregularidades adicionales en la superficie, el análisis superficial de la superficie respectiva puede determinarse adicionalmente mediante deflectometría de medición de fase, preferentemente utilizando el dispositivo SpecGage (empresa 3D-Shape GmbH).

La temperatura de transformación T_G del vidrio ultrafino del componente A o del vidrio ultrafino del componente C se encuentra en cada caso preferentemente en un intervalo de 400 $^{\circ}\text{C}$ a 800 $^{\circ}\text{C}$, de forma más preferida en un intervalo de 430 $^{\circ}\text{C}$ a 770 $^{\circ}\text{C}$, de forma particularmente preferida en un intervalo de 490 $^{\circ}\text{C}$ a 740 $^{\circ}\text{C}$ y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 530 $^{\circ}\text{C}$ a 730 $^{\circ}\text{C}$. La temperatura de transformación T_G del vidrio ultrafino del componente A o C puede determinarse en cada caso mediante análisis mecánico dinámico, preferentemente con el dispositivo de medición DMA 8000 Dynamic Mechanical Analyzer (empresa Perkin Elmer Inc.), o mediante calorimetría diferencial dinámica, preferentemente con el dispositivo de medición DSC204CEL con controlador TASC414/3A o CC2001 (en cada caso de la empresa Erich NETZSCH GmbH & Co. Holding KG). Preferentemente, la temperatura de transformación T_G del vidrio ultrafino de los componentes A o C se determina mediante calorimetría diferencial dinámica.

El coeficiente de dilatación del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se encuentra en cada caso preferentemente en un intervalo de $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a $9,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, de forma más preferida en un intervalo de $2,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a $8,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, de forma particularmente preferida en un intervalo de $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a $8,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y de forma muy

particularmente preferida en un intervalo de $3,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a $7,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en cada caso basado en el intervalo de temperatura de 20°C a 300°C . El coeficiente de dilatación del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se obtiene en cada caso preferentemente mediante dilatometría, preferentemente utilizando el dispositivo de medición DIL 402 E/7 (empresa Erich NETZSCH GmbH & Co. Holding KG).

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C preferentemente no comprende, en ningún caso, ningún colorante. Además, la transmisión del vidrio ultrafino del componente A o del componente C en el intervalo de longitud de onda de 400 nm a 800 nm es en cada caso $\geq 90\%$, de forma particularmente preferida $\geq 92\%$. La transmisión del vidrio ultrafino del componente A o del componente C se determina preferentemente por medio de un espectrofotómetro UV/VIS, preferentemente utilizando el espectrofotómetro LAMBDA 950 UV/Vis/NIR (empresa Perkin Elmer Inc.).

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta preferentemente un índice de refracción en un intervalo de $n = 1,490$ a $n = 1,950$, de forma más preferida en un intervalo de $n = 1,501$ a $n = 1,799$, de forma particularmente preferida en un intervalo de $n = 1,510$ a $n = 1,755$ y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de $n = 1,521$ a $n = 1,747$, indicándose el índice de refracción para la longitud de onda de la línea D de sodio. El índice de refracción del vidrio ultrafino respectivo del componente A o del componente C se adapta preferentemente a la capa funcional F_A o F_C que es directamente adyacente en cada caso y/o el componente directamente adyacente en cada caso, preferentemente el componente B. El índice de refracción del vidrio ultrafino del componente A y del componente C, del componente B y otros componentes del cristal para gafas producido según la invención se determina preferentemente por separado por refractometría sobre los constituyentes respectivos del cristal para gafas producido según la invención. Como dispositivo de medición se puede utilizar, por ejemplo, el dispositivo Anton Paar Abbemat MW (empresa Anton Paar GmbH).

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta preferentemente un número de Abbe en un intervalo de 20 a 85 , de forma más preferida en un intervalo de 23 a 74 , de forma particularmente preferida en un intervalo de 29 a 66 y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 33 a 61 .

En una forma de realización de la invención, el vidrio ultrafino del componente A o del componente C y el material orgánico del componente B del componente B presentan en cada caso el número de Abbe más alto posible para un índice de refracción dado n .

En una forma de realización de la invención, el vidrio ultrafino del componente A o del componente C presentan en cada caso una temperatura de transformación T_G en un intervalo de 421°C a 781°C , preferentemente en un intervalo de 501°C a 766°C , y para el intervalo de temperatura de 20°C a 300°C , en cada caso, un coeficiente de dilatación en un intervalo de $2,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a $8,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, preferentemente en un intervalo de $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a $7,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. En esta forma de realización, la temperatura de transformación T_G y/o el coeficiente de dilatación del vidrio ultrafino del componente A y del vidrio ultrafino del componente C pueden ser iguales o diferentes.

En una forma de realización adicional de la invención, el vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta en cada caso un espesor promedio en un intervalo de $17 \mu\text{m}$ a $190 \mu\text{m}$, preferentemente en un intervalo de $24 \mu\text{m}$ a $166 \mu\text{m}$, y una temperatura de transformación T_G en un intervalo de 510°C a 730°C , preferentemente en un intervalo de 555°C a 721°C . En esta forma de realización, el espesor promedio y/o la temperatura de transformación T_G del vidrio ultrafino del componente A y del vidrio ultrafino del componente C pueden ser iguales o diferentes.

En una forma de realización preferida, los vidrios ultrafinos de los componentes A o C y otros vidrios ultrafinos opcionalmente presentes en el cristal para gafas producido según la invención no presentan propiedades fotocromicas.

Los vidrios ultrafinos están disponibles comercialmente, por ejemplo, con las denominaciones D 263® T eco, AF 32® eco (en cada caso de la empresa Schott AG) o Corning Willow Glass (empresa Corning Inc.).

El vidrio ultrafino del componente A o del componente C puede estar presente en cada caso con conformaciones diferentes, por ejemplo, en forma plana o en una forma específica. Con respecto a la forma del vidrio ultrafino, "plano" significa que el vidrio ultrafino no presenta ningún alabeo o curvatura macroscópicamente visible. Si los vidrios ultrafinos de los componentes A y C presentan una superficie no plana, se puede lograr una topografía de superficie deseada, por ejemplo esférica o tórica, deformando un vidrio ultrafino plano en un molde negativo correspondiente. Por ejemplo, el vidrio ultrafino del componente A o del componente C puede configurarse en forma de lente esférica con un radio de curvatura específico. La forma del vidrio ultrafino de los componentes A y C puede ser idéntica o diferente entre sí. Para conformar un vidrio ultrafino plano, en primer lugar se puede cortar, preferentemente en forma de círculo, por ejemplo por medio de un láser. A este círculo de vidrio ultrafino recortado se puede aplicar a continuación una llama en la región del borde para sellar cualquier microfisura que se haya formado. Con el fin de producir la menor cantidad posible de residuos de vidrio ultrafino, el recorte del vidrio ultrafino se selecciona de forma que, después de que los componentes A, B y C de la lente para gafas producidos según la invención se hayan ensamblado, haya que eliminar el menor exceso de vidrio ultrafino posible. El vidrio ultrafino recortado puede, por ejemplo, colocarse en una carcasa de moldeo adecuada para su conformación, dado el caso asegurarse por medio de un dispositivo de sujeción, y preferentemente junto con la carcasa de moldeo, dado el caso junto con el dispositivo

de sujeción, calentarse hasta la temperatura de transformación T_G de la composición de vidrio o hasta una temperatura que se encuentra preferentemente como máximo 20 °C por encima de la temperatura de transformación T_G . La carcasa de moldeo puede estar diseñada, por ejemplo, de forma convexa o cóncava. Por ejemplo, el vidrio ultrafino recortado se presiona utilizando una contraparte adaptada a la carcasa de moldeo contra la misma, o el recorte de vidrio ultrafino se conforma en la carcasa de moldeo aplicando vacío y/o simplemente por gravedad. Se prefiere una conformación del vidrio ultrafino aplicando vacío a una carcasa de moldeo. El vidrio ultrafino conformado preferentemente se deja enfriar completamente en, o sobre, la carcasa de moldeo antes de separarlo de la carcasa de moldeo. La conformación de un recorte preferentemente plano de un vidrio ultrafino se lleva a cabo preferentemente en una atmósfera de gas protector. La carcasa de moldeo puede estar diseñada, a este respecto, como un molde negativo de la superficie frontal o posterior del vidrio ultrafino que se obtendrá en la conformación. Por ejemplo, la carcasa de moldeo puede tener forma esférica, asférica con simetría rotacional, tórica, atóricamente, como una superficie simétrica de forma libre o una superficie asimétrica de forma libre. Alternativamente, el vidrio ultrafino se puede conformar en una forma no recortada, preferentemente una forma plana, utilizando un proceso de termoformado. En presencia de otros componentes del cristal para gafas según la invención que comprenden al menos un vidrio ultrafino, se aplican correspondientemente las declaraciones anteriores.

El radio de curvatura de un vidrio ultrafino se encuentra preferentemente en un intervalo de 10 mm a infinito, preferentemente en un intervalo de 20 mm a 1600 mm, de forma más preferida en un intervalo de 35 mm a 1535 mm, de forma más preferida en un intervalo de 56 mm a 600 mm, de forma particularmente preferida en un intervalo de 66 mm a 481 mm y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 75 mm a 376 mm. Un radio infinito de curvatura del vidrio ultrafino corresponde a una superficie plana. En el caso de superficies no esféricas del vidrio ultrafino, los radios de curvatura dados anteriormente se relacionan con una forma esférica aproximada. La carcasa de moldeo que puede utilizarse para la conformación comprende preferentemente un material que puede mecanizarse por arranque de virutas, no produce ninguna estructura en el vidrio ultrafino conformado y, además, no forma una unión inseparable con el vidrio ultrafino. La carcasa de moldeo puede estar fabricada, por ejemplo, de grafito, un metal (aleación) o una cerámica, tal como se describe en el documento WO 2006/050891 A2. La carcasa de moldeo también se puede modificar en su superficie para minimizar aún más la adhesión del vidrio ultrafino.

La superficie frontal del vidrio ultrafino V_{DA} del componente A es la superficie del vidrio ultrafino que se encuentra en el lado del objeto en el cristal para gafas producido según la invención. La superficie frontal del vidrio ultrafino V_{DC} del componente C es la superficie del vidrio ultrafino que se encuentra en el cristal para gafas producido según la invención en el lado del objeto en dirección al componente B o en dirección al otro componente del lado del objeto del cristal para gafas producido según la invención. La superficie posterior del vidrio ultrafino R_{DA} del componente A es la superficie del vidrio ultrafino que se encuentra en el lado del ojo en el cristal para gafas producido según la invención en dirección al componente B o en dirección a un componente del cristal para gafas producido según la invención que está dispuesto más allá en el lado del ojo. La superficie posterior del vidrio ultrafino R_{DC} del componente C es la superficie del vidrio ultrafino que se encuentra en el lado del ojo en el cristal para gafas producido según la invención. Si hay presencia de más de uno de los componentes A, B y/o C en el cristal para gafas producido según la invención, su superficie frontal se define en cada caso como la superficie que está dispuesta en el lado del objeto. La superficie posterior es entonces la superficie del componente respectivo que se encuentra en el lado del ojo en el cristal para gafas producido según la invención.

El vidrio ultrafino del componente A comprende preferentemente sobre la superficie frontal del vidrio ultrafino V_{DA} al menos una capa funcional F_{VA} . La capa funcional F_{VA} puede comprender, por ejemplo, al menos una capa antirreflectante, al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica, al menos una capa antiempañante y/o al menos una capa Clean-Coat. La capa funcional F_{VA} comprende preferentemente al menos una capa antirreflectante, de forma particularmente preferida al menos una capa antirreflectante y al menos una capa Clean-Coat, en cuyo caso la capa Clean-Coat es la capa más externa en el lado del objeto del cristal para gafas producido según la invención.

El vidrio ultrafino del componente C comprende preferentemente sobre la superficie posterior del vidrio ultrafino R_{DC} al menos una capa funcional F_{RC} . La capa funcional F_{RC} puede comprender como la capa funcional F_{VA} , por ejemplo, una capa antirreflectante, al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica, al menos una capa antiempañante y/o al menos una capa Clean-Coat. La capa funcional F_{RC} comprende preferentemente al menos una capa antirreflectante, de forma particularmente preferida una capa antirreflectante y una capa Clean-Coat, en cuyo caso la capa Clean-Coat es la capa más externa en el lado del ojo del cristal para gafas producido según la invención.

La, al menos una, capa funcional F_{VA} de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y la, al menos una, capa funcional F_{RC} de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C pueden ser idénticas o diferentes entre sí. Preferentemente, la, al menos una, capa funcional F_{VA} y la, al menos una, capa funcional F_{RC} son idénticas.

Si la capa funcional F_{VA} de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la capa funcional F_{RC} de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, comprenden en cada caso al menos una capa antirreflectante, esta comprende preferentemente capas discretas de óxido metálico, hidróxido metálico y/o hidrato de óxido metálico fabricadas de, o con, aluminio, silicio, circonio, titanio, itrio, tantalio, neodimio, lantano, niobio y/o praseodimio. En una forma de realización de la invención, la capa antirreflectante comprende al menos una capa de

óxido metálico, hidróxido metálico y/o hidrato de óxido metálico fabricada de, o con, silicio, representando preferentemente al menos una capa de óxido de silicio, hidróxido de silicio y/o hidrato de óxido de silicio en el lado del objeto la capa más externa de la capa antirreflectante presente en el vidrio ultrafino del componente A o en el lado del ojo la capa más externa de la capa antirreflectante presente en el vidrio ultrafino del componente C.

Si la capa funcional F_{VA} de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la capa funcional F_{RC} de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C comprenden en cada caso al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica, esta puede ser, por ejemplo, una capa fabricada de, o con, óxido de indio y estaño ($((\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9}(\text{SnO}_2)_{0,1}; \text{ITO})$), óxido de flúor-estaño ($\text{SnO}_2:\text{F}; \text{FTO}$), óxido de aluminio-zinc ($\text{ZnO}:\text{Al}; \text{AZO}$) y/u óxido de antimonio-estaño ($\text{SnO}_2:\text{Sb}; \text{ATO}$). La capa conductora o semiconductor eléctrica comprende preferentemente una capa fabricada de, o con, ITO o fabricada de, o con, FTO.

Si la capa funcional F_{VA} de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la capa funcional F_{RC} de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C comprenden en cada caso al menos una capa antiempañante, esta comprende preferentemente un derivado de silano según el documento EP 2 664 659 A1, de forma particularmente preferida según la reivindicación 4 del documento EP 2 664 659 A1. Alternativamente, la capa antiempañante también se puede producir según el procedimiento descrito en el documento DE 10 2015 209 794, en particular según el procedimiento descrito en la reivindicación 1 del documento DE 10 2015 209 794. La capa antiempañante se puede aplicar directamente a la superficie frontal V_{DA} del cristal ultrafino del componente A o la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C o a una capa antirreflectante presente en la superficie frontal V_{DA} o una capa antirreflectante presente en la superficie posterior R_{DC} . Si la capa antiempañante se aplica a una capa antirreflectante, la capa más exterior de la capa antirreflectante en el lado del ojo o en el lado del objeto comprende preferentemente una capa de óxido metálico, hidróxido metálico y/o hidrato de óxido metálico fabricada de, o con, silicio.

Si la capa funcional F_{VA} de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la capa funcional F_{RC} de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C comprenden en cada caso al menos una capa Clean-Coat, esta comprende preferentemente un material sobre el cual el agua tiene un ángulo de contacto superior a 90° , preferentemente superior a 100° y de forma particularmente preferida superior a 110° . La capa Clean-Coat comprende preferentemente una capa de organoflúor con un enlace covalente al sustrato según el documento DE 198 48 591 A1, reivindicación 1, o una capa basada en perfluoropolímeros.

En una forma de realización de la invención, la superficie frontal del vidrio ultrafino V_{DA} del componente A partiendo desde la superficie frontal V_{DA} en dirección al objeto o la superficie posterior R_{DC} del componente C partiendo desde la superficie posterior R_{DC} en dirección al ojo está cubierta en cada caso con las capas funcionales F_{VA} siguientes:

- a) opcionalmente al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica,
- b) al menos una capa antirreflectante,
- c) al menos una capa antiempañante o al menos una capa Clean-Coat.

En esta forma de realización, la, al menos una, capa opcionalmente conductora o semiconductor eléctrica presente también puede estar presente como un constituyente de la, al menos una, capa antirreflectante.

El componente A del cristal para gafas producido según la invención puede adicionalmente o alternativamente a un vidrio ultrafino comprender al menos una capa funcional F_A . El componente C del cristal para gafas producido según la invención puede adicionalmente o alternativamente a un vidrio ultrafino comprender al menos una capa funcional F_C . En ausencia de un vidrio ultrafino, la capa funcional F_A o F_C se selecciona preferentemente del grupo que consiste en al menos una capa de barniz duro, preferentemente una composición para la producción de un revestimiento con alta resistencia adhesiva y alta resistencia al rayado, tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP 2 578 649 A1, especialmente en el documento EP 2 578 649 A1, reivindicación 1, al menos una capa antirreflectante, al menos una capa antiempañante, al menos una capa Clean-Coat y al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica.

El revestimiento de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A con al menos una capa funcional F_{VA} y/o la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C con al menos una capa funcional F_{RC} puede llevarse a cabo en cada caso mediante un procedimiento PVD y/o un procedimiento de revestimiento por rotación. El curado posterior del revestimiento obtenido en el procedimiento de revestimiento por rotación puede realizarse o bien térmicamente o bien mediante curado por radiación. Este revestimiento se cura preferentemente mediante curado por radiación.

El revestimiento de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A con al menos una capa funcional F_{VA} y/o de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C con al menos una capa funcional F_{RC} puede llevarse a cabo en cada caso utilizando el vidrio ultrafino del componente A o del componente C o utilizando el cristal para gafas producido según la invención que comprende al menos los componentes A, B y C. Preferentemente se

reviste la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C utilizando el cristal para gafas producido según la invención que comprende los componentes A, B y C.

La fabricación del componente B del cristal para gafas se realiza mediante un procedimiento de impresión, preferentemente un procedimiento de impresión 3D, en el que la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A o la superficie frontal V_{DC} del vidrio ultrafino del componente C se imprime con una tinta de impresión 3D preferentemente curable por radiación. El componente B del cristal para gafas se construye preferentemente mediante impresión de la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A.

La topografía superficial de aquella superficie del componente B que no está predeterminada por el vidrio ultrafino, sino que es opuesta a esta superficie, puede construirse específicamente por medio de un procedimiento de impresión, en particular un procedimiento de impresión 3D. El procedimiento de impresión 3D es un procedimiento de fabricación aditivo en el que la topografía superficial deseada de una de las superficies del componente B se produce exclusivamente por aplicación de material. La forma tridimensional del componente B que se va a imprimir del cristal para gafas que se va a producir según la invención, que también puede tener en cuenta aspectos adaptados individualmente, tales como, por ejemplo, el diámetro, el radio de curvatura o valores de formulación individuales, tales como, por ejemplo, una superficie de progresión con un valor de progresión predeterminado y el recorrido del canal de progresión, se corta en primer lugar digitalmente en capas bidimensionales horizontales. Por supuesto, a este respecto, la influencia del vidrio ultrafino del componente A y del vidrio ultrafino del componente C también deben tenerse en cuenta. También debe tenerse en cuenta que cualquier defecto, no deseado dado el caso presente en la superficie del vidrio ultrafino que se va a imprimir se compensa inicialmente con al menos una capa impresa. La información sobre las capas bidimensionales individuales que se van a imprimir una encima de otra se pone a disposición de la impresora, en particular una impresora 3D, y el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se construye con la misma a partir de la suma de las capas bidimensionales individuales. Una capa que se va a imprimir comprende la disposición de elementos de volumen uno junto a otro, es decir la disposición de forma adyacente de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, después de la salida de un cabezal de impresión, preferentemente de un cabezal de impresión adecuado para la impresión 3D, en una superficie, dependiendo las dimensiones de los elementos de volumen, entre otras cosas, del diámetro de las boquillas del cabezal de impresión. El elemento de volumen más pequeño posible corresponde al volumen de una gota de tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Se pueden disponer varias capas de elementos de volumen dispuestos uno junto a otro una encima de otra, es decir se imprimen una encima de otra. La extensión de la superficie y el número de capas que se van a imprimir una encima de la otra dependen de las dimensiones deseadas del componente B que se va a imprimir del cristal para gafas que se va a producir según la invención. El curado de las capas individuales se puede realizar en capas, preferentemente por medio de luz UV, hasta que se haya producido la reacción total del componente curable por radiación. Alternativamente, después de que se haya impreso cada capa, puede tener lugar un curado incompleto, y después de que se hayan impreso todas las capas, el curado final, preferentemente en cada caso por medio de luz UV.

La impresora, en particular una impresora 3D, comprende al menos un cabezal de impresión, que utiliza el procedimiento de gota bajo demanda conocido por la impresión con chorro de tinta para generar elementos de volumen por medio de un elemento piezoeléctrico y colocar un elemento de volumen solo en la ubicación exacta donde se necesita. El, al menos un, cabezal de impresión puede moverse sobre el vidrio ultrafino del componente A o del componente C y/o el vidrio ultrafino del componente A o del componente C puede moverse por debajo del, al menos un, cabezal de impresión. Preferentemente, como procedimiento de impresión 3D se utiliza el procedimiento de modelado por chorro múltiple o polyjet. Como cabezal de impresión puede utilizarse, por ejemplo, el cabezal de impresión Xaar 1001 (Xaar), uno de los cabezales de impresión Spectra S-Class, Spectra SE3, Spectra SX3, Spectra Q-class (empresa Spectra), el cabezal de impresión KM512 (empresa Konica Minolta) y/o el cabezal de impresión 256Jet S4 (empresa Trident). La resolución del cabezal de impresión es preferentemente de al menos 300 x 300 dpi, de forma más preferida de al menos 600 x 600 dpi y de forma particularmente preferida de al menos 1200 x 1200 dpi. Preferentemente, se aplica a al menos un lado del cabezal de impresión utilizado al menos una fuente de luz UV, de forma particularmente preferida se aplica a al menos dos lados del cabezal de impresión utilizado al menos una fuente de luz UV. Alternativamente, se pueden instalar varios cabezales de impresión en paralelo en una impresora 3D y controlarlos selectivamente. La fuente de luz ultravioleta puede consistir en varias fuentes de luz ultravioleta también conectadas en paralelo o en unas pocas fuentes grandes de luz ultravioleta.

El componente B del cristal para gafas producido según la invención, producido por medio de un procedimiento de impresión, en particular un procedimiento de impresión 3D, puede requerir al menos una etapa de procesamiento mecánico adicional, tal como un pulido. Preferentemente, el componente B del cristal para gafas producido según la invención, que se produce mediante un procedimiento de impresión, en particular un procedimiento de impresión 3D, no requiere ninguna etapa de procesamiento mecánico adicional, tal como fresado y/o rectificado y/o torneado y/o pulido.

En una forma de realización de la invención, el cristal para gafas que se va a producir según la invención se puede configurar para que comprenda los componentes A, B y C sin ningún efecto de corrección óptica. El componente B, a este respecto, comprende una tinta de impresión, preferentemente una tinta de impresión 3D curable por radiación,

que después de curarse da como resultado un material del componente B con un índice de refracción uniforme, es decir, sin ninguna distribución de índice de refracción dentro del componente B. Si los dos componentes A y C comprenden cada uno un vidrio ultrafino, el componente B puede construirse, utilizando un procedimiento de impresión, preferentemente un procedimiento de impresión 3D, o bien sobre la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A o bien sobre la superficie frontal V_{DC} del componente C. Preferentemente, el componente B se construye por medio de un procedimiento de impresión, preferentemente un procedimiento de impresión 3D, sobre la superficie posterior R_{DA} del componente A. Si solo uno de los componentes A o C comprende un vidrio ultrafino, el componente B puede construirse a partir del vidrio ultrafino respectivo mediante un procedimiento de impresión, preferentemente un procedimiento de impresión 3D. El otro componente respectivo C o A que comprende preferentemente una capa funcional F_C o F_A también puede aplicarse por medio de un procedimiento de impresión, por ejemplo un procedimiento de impresión 3D, o por medio de un procedimiento de revestimiento por rotación sobre la superficie frontal V_B o la superficie posterior R_B del componente B. Alternativamente, el componente B también se puede construir por medio de una estructura de soporte que corresponde al molde negativo de la superficie frontal V_B o la superficie posterior R_B del componente B, por medio de un procedimiento de impresión, preferentemente un procedimiento de impresión 3D, con uno de los vidrios ultrafinos del componente A y/o del componente C unido y, en la superficie que no comprende ningún vidrio ultrafino revestirse con una de las capas funcionales F_C o F_A . Si ninguno de los componentes A y C comprende un vidrio ultrafino, el componente B se construye preferentemente por medio de una estructura de soporte que corresponde al molde negativo de la superficie frontal V_B o la superficie posterior R_B del componente B, por medio de un procedimiento de impresión, preferentemente un procedimiento de impresión 3D, y a continuación se realiza un revestimiento sobre la superficie frontal V_B con la capa funcional F_A y sobre la superficie posterior R_B con la capa funcional F_C , en cada caso por medio de un procedimiento de impresión, por ejemplo, un procedimiento de impresión 3D, o por medio de un procedimiento de revestimiento por rotación.

En una forma de realización adicional, el cristal para gafas que se va a producir según la invención se puede configurar para que comprenda los componentes A, B y C con un efecto de corrección óptica. Por efecto de corrección óptica se entiende la corrección esférica, la corrección astigmática y la corrección de la posición del eje, así como opcionalmente la corrección por medio de un prisma con una posición de base. Este efecto de corrección óptica se ha realizado habitualmente para la visión de lejos en cristales para gafas monofocales. En el caso de cristales para gafas multifocales, por ejemplo, cristales para gafas bifocales o cristales para gafas progresivas, el efecto de corrección óptica para la visión de lejos y/o para la visión de cerca puede incluir una corrección esférica, una corrección astigmática, una corrección de la posición del eje y, opcionalmente, una corrección por medio de un prisma con una posición de base en la parte de visión de cerca. El efecto de corrección óptica y/o una corrección de imagen para el ojo en cuestión se puede obtener preferentemente mediante

- una topografía superficial adecuada de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C en el cristal para gafas que se va a producir según la invención, presentando el componente B un índice de refracción uniforme, es decir que no presenta ninguna distribución del índice de refracción;
- una topografía superficial adecuada de la superficie frontal V_B y la superficie posterior R_B del componente B, no comprendiendo el componente A ni el componente C ningún vidrio ultrafino y presentando el componente B un índice de refracción uniforme, es decir que no presenta ninguna distribución del índice de refracción;
- una topografía superficial predeterminada de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A, una superficie predeterminada de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, basándose la corrección óptica y/o la corrección de error de imagen del ojo en cuestión, respectivamente para la visión de lejos y/o la visión de cerca, en el cristal para gafas que se va a producir según la invención exclusivamente en una distribución del índice de refracción calculada dependiente de la ubicación dentro del componente B, teniéndose en cuenta en este cálculo las topografías superficiales respectivas de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, su espesor promedio respectivo y su índice de refracción respectivo, opcionalmente su número de Abbe;
- una topografía superficial predeterminada de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A, una topografía superficial predeterminada de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, basándose la corrección óptica y/o la corrección de errores de imagen del ojo en cuestión, respectivamente para la visión de lejos y/o la visión de cerca, en el cristal para gafas que se va a producir según la invención parcialmente en una topografía superficial adecuada de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C y parcialmente en una distribución del índice de refracción calculada dependiente de la ubicación dentro del componente B;
- una topografía superficial adecuada de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A, una topografía superficial adecuada de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, basándose la corrección óptica para la visión de lejos y/o la corrección del error de imagen del ojo en cuestión para la visión de lejos en el cristal para gafas que se va a producir según la invención en una distribución calculada del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B y la corrección óptica para la visión de cerca y/o la corrección

de error de imagen del ojo en cuestión para la visión de lejos se logra por medio de una topografía superficial definida de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, que en cada caso también se tiene en cuenta en el cálculo anterior de forma adicional al índice de refracción del vidrio ultrafino. Por supuesto, la corrección óptica para la visión de lejos y/o la corrección del error de imagen del ojo en cuestión para la visión de lejos también se pueden realizar por medio de una topografía superficial definida de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y/o la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C y la corrección óptica para la visión de cerca y/o la corrección del error de imagen para la visión de cerca se pueden realizar por medio de una distribución calculada del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B. También en este caso, las topografías superficiales, los índices de refracción y, opcionalmente, el número de Abbe del vidrio ultrafino del componente A y/o C se tienen en cuenta en el cálculo.

En caso de que tanto el componente A como el componente C comprendan un vidrio ultrafino, en las tablas 1 y 2 siguientes se exponen a modo de ejemplo de algunas combinaciones para topografías superficiales de los vidrios ultrafinos para cristales monofocales y cristales progresivos. En el contexto de la presente invención, la topografía superficial de la superficie frontal V_{DA} y la superficie posterior R_{DA} del cristal ultrafino del componente A o la superficie frontal V_{DC} y la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C son en cada caso iguales, por lo que solo se muestra en cada caso una topografía superficial en las tablas 1 y 2 siguientes. En las tablas 1 y 2, la columna vertical o la columna horizontal, en cada caso, pueden describir la topografía superficial del vidrio ultrafino del componente A o del componente C. La tabla también muestra si se puede lograr un efecto de corrección óptica deseado del cristal para gafas que se va a producir según la invención por medio de un componente B que presenta un índice de refracción uniforme n , o por medio de un componente B que presenta una distribución calculada del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B.

Tabla 1: Posibles topografías superficiales para vidrios ultrafinos en cristales monofocales

	esférica	tórica	asférica	atórica	plana
esférica	n^1, n_g^2	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g
tórica	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g
asférica	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g
atórica	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g
plana	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n_g

¹⁾ n = índice de refracción uniforme del componente B

²⁾ n_g = distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B

Tabla 2: Posibles topografías superficiales para vidrios ultrafinos en cristales progresivos

	esférica	tórica	asférica	atórica	progresiva	plana
esférica	n_g^2	n_g	n_g	n_g	n, n_g	n_g
tórica	n_g	n_g	n_g	n_g	n, n_g	n_g
asférica	n_g	n_g	n_g	n_g	n, n_g	n_g
atórica	n_g	n_g	n_g	n_g	n, n_g	n_g
progresiva	n^1, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g	n, n_g
plana	n_g	n_g	n_g	n_g	n, n_g	n_g

¹⁾ n = índice de refracción uniforme del componente B

²⁾ n_g = distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B

Preferentemente, en los cálculos de la distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B se tienen en cuenta la topografía superficial, el índice de refracción, el espesor promedio y, opcionalmente, el número de Abbe del vidrio ultrafino dado el caso presente o de los vidrios ultrafinos dado el caso presente.

La distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación dentro del componente B se optimiza preferentemente utilizando programas informáticos de cálculo óptico, tales como ZEMAX (Zemax LLC). Para el cálculo, deben conocerse preferentemente la posición del cristal para gafas que se va a producir según la invención delante del ojo prevista para el mismo, la distancia de la pupila, la inclinación hacia delante del cristal para gafas, el ángulo del marco del cristal para gafas, el tamaño del cristal. Además, se utiliza un modelo de distancia al objeto, en particular en el cálculo de lentes multifocales, que describe la posición de los puntos del objeto en el campo de visión del usuario de las gafas con respecto a los puntos de rotación del ojo del mismo.

La corrección de imagen para el ojo en cuestión, independientemente de si se trata de una corrección de imagen para la visión de lejos o para la visión de cerca, se calcula preferentemente de forma análoga a Werner Köppen "Konzeption und Entwicklung von Gleitsichtgläsern", Deutsche Optiker Zeitschrift DOZ, octubre de 1995, páginas 42 – 45.

Por medio de una distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación se puede lograr una corrección óptica de la visión de cerca, por ejemplo, por medio de una región definida con un índice de refracción definido dentro del componente B o mediante un cambio del índice de refracción dependiente de la ubicación a lo largo de una superficie definida dentro del componente B.

Para la construcción capa por capa del componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se utiliza preferentemente una tinta de impresión que puede utilizarse en el procedimiento de impresión 3D. La "construcción capa por capa" comprende una deposición sucesiva de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. La deposición sucesiva puede realizarse, a este respecto, una junto a otra en una superficie o una sobre otra en altura. Si, por ejemplo, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, se deposita en primer lugar en una superficie sobre el vidrio ultrafino del componente A o C, se puede imprimir una capa adicional sobre toda la superficie del primer depósito o sobre parte de la superficie del primer depósito. La deposición sucesiva de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, se realiza inicialmente una junto a otra sobre una superficie antes de realizar una deposición sucesiva adicional de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, en la capa inmediatamente superior.

La tinta de impresión, en particular la tinta de impresión 3D, comprende preferentemente al menos un componente curable por radiación, opcionalmente al menos un colorante, opcionalmente al menos un iniciador UV, opcionalmente al menos un disolvente y opcionalmente al menos un aditivo.

El componente curable por radiación de la tinta de impresión, en particular tinta de impresión 3D, preferentemente componente curable por UV, comprende preferentemente monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y monómeros de alilo, de forma particularmente preferida monómeros de (met)acrilato. Los monómeros de (met)acrilato pueden ser preferentemente monómeros de (met)acrilato monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales. Los monómeros epoxi pueden ser preferentemente monómeros epoxi monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales. Los monómeros de vinilo y de alilo pueden ser preferentemente monómeros de vinilo y de alilo monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y de alilo monofuncionales que se pueden utilizar como componente curable por radiación, preferentemente componente curable por radiación UV, presentan preferentemente una viscosidad en un intervalo de 0,5 mPa · s a 30,0 mPa · s, de forma particularmente preferida en un intervalo de 1,0 mPa · s a 25,0 mPa · s y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 1,5 mPa · s a 20,0 mPa · s.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y de alilo difuncionales que pueden utilizarse como componente curable por radiación, preferentemente componente curable por radiación UV, presentan preferentemente una viscosidad en un intervalo de 1,5 mPa · s a 17,0 mPa · s, de forma particularmente preferida en un intervalo de 2,5 mPa · s a 14,0 mPa · s y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 3,0 mPa · s a 11,0 mPa · s.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y de alilo trifuncionales que pueden utilizarse como componente curable por radiación, preferentemente componente curable por radiación UV, presentan preferentemente una viscosidad en un intervalo de 20,0 mPa · s a 110,0 mPa · s, de forma particularmente preferida en un intervalo de 22,0 mPa · s a 90,0 mPa · s y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 24,0 mPa · s a 83,0 mPa · s.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y de alilo tetrafuncionales que pueden utilizarse como componente curable por radiación, preferentemente componente curable por radiación UV, presentan preferentemente una viscosidad en un intervalo de 60,0 mPa · s a 600,0 mPa · s, de forma particularmente preferida en un intervalo de 70,0 mPa · s a 460,0 mPa · s y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 80,0 mPa · s a 270,0 mPa · s.

La viscosidad de los monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y de alilo se mide en cada caso preferentemente utilizando un reómetro C-VOR 150 de Malvern con la especificación de una velocidad angular de 5,2 rad/s a 25 °C.

Los monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y de alilo respectivos pueden ajustarse en cada caso a la viscosidad deseada, por ejemplo, mediante la adición de al menos un disolvente.

La viscosidad de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para la construcción del componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se puede ajustar, por

ejemplo, mezclando diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo, por ejemplo mezclando monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo monofuncionales y monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo difuncionales y/o monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo trifuncionales. Como alternativa o adicionalmente a la mezcla de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo, la viscosidad se puede ajustar añadiendo al menos un disolvente.

Como monómeros de (met)acrilato monofuncionales pueden utilizarse ácido acrílico (Nº CAS 79-10-7), ácido metacrílico (Nº CAS 79-41-4), acrilato de metilo (Nº CAS 96-33-3), metacrilato de metilo (Nº CAS 80-62-6), acrilato de etilo (Nº CAS 140-88-5), metacrilato de etilo (Nº CAS 97-63-2), acrilato de etil-2-etilo (Nº CAS 3070-65-3), metacrilato de (2,2-dimetil-1,3-dioxolan-4-il)metilo (Nº CAS 7098-80-8), acrilato de 2-fenoxietilo (Nº CAS 48145-04-6), acrilato de isobornilo (Nº CAS 5888-33-5), metacrilato de 2-(2-metoxietoxi)etilo (Nº CAS 45103-58-0), 4-acrilolmorfolina (Nº CAS 5117-12-4), acrilato de dodecilo (Nº CAS 2156-97-0), acrilato de isodecilo (Nº CAS 1330-61-6), acrilato de decilo (Nº CAS 2156-96-9), acrilato de n-octilo (Nº CAS 2499-59-4), acrilato de isooctilo (Nº CAS 29590-42-9), acrilato de octadecilo (Nº CAS 4813-57-4), acrilato de tetrahidrofurfurilo (Nº CAS 2399-48-6), acrilato de 2-(2-etoxietoxi)etilo (Nº CAS 7328-17-8), acrilato de 4-terc-butilciclohexilo (Nº CAS 84100-23-2), monoacrilato de metoxipoli(etilenglicol) (Nº CAS 32171-39-4), acrilato de fenoxipoli(etilenglicol) (Nº CAS 56641-05-5), succinato de mono-2-(acriloloxi)etilo (Nº CAS 50940-49-3), metacrilato de alilo (Nº CAS 96-05-9) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de (met)acrilato monofuncionales se utilizan ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilato de metilo, metacrilato de metilo, acrilato de etilo, metacrilato de etilo, acrilato de 2-fenoxietilo, acrilato de dodecilo o mezclas de los mismos; de forma particularmente preferida se utilizan ácido metacrílico, metacrilato de metilo, metacrilato de etilo o mezclas de los mismos.

Como monómeros de (met)acrilato difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, diacrilato de etilenglicol (Nº CAS 2274-11-5), diacrilato de dietilenglicol (Nº CAS 2274-11-5), diacrilato de trietilenglicol (Nº CAS 1680-21-3), diacrilato de tetraetilenglicol (Nº CAS 17831-71-9), dimetacrilato de etilenglicol (Nº CAS 97-90-5), dimetacrilato de dietilenglicol (Nº CAS 2358-84-1), dimetacrilato de trietilenglicol (Nº CAS 109-16-0), dimetacrilato de tetraetilenglicol (Nº CAS 109-17-1), dimetacrilato de polietilenglicol 200 (CAS 25852-47-2), diacrilato de dipropilenglicol (Nº CAS 57472-68-1), diacrilato de tripropilenglicol (Nº CAS 42978-66-5), diacrilato de 1,3-butanodiol (Nº CAS 19485-03-1), diacrilato de 1,4-butanodiol (Nº CAS 1070-70-8), diacrilato de 1,6-hexanodiol (Nº CAS 13048-33-4), diacrilato de neopentilglicol (Nº CAS 2223-82-7), dimetacrilato de 1,3-butanodiol (Nº CAS 1189-08-8), dimetacrilato de 1,4-butanodiol (Nº CAS 2082-81-7), dimetacrilato de 1,6-hexanodiol (Nº CAS 6606-59-3) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de (met)acrilato difuncionales se utilizan dimetacrilato de polietilenglicol 200, dimetacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de dietilenglicol, dimetacrilato de 1,4-butanodiol o mezclas de los mismos; de forma particularmente preferida se utilizan dimetacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de dietilenglicol o mezclas de los mismos.

Como monómeros de (met)acrilato trifuncionales se pueden utilizar, por ejemplo, trimetacrilato de trimetilolpropano (Nº CAS 3290-92-4), triacrilato de trimetilolpropano (Nº CAS 15625-89-5), triacrilato de pentaeritritol (Nº CAS 3524-68-3), propoxilato-triacrilato de pentaeritritol (Nº CAS 145611-81-0), propoxilato-triacrilato de trimetilolpropano (Nº CAS 53879-54-2), etoxilato-triacrilato de trimetilolpropano (Nº CAS 28961-43-5) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de (met)acrilato trifuncionales se utilizan trimetacrilato de trimetilolpropano, triacrilato de pentaeritritol o mezclas de los mismos; de forma particularmente preferida se utiliza trimetacrilato de trimetilolpropano.

Como monómeros de (met)acrilato tetrafuncionales se pueden utilizar, por ejemplo, tetraacrilato de di(trimetilolpropano) (Nº CAS 94108-97-1), tetraacrilato de pentaeritritol (Nº CAS 4986-89-4), tetrametacrilato de pentaeritritol (Nº CAS 3253-41-6) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de (met)acrilato tetrafuncionales se utilizan tetracrilato de di(trimetilolpropano), tetrametacrilato de pentaeritritol o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida se utiliza tetraacrilato de di(trimetilolpropano).

Como monómeros epoxi monofuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, etilglicidiléter (Nº CAS 4016-11-9), n-butilglicidiléter (Nº CAS 2426-08-6), 2-etilhexilglicidiléter (Nº CAS 2461-15-6), glicidiléter C8-C10 (Nº CAS 68609-96-1), glicidiléter C12-C14 (Nº CAS 68609-97-2), cresilglicidiléter (Nº CAS 2210-79-9), p-terc-butilfenilglicidiléter (Nº CAS 3101-60-8), nonilfenilglicidiléter (Nº CAS 147094-54-0), bencilglicidiléter (Nº CAS 2930-05-4), fenilglicidiléter (Nº CAS 122-60-1), bisfenol A-(2,3-dihidroxipropil)glicidiléter (Nº CAS 76002-91-0) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros epoxi monofuncionales se utilizan etilglicidiléter, n-butilglicidiléter, 2-etilhexilglicidiléter o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida etilglicidiléter, n-butilglicidiléter o mezclas de los mismos.

Como monómeros epoxi difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, diglicidiléter (Nº CAS 2238-07-5), etilenglicoldiglicidiléter (Nº CAS 2224-15-9), dietilenglicoldiglicidiléter (Nº CAS 4206-61-5), propilenglicoldiglicidiléter (Nº CAS 16096-30-3), dipropilenglicoldiglicidiléter (Nº CAS 41638-13-5), 1,4-butanodioldiglicidiléter (Nº CAS 2425-79-8), 1,4-ciclohexanodimetanolmetildiglicidiléter (Nº CAS 14228-73-0), neopentilglicoldiglicidiléter (Nº CAS 17557-23-2), polipropilenglicol (400)-diglicidiléter (Nº CAS 26142-30-3), 1,6-hexanodioldiglicidiléter (Nº CAS 16096-31-4), bisfenol A-diglicidiléter (Nº CAS 1675-54-3), propoxilato de bisfenol A-diglicidiléter (Nº CAS 106100-55-4), polietilenglicoldiglicidiléter (Nº CAS 72207-80-8), gliceroldiglicidiléter (Nº CAS 27043-36-3), resorcinoldiglicidiléter (Nº CAS 101-90-6) o mezclas de los mismos en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B.

Preferentemente como monómeros epoxi difuncionales pueden utilizarse diglicidiléter, etilenglicoldiglicidiléter, dietilenglicoldiglicidiléter, 1,4-butanodioldiglicidiléter, polietilenglicoldiglicidiléter, polipropilenglicol(400)diglicidiléter o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida etilenglicoldiglicidiléter, dietilenglicoldiglicidiléter, 1,4-butanodioldiglicidiléter, polietilenglicoldiglicidiléter o mezclas de los mismos.

Como monómeros epoxi trifuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, trimetiletanotriglicidiléter (Nº CAS 68460-21-9), trimetilolpropanotriglicidiléter (Nº CAS 30499-70-8), trifenilolmetanotriglicidiléter (Nº CAS 66072-38-6), isocianurato de tris(2,3-epoxipropilo) (Nº CAS 2451-62-9), tris(4-hidroxifenil)-metanotriglicidiléter (Nº CAS 66072-38-6), 1,1,1-tris(4-hidroxifenil)etanotriglicidiléter (Nº CAS 87093-13-8), gliceroltriglicidiléter (Nº CAS 13236-02-7), propoxilato de gliceroltriglicidiléter (Nº CAS 37237-76-6), N,N-diglicidil-4-glicidiloxianilina (Nº CAS 5026-74-4) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros epoxi trifuncionales se utilizan trimetilolpropanotriglicidiléter, isocianurato de tris(2,3-epoxipropilo), gliceroltriglicidiléter, propoxilato de glicerol-triglicidiléter o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida isocianurato de tris(2,3-epoxipropilo), gliceroltriglicidiléter o mezclas de los mismos.

Como monómeros epoxi tetrafuncionales se pueden utilizar, por ejemplo, pentaeritritoltetraglicidiléter (Nº CAS 3126-63-4), dipentaeritritoltetraglicidiléter, tetraglicidilbenciletano, sorbitoltetraglicidiléter, tetraglicidildiaminofenilmetano, tetraglicidilbisaminometilciclohexano o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros epoxi tetrafuncionales se utilizan pentaeritritoltetraglicidiléter (Nº CAS 3126-63-4), dipentaeritritoltetraglicidiléter, sorbitoltetraglicidiléter o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida pentaeritritoltetraglicidiléter (Nº CAS 3126-63-4), dipentaeritritoltetraglicidiléter o mezclas de los mismos.

Si el componente curable por radiación de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B comprende monómeros de vinilo monofuncionales, estos pueden comprender, por ejemplo, etilenglicolviniléter (Nº CAS 764-48-7), di(etilenglicol)viniléter (Nº CAS 929-37-3), 1-vinilciclohexanol (Nº CAS 1940-19-8), acetato de vinilo (Nº CAS 108-05-4), cloruro de vinilo (Nº CAS 75-01-4), etilvinilcetona (Nº CAS 1629-58-9), butilviniléter (Nº CAS 111-34-2), 1,4-butanodioldiviniléter (Nº CAS 17832-28-9), acrilato de vinilo (Nº CAS 2177-18-6), metacrilato de vinilo (Nº CAS 4245-37-8), isobutilviniléter (Nº CAS 109-53-5), pivalato de vinilo (Nº CAS 3377-92-2), benzoato de vinilo (Nº CAS 769-78-8), valerato de vinilo (Nº CAS 5873-43-8), 2-etilhexilviniléter (Nº CAS 103-44-6), fenilviniléter (Nº CAS 766-94-9), terc-butilviniléter (Nº CAS 926-02-3), ciclohexilviniléter (Nº CAS 2182-55-0), dodecilviniléter (Nº CAS 765-14-0), etilviniléter (Nº CAS 109-92-2), propilviniléter (Nº CAS 764-47-6), 1,4-ciclohexanodimetanoetilviniléter (Nº CAS 114651-37-5) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de vinilo monofuncionales se utilizan etilenglicolviniléter, di(etilenglicol)viniléter, etilvinilcetona, acetato de vinilo, fenilviniléter, ciclohexilviniléter o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida etilvinilcetona, acetato de vinilo, etilenglicolviniléter o mezclas de los mismos.

Como monómeros de vinilo difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, di(etilenglicol)diviniléter (Nº CAS 764-99-8), tri(etilenglicol)diviniléter (Nº CAS 765-12-8), tetra(etilenglicol)diviniléter (Nº CAS 83416-06-2), poli(etilenglicol)diviniléter (Nº CAS 50856-26-3), tri(etilenglicol)diviniléter (Nº CAS 765-12-8), divinilbenceno (Nº CAS 1321-74-0), 1,4-butanodioldiviniléter (Nº CAS 3891-33-6), 1,6-hexanodioldiviniléter (Nº CAS 19763-13-4), 1,4-ciclohexanodimetanolmetildiviniléter (Nº CAS 17351-75-6), 1,4-pentadien-3-ol (Nº CAS 922-65-6) o mezclas de los mismos. Preferentemente, como monómeros de vinilo difuncionales se utilizan di(etilenglicol)diviniléter, 1,4-ciclohexanodimetanoetanoldiviniléter, poli(etilenglicol)diviniléter, divinilbenceno o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida 1,4-ciclohexanodimetanoetanoldiviniléter, divinilbenceno, di(etilenglicol)diviniléter o mezclas de los mismos como componente curable por radiación en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención.

Como monómeros de vinilo trifuncionales o tetrafuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, 1,3,5-trivinilbenceno, 1,2,4-trivinilciclohexano (Nº CAS 2855-27-8), 1,3,5-trivinil-1,3,5-triazinano-2,4,6-triona, 1,3,5-trivinil-1,3,5-trimetilciclotrisiloxano (Nº CAS 3901-77-7), 2,4,6-trimetil-2,4,6-trivinilciclotrisilazano (Nº CAS 5505-72-6), complejo 2,4,6-trivinilciclotriboroxano-piridina (Nº CAS 442850-89-7), tetravinilsilano (Nº CAS 1112-55-6), 2,4,6,8-tetrametil-2,4,6,8-tetravinilciclotetrasiloxano (Nº CAS 2554-06-5) o mezclas de los mismos.

Preferentemente como monómeros de vinilo trifuncionales o tetrafuncionales pueden utilizarse 1,3,5-trivinilbenceno, 1,2,4-trivinilciclohexano, tetravinilsilano o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida 1,3,5-trivinilbenceno, 1,2,4-trivinilciclohexano o mezclas de los mismos.

Además, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, puede contener monómeros de alilo monofuncionales, tales como, por ejemplo, acetato de alilo (Nº CAS 591-87-7), acetoacetato de alilo (Nº CAS 1118-84-9), alcohol alílico (Nº CAS 107-18-6), alilbenciléter (Nº CAS 14593-43-2), alilbutiléter (Nº CAS 3739-64-8), butirato de alilo (Nº CAS 2051-78-7), aliletiléter (Nº CAS 557-31-3), etilenglicolaliléter (Nº CAS 111-45-5), alilfeniléter (Nº CAS 1746-13-0), trimetilolpropanoaliléter (Nº CAS 682-11-1), 2-aliloxietanol (Nº CAS 111-45-5), 3-aliloxi-1,2-propanodiol (Nº CAS 123-34-2) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de alilo monofuncionales pueden utilizarse acetato de alilo, alcohol alílico, etilenglicolaliléter, aliloxietanol o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida acetato de alilo, alcohol alílico, etilenglicolaliléter o mezclas de los mismos.

Como monómeros de alilo difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, aliléter (Nº CAS 557-40-4), 2,2'-dialilbisfenol A (Nº CAS 1745-89-7), éter de diacetato de 2,2'-dialilbisfenol A (Nº CAS 1071466-61-9), trimetilolpropanodialiléter (Nº CAS 682-09-7), carbonato de dialilo (Nº CAS 15022-08-9), maleato de dialilo (Nº CAS 999-21-3), succinato de dialilo (Nº CAS 925-16-6), ftalato de dialilo (Nº CAS 131-17-9), di(etilenglicol)bis(carbonato de alilo) (Nº CAS 142-22-3) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, como monómeros de alilo difuncionales se utilizan dialiléter, 2,2'-dialilbisfenol A, carbonato de dialilo, succinato de dialilo, di(etilenglicol)bis(carbonato de alilo), maleato de dialilo o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida aliléter, 2,2'-dialilbisfenol A, carbonato de dialilo o dietilenglicol-carbonato de dialilo o mezclas de los mismos.

Como monómeros de alilo trifuncionales o tetrafuncionales pueden utilizarse, por ejemplo 2,4,6-trialiloxi-1,3,5-triazina (Nº CAS 101-37-1), 1,3,5-trialil-1,3,5-triazina-2,4,6(1H,3H,5H)-triona (Nº CAS 1025-15-6), ácido 3-(N,N',N'-trialilhidrazina)propiónico, pentaeritritolaliléter (Nº CAS 91648-24-7), 1,1,2,2-tetraaliloxietano (Nº CAS 16646-44-9), piromelitato de tetraalilo (Nº CAS 13360-98-0) o mezclas de los mismos.

Preferentemente como monómeros de alilo trifuncionales o tetrafuncionales se utilizan 2,4,6-trialiloxi-1,3,5-triazina, pentaeritritolaliléter, 1,3,5-trialil-1,3,5-triazina-2,4,6(1H,3H,5H)-triona o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida 2,4,6-trialiloxi-1,3,5-triazina, pentaeritritolaliléter o mezclas de los mismos.

La elección de los componentes curables por radiación que se van a utilizar se realiza preferentemente de forma que se puedan obtener mezclas de monómeros suficientemente reticulables pero, no obstante, de curado rápido.

La proporción total de al menos un componente curable por radiación en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se encuentra preferentemente en un intervalo del 11,0% en peso al 99,5% en peso, de forma más preferida en un intervalo del 17% en peso al 99% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 31% en peso al 98,5% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 40% en peso al 98 % en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos enumerados anteriormente se aplican tanto al uso de componentes curables por radiación exclusivamente monofuncionales, exclusivamente difuncionales, exclusivamente trifuncionales, exclusivamente tetrafuncionales como también al uso de mezclas de componentes curables por radiación seleccionados del grupo que consiste en componentes curables por radiación monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y tetrafuncionales. Los intervalos indicados anteriormente también se aplican al uso exclusivo de monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo y también al uso de mezclas de los mismos. Por ejemplo, al menos un monómero de (met)acrilato monofuncional puede estar presente en forma de mezcla con al menos un monómero epoxi trifuncional.

La proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar en la construcción del componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 0,0% en peso al 60,0% en peso, de forma más preferida en un intervalo del 0,3% en peso al 51,0% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 1,2% en peso al 44,0% en peso de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 1,8% en peso al 35,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos anteriores se aplican tanto al uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o alilo monofuncional como al uso de una mezcla de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo monofuncionales. Por ejemplo, puede estar presente en forma de mezcla al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional con al menos un tipo de monómero de alilo monofuncional o al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional con al menos un tipo diferente de monómero de (met)acrilato monofuncional.

En una forma de realización preferida, la tinta de impresión que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, preferentemente tinta de impresión 3D, no comprende ningún monómero de (met)acrilato monofuncional, monómero epoxi, monómero de vinilo o alilo.

La proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o alilo difuncional en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 32,0% en peso al 99,0% en peso, de forma más preferida en un intervalo del 39,0% en peso al 97,0% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 47,0% en peso al 95,0% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 56,0% en peso al 93,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos anteriores se aplican tanto al uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo difuncional como también al uso de una mezcla de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo difuncionales. Por ejemplo, pueden estar presente en forma de una mezcla al menos un tipo de monómero de (met)acrilato difuncional con al menos un tipo de monómero epoxi difuncional, o puede tratarse de una mezcla de dos tipos diferentes de monómeros de (met)acrilato monofuncionales.

La proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo trifuncional en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 1,0% en peso al 51,0% en peso, de forma más preferida en un intervalo del 2,0% en peso al 43,0% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 3,0% en peso al 36,0% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 4,0% en peso al 31,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos anteriores se aplican tanto al uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o alilo trifuncional como también al uso de una mezcla de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo trifuncionales. Por ejemplo, pueden estar presente en forma de una mezcla al menos un tipo de monómero de (met)acrilato trifuncional con al menos un tipo de monómero de vinilo trifuncional o al menos un tipo de monómero de (met)acrilato trifuncional con al menos un tipo diferente de monómero de (met)acrilato trifuncional.

La proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo tetrafuncional en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 0% en peso al 16% en peso, de forma más preferida en un intervalo del 0 al 13% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 0,1% en peso al 9% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 0,4% en peso al 4% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos anteriores se aplican tanto al uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo tetrafuncional como también al uso de una mezcla de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o alilo tetrafuncionales. Por ejemplo, puede estar presente en forma de una mezcla al menos un tipo de monómero de (met)acrilato tetrafuncional con al menos otro tipo diferente de monómero de (met)acrilato tetrafuncional, o puede tratarse de una mezcla de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato tetrafuncional con al menos un tipo de monómero de alilo tetrafuncional.

En una forma de realización preferida, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación difuncional, preferentemente en una relación en peso de 1:1, de forma particularmente preferida en una relación en peso de 1:5 y de forma muy particularmente preferida en una relación en peso de 1:10.

En una forma de realización adicional, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional, preferentemente en una relación en peso de 1:5, de forma particularmente preferida en una relación en peso de 1:3 y de forma muy particularmente preferida en una relación en peso de 1:1.

En una forma de realización adicional, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:1, de forma particularmente preferida en una relación en peso de 5:1 y de forma muy particularmente preferida en una relación en peso de 8:1.

En una forma de realización adicional, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación

tetrafuncional en una relación en peso de 5:1, de forma particularmente preferida en una relación en peso de 10:1 y de forma muy particularmente preferida en una relación en peso de 20:1.

En una forma de realización adicional, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:5:1, de forma particularmente preferida en una relación en peso de 2:13:0,5 y de forma muy particularmente preferida en una relación en peso de 2:18:0,3.

En una forma de realización particularmente preferida, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un tipo de monómero de (met)acrilato difuncional y al menos un tipo de monómero de (met)acrilato trifuncional como componente curable por radiación, encontrándose la viscosidad de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D a $\leq 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, preferentemente en un intervalo de $5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $33 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, de forma más preferida en un intervalo de $7 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $27 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, de forma particularmente preferida en un intervalo de $9 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $23 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de $11 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $21 \text{ mPa} \cdot \text{s}$.

En una forma de realización preferida adicional, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un tipo de monómero epoxi difuncional y al menos un tipo de monómero epoxi trifuncional como componente curable por radiación, encontrándose la viscosidad de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, en $\leq 53 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, preferentemente en un intervalo de $4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $31 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, de forma más preferida en un intervalo de $6 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $28 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, de forma particularmente preferida en un intervalo de $9 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $22 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de $10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ a $20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$.

En una forma de realización, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un iniciador UV. La tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, puede comprender, por ejemplo, benzofenona (Nº CAS 119-61-9), 2-metilbenzofenona (Nº CAS 131-58-8), 4-metilbenzofenona (Nº CAS 134-84-9), 4,4'-bis(dimetilamino)-benzofenona (Nº CAS 90-94-8), benzoína (Nº CAS 119-53-9), benzoinametiléter (Nº CAS 3524-62-7), benzoinaisopropiléter (Nº CAS 6652-28-4), 2,2-dimetoxi-1,2-difeniletan-1-ona (Nº CAS 24650-42-8), óxido de fenilbis(2,4,6-trimetilbenzoil)-fosfina (Nº CAS 162881-26-7), éster etílico del ácido 2,4,6-trimetilbenzoilfenilfosfínico (Nº CAS 84434-11-7), 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-(4-morfolinil)-1-propanona (Nº CAS 71868-10-5), 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona (Nº CAS 7473-98-5), 2-(dimetilamino)-1-(4-(4-morfolinil)fenil)-2-(fenilmetil)-1-butanona (Nº CAS 119313-12-1), óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina (Nº CAS 75980-60-8), sales de hexafluorofosfato de triarilsulfonio (Nº CAS 109037-77-6), sales de hexafluoroantimonato de triarilsulfonio (Nº CAS 109037-75-4) o mezclas de los mismos como iniciadores UV. La tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, comprende preferentemente benzofenona, 2,2-dimetoxi-1,2-difeniletan-1-ona, óxido de fenilbis(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina, óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina, sales de hexafluorofosfato de triarilsulfonio o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida óxido de 2,2-dimetoxi-1,2-difeniletan-1-ona, fenilbis(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina, óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina o mezclas de los mismos como iniciadores UV. La tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende al menos un iniciador UV en una proporción total de un intervalo de preferentemente el 0,01% en peso al 3,7% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 0,1% en peso al 2,1% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 0,3% en peso al 1,7% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D.

En una forma de realización, el, al menos un, iniciador UV puede utilizarse junto con un coiniador. Los coiniadores se añaden preferentemente siempre que el iniciador UV requiera una segunda molécula para formar un radical activo en el intervalo UV. Por ejemplo, la benzofenona necesita una segunda molécula, tal como una amina, por ejemplo trietilamina, metildietanolamina o trietanolamina para generar un radical después de la absorción de luz UV.

El, opcionalmente al menos un, disolvente de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, puede seleccionarse del grupo que consiste en alcoholes, cetonas, ésteres, éteres, tioéteres, amidas, hidrocarburos, aminas y mezclas de los mismos. El, opcionalmente al menos un, disolvente se selecciona preferentemente del grupo que consiste en alcoholes, cetonas, ésteres y mezclas de los mismos. Para los fines de la presente invención, un disolvente puede ser un tipo de disolvente, por una parte, y una mezcla de disolventes, por otra parte.

Ejemplos de alcoholes que pueden utilizarse como disolvente son metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, pentanol, hexanol o mezclas de los mismos.

Ejemplos de cetonas que pueden utilizarse como disolvente son acetona, metiletilcetona, ciclohexanona, diisobutylcetona, metilpropilcetona, alcohol de diacetona o mezclas de los mismos.

Ejemplos de ésteres que pueden utilizarse como disolvente son acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de 1-metoxi-2-propilo, acetato de n-propilo, acetato de i-propilo, acetato de etoxipropilo, acetato de butilo, propionato de metilo, propionato de etilo, acetatos de glicoléter, acetato de butilglicol, diacetato de propilenglicol, lactato de etilo o mezclas de los mismos.

Ejemplos de éteres que pueden utilizarse como disolvente son dietiléter, dipropiléter, tetrahidrofurano, etilenglicoletiléter, etilenglicolmetiléter, trietilenglicolbutiléter, tetraetilenglicolmetiléter, tetraetilenglicolbutiléter, dipropilenglicoldimetiléter, propilenglicolbutiléter, 1-metoxi-2-propanol, 3-metoxi-3-metil-1-butanol o mezclas de los mismos.

Ejemplos de amidas que pueden utilizarse como disolvente son dimetilacetamida, dimetilformamida, formamida, N-metilformamida, N-metilpirrolidona y 2-pirrolidona.

Ejemplos de hidrocarburos que pueden utilizarse como disolventes son terpenos, tales como pineno, limoneno o terpinoleno, hidrocarburos alifáticos, tales como hexano, heptano, octano o gasolina blanca, hidrocarburos aromáticos, tales como tolueno o xileno.

En una forma de realización, el, opcionalmente al menos un, disolvente de la tinta de impresión, en particular la tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se selecciona del grupo que consiste en isopropanol, etanol, butanol, diisobutylcetona, butilglicol, acetato de butilglicol, diacetato de propilenglicol, dipropiletilglicoldimetiléter, lactato de etilenglicol, acetato de etoxipropilo y mezclas de los mismos.

En una forma de realización, el, opcionalmente al menos un, disolvente presenta un punto de inflamación de al menos 61 °C.

En una forma de realización preferida, la proporción del, al menos un, disolvente opcionalmente presente en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se encuentra preferentemente en un intervalo del 0% en peso al 10% en peso, preferentemente en un intervalo del 0% en peso al 7,7% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 0,1% en peso al 6,3% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 0,1% en peso al 5,2% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. En una forma de realización particularmente preferida, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención no comprende ningún disolvente.

La tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención presenta preferentemente una tensión superficial en un intervalo de 10 mN/m a 80 mN/m, de forma particularmente preferida en un intervalo de 15 mN/m a 40 mN/m y de la forma más preferida en un intervalo de 18 mN/m a 35 mN/m. Si la tensión superficial es inferior a 10 mN/m, las gotas en el cabezal de impresión se vuelven demasiado grandes para la aplicación deseada. Si la tensión superficial es superior a 80 mN/m, no se forman gotas definidas de la tinta de impresión en el cabezal de impresión. La tensión superficial se determina preferentemente a una temperatura de 25 °C utilizando el dispositivo DSA 100 de Krüss y el procedimiento de la gota colgante.

La viscosidad de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención se encuentra preferentemente en un intervalo de 4 mPa · s a 56 mPa · s, de forma más preferida en un intervalo de 7 mPa · s a 45 mPa · s, de forma particularmente preferida en un intervalo de 9 mPa · s a 34 mPa · s, y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 10 mPa · s a 22 mPa · s. La viscosidad se mide preferentemente utilizando un reómetro C-VOR 150 de Malvern con la especificación de una velocidad angular de 5,2 rad/s a 25 °C.

En una forma de realización de la invención, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención puede comprender al menos un colorante. Como colorantes pueden utilizarse tintes cromáticos o acromáticos solubles o dispersables en el medio circundante. Dependiendo del efecto que se desea lograr y/o de la impresión óptica que se desea lograr, pueden utilizarse como colorantes alternativamente o adicionalmente a los tintes también pigmentos que son insolubles en el medio circundante. Como pigmentos se utilizan preferentemente pigmentos de efecto, tales como pigmentos de efecto metálico o pigmentos de brillo nacarado, pigmentos orgánicos y/o inorgánicos. La cantidad total de colorante en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 0,0% en peso al 66,0% en peso, de forma más preferida en un intervalo del 0,01% en peso al 53,1% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 0,1% en peso al 42,3% en peso y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 0,11% en peso al 27,7% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. La proporción total de colorantes comprende la proporción de todos los colorantes presentes en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D,

independientemente de si son tintes, pigmentos, mezclas de los mismos, mezclas de diferentes tintes, mezclas de diferentes pigmentos, etc.

La tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se produce preferentemente mezclando todos los componentes con agitación, disponiéndose previamente al menos un colorante, si está presente, y en primer lugar se disuelve o se dispersa con una pequeña cantidad de componente curable por radiación y/o disolvente y a continuación se añaden los componentes restantes.

La tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, además puede comprender opcionalmente al menos un aditivo. Por ejemplo, se pueden añadir a la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, agentes de dispersión, agentes antisedimentación, agentes humectantes, incluidos aditivos anticráter o niveladores, biocidas, absorbentes de UV o mezclas de los mismos.

Los dispersantes ayudan a lograr una distribución homogénea de todos los constituyentes sólidos en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. En particular, se evita la posible aglomeración de los pigmentos. Ejemplos de dispersantes que pueden utilizarse son Solsperse 20000, Solsperse 32500, todos ellos de la empresa Avecia KK, Disperbyk-102, Disperbyk-106, Disperbyk-111, Disperbyk-161, Disperbyk-162, Disperbyk-163, Disperbyk-164, Disperbyk-166, Disperbyk-180, Disperbyk-190, Disperbyk-191 o Disperbyk-192, todos ellos de la empresa Byk-Chemie GmbH.

Los agentes antisedimentación se añaden para evitar la sedimentación, en particular de pigmentos, en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Ejemplos de agentes antisedimentación que pueden utilizarse son Byk-405 (empresa Byk-Chemie GmbH) junto con dióxido de silicio pirógeno, ureas modificadas tales como Byk-410, Byk-411 o ceras tales como Ceramat 250, Cerafak103, Cerafak 106 o Ceratix 8461, todas ellas de la empresa Byk-Chemie GmbH.

Los agentes humectantes son importantes para la función del cabezal de impresión, ya que las estructuras internas, tales como canales, filtros, antecámaras de boquilla, etc., también se humedecen. Los ejemplos de agentes humectantes adecuados incluyen ésteres de alquilo de ácido graso, derivados de acetileno, ésteres fluorados o polímeros fluorados.

Se pueden añadir biocidas a las tintas de impresión, preferentemente tintas de impresión 3D, para prevenir el crecimiento de microorganismos. Por ejemplo, se utilizan polihexametilen-biguanidas, isotiazolonas, isotiazolinonas, 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona, 2-metil-4-isotiazolin-3-ona o mezclas de los mismos.

La elección del absorbente UV adecuado, que debe ser compatible con los otros componentes de la tinta de impresión, en particular tinta de impresión 3D, y del procedimiento de impresión 3D, así como la optimización de la concentración para lograr una propiedad de absorción UV deseada, por ejemplo, se determinan utilizando programas de simulación, teniendo en cuenta las bases de datos de materiales adecuadas.

En el documento DE 69534779 T2 se puede encontrar una selección de absorbentes UV adecuados para cristales para gafas, que también se pueden utilizar en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención. En consecuencia, el absorbente de UV puede comprender, por ejemplo, 2(2'-hidroxi-5'-metil-fenil)benzotriazol, 2-hidroxi-4-n-acetoxibenzofenona, 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-3',6'(1,1-dimetilbencilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-3',5'-di-t-amilfenil)benzotriazol, bis[2-hidroxi-5-metil-3-(benzotriazol-2-il)fenil]-metano, bis[2-hidroxi-5-t-octil-3(benzotriazol-2-il)fenil]-metano, 2-hidroxi-4-(2-acrililoxi-etoxibenzofenona, 2-hidroxi-4-(2-hidroxi-3-metacriloxi)propoxibenzofenona, 2,2'-dihidroxi-4-metoxibenzofenona, 2,4-dihidroxibenzofenona, 2,2'-dihidroxi 4,4-dimetoxibenzofenona, 2,2',4,4'-tetrahidroxibenzofenona, 2-ciano-3,3-difenilacrilato de etilo, 2-ciano-3,3-difenilacrilato de 2-etexilo, 2',2',4-trihidroxibenzofenona, 2-hidroxi-4-acrililoxietoxibenzofenona (polímero), 2-hidroxi-4-acrililoxietoxibenzofenona, 4-hidroxi-4-metoxibenzofenona, 2-hidroxi-4-n-octoxibenzofenona, o mezclas de los mismos.

Preferentemente, la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que puede utilizarse para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comprende 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-5'-metilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2-hidroxi-4-(2-hidroxi-3-metacriloxi)propoxibenzofenona o mezclas de los mismos, de forma particularmente preferida 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol o mezclas de los mismos como absorbentes de UV.

La proporción total del, al menos un, absorbente de UV en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión UV, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 0,01% en peso al 5,1% en peso preferentemente en un intervalo del 0,07% en peso al 3,9% en peso, y de forma particularmente preferida en un intervalo del 0,09% en peso al 3,1% en peso, en cada caso con respecto a la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos

mencionados anteriormente se refieren tanto al uso de un absorbente de UV como al uso de una mezcla de absorbentes de UV.

La proporción total de al menos un aditivo en la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, se encuentra preferentemente en un intervalo del 0,0% en peso al 10,0% en peso, de forma particularmente preferida en un intervalo del 0,01% en peso al 5,0% en peso, y de forma muy particularmente preferida en un intervalo del 0,02% en peso al 3,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D. Los intervalos mencionados se aplican al uso de un tipo de aditivo, una mezcla de diferentes tipos de aditivos y una mezcla de diferentes aditivos de un tipo de aditivo.

No es necesario indicar que los componentes individuales de la tinta de impresión, preferentemente la tinta de impresión 3D, que se puede utilizar para construir el componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención, deben seleccionarse de forma que sus proporciones no sumen más del 100% en peso.

Si se calcula una distribución de índice de refracción dependiente de la ubicación para el componente B, el índice de refracción de varias tintas de impresión, preferentemente tintas de impresión 3D, se determina por medio de series de ensayo, preferentemente después de que se hayan curado.

El procedimiento para producir un cristal para gafas que comprende al menos los componentes A, B y C comprende las etapas siguientes:

a) proporcionar y, opcionalmente, fijar el vidrio ultrafino del componente A o C,

b) proporcionar un modelo tridimensional del componente B,

c) cortar digitalmente el modelo tridimensional de la etapa b) en capas bidimensionales individuales,

d) proporcionar al menos una tinta de impresión, preferentemente una tinta de impresión 3D, comprendiendo la tinta de impresión al menos un componente curable por radiación,

e) construir el componente B a partir de la suma total de las capas bidimensionales individuales de la etapa c) mediante un procedimiento de impresión sobre uno de los vidrios ultrafinos de los componentes A o C,

f) curar el componente B por medio de luz ultravioleta, pudiendo realizarse el curado en cada caso totalmente o parcialmente después de la aplicación de elementos de volumen individuales o después de la aplicación de una capa de elementos de volumen, y el curado parcial se puede completar después de finalizar el proceso de impresión,

g) opcionalmente fresar y/o rectificar y/o torneear y/o pulir la superficie del componente B obtenido en la etapa f) que no es colindante con uno de los vidrios ultrafinos del componente A o C,

h) h1) en caso de que se haya proporcionado en la etapa a) el vidrio ultrafino del componente A: unir la superficie posterior R_B del componente B del cristal para gafas obtenido en la etapa f) que comprende los componentes A y B con la superficie frontal V_{DC} del vidrio ultrafino del componente C o revestir la superficie posterior R_B del componente B con al menos una capa funcional F_C ;

h2) en caso de que se haya proporcionado en la etapa a) el vidrio ultrafino del componente C: unir la superficie frontal V_B del componente B del cristal para gafas obtenido en la etapa f) que comprende los componentes B y C con la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A o revestir la superficie frontal V_B del componente B con al menos una capa funcional F_A ,

i) conformar el borde del cristal para gafas obtenido en la etapa h) que comprende los componentes A, B y C.

La unión en la etapa h) se realiza preferentemente de forma cohesiva y/o en arrastre de forma por medio de un adhesivo o un procedimiento de unión. En el marco de la presente invención, por "uniones cohesivas" se entiende uniones que mantienen unidos los componentes respectivos del cristal para gafas que se va a producir según la invención, preferentemente los componentes A y B o los componentes B y C o los componentes A y C. En el marco de la presente invención, por "uniones en arrastre de forma" se entiende uniones en las que los componentes individuales del cristal para gafas que se va a producir según la invención, preferentemente los componentes A y B o los componentes B y C o los componentes A y C, pueden ensamblarse de forma precisa. Las pequeñas diferencias en la topografía de superficie de las dos superficies que se van a unir pueden rellenarse utilizando un adhesivo, por ejemplo. Para poder unir en arrastre de forma los componentes individuales del cristal para gafas que se va a producir según la invención, los radios de curvatura de los componentes que se van a unir entre sí deben ser preferentemente inferiores a 1 mm, de forma más preferida en un intervalo de 0,03 mm a $\leq 0,8$ mm, de forma particularmente preferida en un intervalo de 0,04 mm a $\leq 0,7$ mm y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 0,05 mm a $\leq 0,6$

mm. Se pueden lograr uniones tanto cohesivas como en arrastre de forma, por ejemplo, aplicando calor y/o por medio de un adhesivo.

La unión en la etapa h) se realiza preferentemente por medio de un adhesivo, de forma particularmente preferida por medio de un adhesivo basado en un endurecimiento con tiol catalizado por amina de resinas epoxídicas según el documento WO 2015/121341 A1. Si las superficies frontales y las superficies posteriores de los componentes A, B y C tienen forma esférica, pero no tienen radios de curvatura idénticos en la interfaz entre los componentes A y B y/o en la interfaz entre los componentes B y C, los espacios huecos generados por las diferencias de curvatura al ensamblar los componentes individuales entre sí se rellenan preferentemente con un adhesivo. También se utiliza preferentemente un adhesivo basado en un endurecimiento con tiol catalizado por amina de resinas epoxídicas para rellenar espacios huecos según el documento WO 2015/121341 A1. Preferentemente, los radios de curvatura no idénticos de los componentes individuales varían preferentemente en menos de 1 mm, de forma más preferida en un intervalo de 0,03 mm a $\leq 0,8$ mm, de forma particularmente preferida en un intervalo de 0,04 mm a $\leq 0,7$ mm y de forma muy particularmente preferida en un intervalo de 0,05 mm a $\leq 0,6$ mm. Se pueden aprovechar pequeñas diferencias en los radios de curvatura en la medida en que cualquier inclusión de aire que, dado el caso, se genere en el adhesivo se pueda eliminar durante el ensamblaje simplemente presionando el vidrio ultrafino del componente A o C en la dirección de la superficie del borde del cilindro del componente B. Si las interfaces de los componentes A, B y C están formadas, respectivamente, con una forma plana, también se pueden unir de forma cohesiva y en arrastre de forma, por ejemplo, mediante un adhesivo o un procedimiento de unión.

La unión de la etapa h) también puede realizarse mediante un procedimiento de unión. El procedimiento de unión puede utilizarse como alternativa o adicionalmente a un adhesivo para la unión de la etapa h). Para este fin, se calienta el vidrio ultrafino del componente A o el vidrio ultrafino del componente C preferentemente hasta la temperatura de transformación T_G del vidrio ultrafino respectivo, preferentemente en una atmósfera de gas de protección, y se pone en contacto con la superficie frontal o la superficie posterior del componente B que se va a unir, por ejemplo presionando la superficie frontal o la superficie posterior del componente B con el vidrio ultrafino calentado. El componente B sirve, por una parte, como una carcasa de moldeo para dar forma al vidrio ultrafino, y por otra parte no hay necesidad de utilizar un adhesivo en el procedimiento de unión. La carga de temperatura en el componente B se mantiene preferentemente lo más reducida posible exponiendo el componente B lo más brevemente posible, preferentemente menos de 5 segundos, de forma particularmente preferida menos de 2 segundos, a una región que sirve para calentar el vidrio ultrafino, por ejemplo, un horno. Esta breve carga de temperatura del componente B no produce ningún cambio en la superficie objetivo ópticamente eficaz, ya que la capacidad calorífica del vidrio ultrafino es baja en comparación con la masa del componente B habida cuenta de su reducida masa. En una forma de realización, la superficie del componente B que se va a unir puede protegerse con una capa protectora más resistente a la temperatura. A este respecto, por ejemplo, puede ser una composición de revestimiento tal como se divulga, por ejemplo, en el documento EP 2 578 649 A1, especialmente en el documento EP 2 578 649 A1, reivindicación 1, o una capa de óxido metálico, hidróxido metálico y/o hidrato de óxido metálico. La capa protectora también puede servir como imprimación para compensar las diferencias de dilatación.

En una forma de realización de la invención, las últimas una a cuatro, preferentemente las últimas una a dos, capas impresas del componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención no se curan. El vidrio ultrafino del componente A o del componente C se puede colocar sobre esta superficie que comprende al menos una capa no curada del componente B. En este caso, la unión de la etapa h) entre los componentes A y B o entre los componentes B y C puede realizarse mediante exposición a rayos UV a través del vidrio ultrafino correspondiente, pudiendo curarse simultáneamente el componente B de forma completa. En esta forma de realización, se puede utilizar un vidrio ultrafino activado en superficie. La impresión, preferentemente la impresión 3D, del componente B del cristal para gafas que se va a producir según la invención comienza con la provisión de un modelo tridimensional, preferentemente un modelo CAD. Este modelo tridimensional define la geometría tridimensional de la superficie del componente B que no está predeterminada por el vidrio ultrafino del componente A o C y, en combinación con los componentes A, B y C, el volumen del cristal para gafas.

En una forma de realización de la invención, la aplicación de la tinta de impresión, en particular la tinta de impresión 3D, no termina en el medio de la superficie frontal V_B o la superficie posterior R_B de los componentes B del cristal para gafas que se va a producir según la invención. La aplicación de la tinta de impresión, en particular la tinta de impresión 3D, preferentemente no termina dentro de un círculo con un radio de al menos 10 mm, preferentemente al menos 15 mm, de forma más preferida al menos 24 mm y de forma particularmente preferida al menos 32 mm con respecto al punto de visión de lejos para cristales para gafas monofocales o al punto de medición del prisma para cristales para gafas multifocales/cristales para gafas progresivos.

En una forma de realización de la invención, el cristal para gafas producido según la invención comprende al menos uno de los componentes A, B o C varias veces. En esta forma de realización, el cristal para gafas producido según la invención puede comprender, por ejemplo, los componentes A, B, A', B', C partiendo desde la superficie frontal del lado del objeto hasta la superficie posterior del lado del ojo del cristal para gafas producido según la invención. Las explicaciones anteriores para unir los componentes del cristal para gafas producido según la invención pueden extrapolarse en consecuencia a la presencia de componentes adicionales en el cristal para gafas producido según la invención.

La invención se explica con más detalle a continuación por medio de algunos ejemplos, que, no obstante, no limitan la invención.

5 Cálculo de cristales para gafas que se van a producir según la invención

Para los ejemplos siguientes, es en cada caso:

1 = Superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A

2 = Superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A = superficie frontal V_B del componente B

3 = Superficie posterior R_B del componente B = superficie frontal V_{DC} del vidrio ultrafino del componente C

4 = Superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C

¹⁾ El espesor de la superficie 4 describe la distancia al punto de rotación del ojo.

Ejemplo 1

Cálculo de un cristal monofocal limitado por superficies esféricas con sph -4,0 D, en el que se utilizó para los vidrios ultrafinos de los componentes A y C un índice de refracción constante de $n_d = 1,523$. También se estableció un índice de refracción constante para el componente B de $n_d = 1,523$. La tabla 3 siguiente ilustra los datos del sistema cristal para gafas - ojo.

Tabla 3

	Radio de curvatura [mm]	Espesor [mm]	n_d	Diámetro [mm]
1	120,44	0,1	1,523	60
2	120,44	1,0	1,523	60
3	62,58	0,1	1,523	60
4	62,58	25 ¹⁾	1,0	60

En la figura 1 se representa la distribución del efecto medio para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 1 en un diámetro de 60 mm. A este respecto, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 1 también muestra que el efecto medio del cristal para gafas cambia de sph -4,0 D a sph-3,2 desde el centro hasta el borde.

En la figura 2 se representa la distribución de la desviación astigmática para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 1 en un diámetro de 60 mm. En este caso, también, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 2 también muestra que esta desviación astigmática aumenta de 0,0 D a 0,3 D desde el centro hasta el borde.

Ejemplo 2

Cálculo de un cristal monofocal limitado por superficies esféricas con sph -4,5 D, en el que se utilizó para los vidrios ultrafinos de los componentes A y C un índice de refracción constante de $n_d = 1,523$. Para el componente B, se utilizó una distribución de índice de refracción calculada dependiente de la ubicación (en la tabla 4 siguiente: GRIN (índice de gradiente)). La tabla 4 siguiente ilustra los datos del sistema de cristal para gafas - ojo.

Tabla 4

	Radio de curvatura [mm]	Espesor [mm]	n_d	Diámetro [mm]
1	120,44	0,1	1,523	60
2	120,44	1,0	GRIN	60
3	62,58	0,1	1,523	60
4	62,58	25 ¹⁾	1,0	60

En la figura 3 se representa la distribución del efecto medio para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 2 en un diámetro de 60 mm. A este respecto, el ojo giró

alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 3 también muestra que el efecto medio del cristal para gafas cambia de sph -4,5 D a sph -3,8 desde el centro hasta el borde.

En la figura 4 se representa la distribución de la desviación astigmática para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 2 en un diámetro de 60 mm. En este caso, también, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 4 también muestra que esta desviación astigmática es de 0,0 D en el medio. Al mirar hacia un lado, la desviación astigmática alcanza un valor máximo de 0,12 D.

En la figura 5 se representa la distribución del índice de refracción radial dentro del componente B del cristal para gafas del ejemplo 2. Se utilizó la fórmula siguiente para calcular la distribución del índice de refracción radial: $n_d = 1,523 + c_1 + c_2 \cdot h^2 + c_3 \cdot h^4 + c_4 \cdot h^6 + c_5 \cdot h^8$, con

$$c_1 = 0,524136177 \cdot 10^{-1}$$

$$c_2 = 0,496881618 \cdot 10^{-4}$$

$$c_3 = -0,108055871 \cdot 10^{-6}$$

$$c_4 = 0,104110487 \cdot 10^{-9}$$

$$c_5 = -0,352329220 \cdot 10^{-13}$$

en la que: $h^2 = x^2 + y^2$ (distancia desde el eje óptico).

Como se puede observar en las figuras que pertenecen al ejemplo 2, el uso de una distribución de índice de refracción calculada dependiente de la ubicación (índice de gradiente, GRIN) produce un cambio en el efecto del cristal para gafas del ejemplo 2 y un cambio en la corrección óptica del ojo para el ojo en cuestión, aunque la topografía superficial de los vidrios ultrafinos del componente A y C no se modificaron.

Ejemplo 3

Cálculo de un cristal monofocal limitado por superficies esféricas con sph -4,4 D, en el que se utilizó para los vidrios ultrafinos de los componentes A y C un índice de refracción constante de $n_d = 1,523$. También se determinó un índice de refracción constante para el componente B de $n_d = 1,5754$. La tabla 5 siguiente ilustra los datos del sistema cristal para gafas - ojo.

Tabla 5

	Radio de curvatura [mm]	Espesor [mm]	n_d	Diámetro [mm]
1	120,44	0,1	1,523	60
2	120,44	1,0	1,5754	60
3	62,58	0,1	1,523	60
4	62,58	25 ¹⁾	1,0	60

En la figura 6 se representa la distribución del efecto medio para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 3 en un diámetro de 60 mm. A este respecto, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 6 también muestra que el efecto medio del cristal para gafas cambia de sph -4,4 D a sph -3,6 desde el centro hasta el borde.

En la figura 7 se representa la distribución de la desviación astigmática para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 3 en un diámetro de 60 mm. En este caso, también, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 7 también muestra que esta desviación astigmática aumenta de 0,0 D a 0,3 D desde el centro hasta el borde.

Ejemplo 4

Cálculo de un cristal monofocal limitado por superficies esféricas con sph -4,0 D, en el que se utilizó para los vidrios ultrafinos de los componentes A y C un índice de refracción constante de $n_d = 1,523$. También se determinó un índice de refracción constante para el componente B de $n_d = 1,660$. La tabla 6 siguiente ilustra los datos del sistema cristal para gafas - ojo.

Tabla 6

	Radio de curvatura [mm]	Espesor [mm]	n_d	Diámetro [mm]
1	102,90	0,1	1,523	60
2	102,90	1,0	1,660	60
3	63,21	0,1	1,523	60
4	63,21	25 ¹⁾	1,0	60

En la figura 8 se representa la distribución del efecto medio para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 4 en un diámetro de 60 mm. A este respecto, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 8 también muestra que el efecto medio del cristal para gafas cambia de sph -4,0 D a sph -3,1 desde el centro hasta el borde.

En la figura 9 se representa la distribución de la desviación astigmática para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 4 en un diámetro de 60 mm. En este caso, también, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 9 también muestra que esta desviación astigmática aumenta de 0,0 D a 0,3 D desde el centro hasta el borde.

Ejemplo 5

Cálculo de un cristal progresivo limitado por superficies esféricas con corrección esférica para la visión de lejos de sph -4,0 D y con corrección esférica para la visión de cerca de sph -3,0 D, en el que se utilizó para los vidrios ultrafinos de los componentes A y C un índice de refracción constante de $n_d = 1,523$. También se utilizó una distribución de índice de refracción calculada dependiente de la ubicación (en la tabla 7 siguiente: GRIN (índice de gradiente)). La tabla 7 siguiente ilustra los datos del sistema cristal para gafas – ojo.

Tabla 7

	Radio de curvatura [mm]	Espesor [mm]	n_d	Diámetro [mm]
1	102,90	0,1	1,523	60
2	102,90	1,0	GRIN	60
3	63,21	0,1	1,523	60
4	63,21	25 ¹⁾	1,0	60

En la figura 10 se representa la distribución del efecto medio para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 5 en un diámetro de 60 mm. A este respecto el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La figura 10 también muestra que el efecto medio del cristal para gafas de la región de visión de lejos a la región de visión de cerca de la corrección esférica para la visión de lejos cambia de sph -4,0 D a una corrección esférica para la visión de cerca de sph -3,0.

En la figura 11 se representa la distribución de la desviación astigmática para el ojo en cuestión del usuario de gafas sobre toda la superficie frontal del cristal para gafas calculado del ejemplo 5 en un diámetro de 60 mm. En este caso, también, el ojo giró alrededor del punto de rotación del ojo. La desviación astigmática en la visión de lejos es de 0,0 D y se indica en el borde del cristal para gafas un valor máximo de 1,7 D.

En la figura 12 se muestra la distribución del índice de refracción dentro del componente B del cristal para gafas del ejemplo 5. Para el cálculo de la distribución del índice de refracción radial se utilizó la fórmula siguiente: $n_d = 1,66 + c_1 + c_3 \cdot h^2 + c_4 \cdot h^4 + c_5 \cdot h^6 + c_6 \cdot h^8 + c_{12} \cdot x^2 + c_{14} \cdot y + c_{16} \cdot y^3$, con

$$c_1 = 0,607519072 \cdot 10^{-2}$$

$$c_3 = -0,695183752 \cdot 10^{-4}$$

$$c_4 = 0,252437173 \cdot 10^{-7}$$

$$c_5 = 0,261202427 \cdot 10^{-10}$$

$$c_6 = -0,132339396 \cdot 10^{-13}$$

$$c_{12} = 0,310744312 \cdot 10^{-4}$$

$$c_{14} = 0,211793858 \cdot 10^{-2}$$

$$c_{16} = -0,144639672 \cdot 10^{-7}$$

5

en la que: $h^2 = x^2 + y^2$ (distancia desde el eje óptico).

10

Como se puede observar en las figuras que pertenecen al ejemplo 5, el uso de una distribución de índice de refracción calculada dependiente de la ubicación (índice de gradiente, GRIN) produce un cambio continuo en el efecto del cristal para gafas desde la visión de lejos hasta la visión de cerca y una distribución de la desviación astigmática. Esto crea un cristal para gafas con propiedades de cristal progresivo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un cristal para gafas que comprende, partiendo desde la superficie frontal en el lado del objeto del cristal para gafas hasta la superficie posterior opuesta del cristal para gafas, al menos los componentes A, B y C, comprendiendo el componente A al menos un vidrio ultrafino, el componente B al menos un material polimérico y el componente C al menos un vidrio ultrafino, y el procedimiento comprende las etapas siguientes:

a) proporcionar y, opcionalmente, fijar el vidrio ultrafino del componente A o C, en el que el vidrio ultrafino del componente A y el vidrio ultrafino del componente C comprenden en cada caso una composición de vidrio seleccionada del grupo que consiste en vidrio de borosilicato, vidrio de aluminio-borosilicato y vidrio de borosilicato sin álcali, siendo la composición de vidrio del vidrio ultrafino del componente A y del vidrio ultrafino del componente C iguales o diferentes entre sí, presentando el vidrio ultrafino del componente A y el vidrio ultrafino del componente C en cada caso un espesor promedio en un intervalo de 13 μm a 760 μm , y siendo el espesor promedio del vidrio ultrafino del componente A y del vidrio ultrafino del componente C iguales o diferentes entre sí,

b) proporcionar un modelo tridimensional del componente B,

c) cortar digitalmente el modelo tridimensional de la etapa b) en capas bidimensionales individuales,

d) proporcionar al menos una tinta de impresión 3D, comprendiendo la tinta de impresión al menos un componente curable por radiación,

e) construir el componente B a partir de la suma total de las capas bidimensionales individuales de la etapa c) mediante un procedimiento de impresión sobre uno de los vidrios ultrafinos de los componentes A o C,

f) curar el componente B por medio de luz ultravioleta, pudiendo realizarse el curado en cada caso totalmente o parcialmente después de la aplicación de elementos de volumen individuales o después de la aplicación de una capa de elementos de volumen, pudiendo completarse el curado parcial después de finalizar el proceso de impresión, en el que el material polimérico del componente B presenta una distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación,

g) opcionalmente fresar y/o rectificar y/o torneear y/o pulir la superficie del componente B obtenido en la etapa f) que no es colindante con uno de los vidrios ultrafinos del componente A o C,

h) h1) en caso de que se haya proporcionado en la etapa a) el vidrio ultrafino del componente A: unir la superficie posterior R_B del componente B del cristal para gafas obtenido en la etapa f) que comprende los componentes A y B con la superficie frontal V_{DC} del vidrio ultrafino del componente C; h2) en caso de que se haya proporcionado en la etapa a) el vidrio ultrafino del componente C: unir la superficie frontal V_B del componente B del cristal para gafas obtenido en la etapa f) que comprende los componentes B y C con la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A,

i) conformar el borde del cristal para gafas obtenido en la etapa h) que comprende los componentes A, B y C.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el la unión de los componentes A y B o B y C que se van a unir en cada caso se realiza, en cada caso, por medio de un adhesivo o por medio de un procedimiento de unión.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los radios de curvatura de los componentes que se van a unir por medio de un adhesivo difieren entre sí en menos de 1 mm.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la tinta de impresión, preferentemente tinta de impresión 3D, comprende al menos un componente curable por radiación y opcionalmente al menos un colorante, y el componente curable por radiación comprende al menos un monómero del grupo constituido por monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo y monómeros de alilo y

i) la proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional se encuentra en un intervalo del 0,0% en peso al 35,0% en peso, con respecto al peso total de la tinta de impresión, o la proporción total de al menos un tipo de monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo monofuncional o de una mezcla de monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo monofuncionales diferentes entre sí se encuentra en cada caso en un intervalo del 0,0% en peso al 60% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, y/o

ii) la proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo difuncional o de una mezcla de monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo difuncionales diferentes entre sí se encuentra en cada caso en un intervalo del 32,0% en peso al 99% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, y/o

iii) la proporción total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo trifuncional o de una mezcla de monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo trifuncionales diferentes entre sí se encuentra en cada caso en un intervalo del 1,0% en peso al 51,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión, y/o

iv) la proporción total de al menos un tipo de monómero (met)acrilato, monómero epoxi, monómero de vinilo o de alilo tetrafuncional o de una mezcla de monómeros de (met)acrilato, monómeros epoxi, monómeros de vinilo o de alilo tetrafuncionales diferentes entre sí se encuentra en cada caso en un intervalo del 0% en peso al 16% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión,

o

la tinta de impresión comprende al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación difuncional en una relación en peso de 1:1 o al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:5 o al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:1 o al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación tetrafuncional en una relación en peso de 5:1 o al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:5:1.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el vidrio ultrafino del componente A o del componente C presenta, en cada caso, un espesor promedio en un intervalo de 13 μm a 510 μm .

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el vidrio ultrafino del componente A comprende al menos una capa funcional F_{VA} sobre la superficie frontal V_{DA} y el vidrio ultrafino del componente C comprende al menos una capa funcional F_{RC} sobre la superficie posterior R_{DC} .

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la, al menos una, capa funcional F_{VA} y la, al menos una, capa funcional F_{RC} se seleccionan en cada caso del grupo que consiste en al menos una capa antirreflectante, al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica, al menos una capa antiempañante y al menos una capa Clean-Coat.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie frontal del vidrio ultrafino V_{DA} del componente A partiendo desde la superficie frontal V_{DA} en dirección al objeto, o la superficie posterior R_{DC} del componente C partiendo desde la superficie posterior R_{DC} en dirección al ojo, está cubierta en cada caso con las capas funcionales F_{VA} o F_{RC} siguientes:

a) opcionalmente al menos una capa conductora o semiconductor eléctrica,

b) al menos una capa antirreflectante,

c) al menos una capa antiempañante o al menos una capa Clean-Coat.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la topografía de superficie del vidrio ultrafino del componente A y del componente C se selecciona en cada caso del grupo que consiste en esférica, asférica, tórica, atórica, progresiva y plana.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la topografía de superficie de la superficie frontal V_{DA} es igual a la topografía de superficie de la superficie posterior R_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y la topografía de superficie de la superficie frontal V_{DC} es igual que la topografía de superficie de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el vidrio ultrafino del componente A y el vidrio ultrafino del componente C no comprenden ninguno ningún colorante.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el cristal para gafas presenta un efecto de corrección óptica y/o una corrección de deformación de imagen para el ojo en cuestión.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que las topografías de superficie de la superficie frontal V_{DA} del vidrio ultrafino del componente A y de la superficie posterior R_{DC} del vidrio ultrafino del componente C, su espesor promedio respectivo y su índice de refracción respectivo, y opcionalmente su número de Abbe se tienen en cuenta en el cálculo de la distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación.

14. Uso de una tinta de impresión 3D para la construcción del componente B de un cristal para gafas que comprende al menos los componentes A, B y C, en el que el componente A comprende al menos un vidrio ultrafino, comprendiendo el vidrio ultrafino del componente A una composición de vidrio seleccionada del grupo que consiste de vidrio de

- borosilicato, vidrio de aluminio-borosilicato y vidrio de borosilicato sin álcali, presentando el vidrio ultrafino del componente A un espesor promedio en un intervalo de 13 μm a 760 μm , preferentemente de 19 μm a 230 μm , el componente B presenta al menos un material polimérico y una distribución del índice de refracción dependiente de la ubicación, y en el que el componente C comprende al menos un vidrio ultrafino, comprendiendo el vidrio ultrafino del
- 5 componente C una composición de vidrio seleccionada del grupo que consiste en vidrio de borosilicato, vidrio de aluminio-borosilicato y vidrio de borosilicato sin álcali, presentando el vidrio ultrafino del componente C un espesor promedio en un intervalo de 13 μm a 760 μm , preferentemente de 19 μm a 230 μm .
- 10 15. Uso de una tinta de impresión 3D según la reivindicación 14, en el que la tinta de impresión comprende al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación difuncional en una relación en peso de 1:1 o al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:5 o al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:1 o al
- 15 menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación tetrafuncional en una relación en peso de 5:1 o al menos un componente curable por radiación monofuncional y al menos un componente curable por radiación difuncional y al menos un componente curable por radiación trifuncional en una relación en peso de 1:5:1.

Fig.1

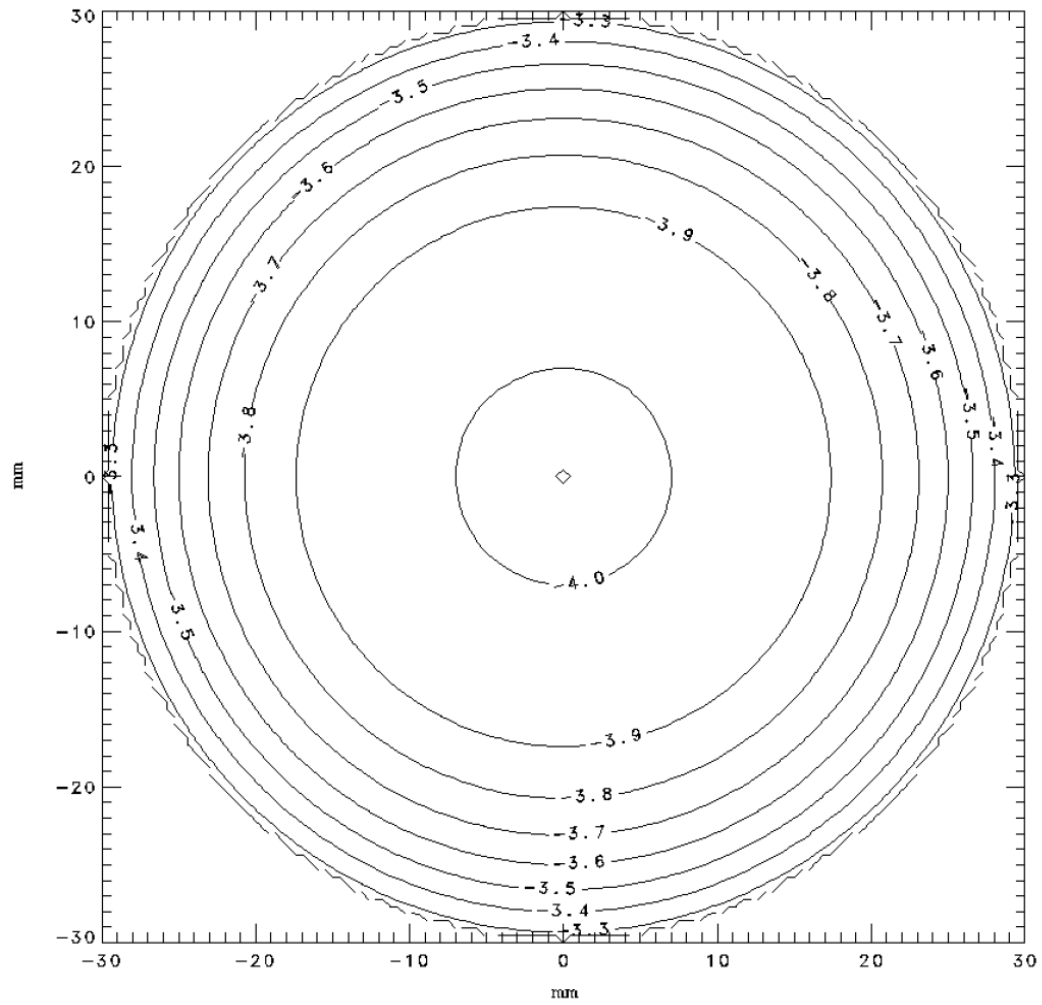


Fig.2

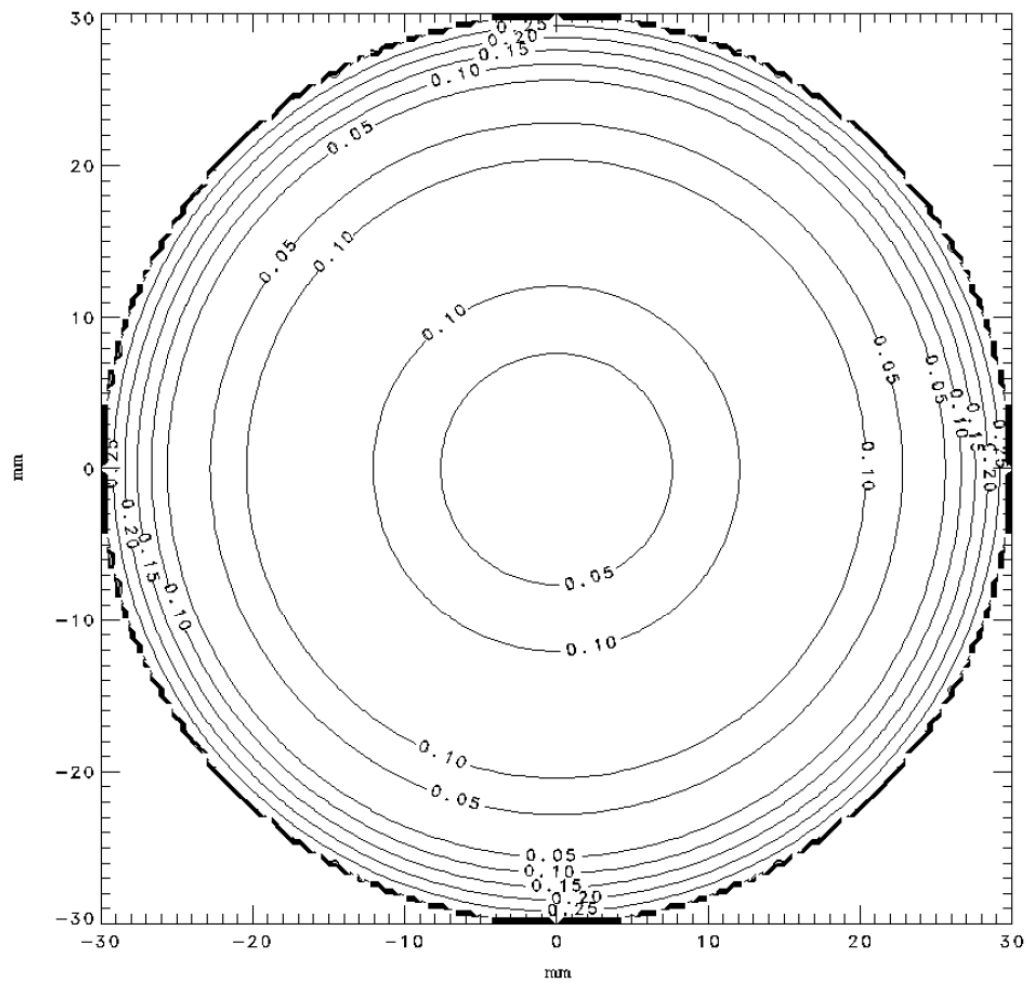


Fig.3

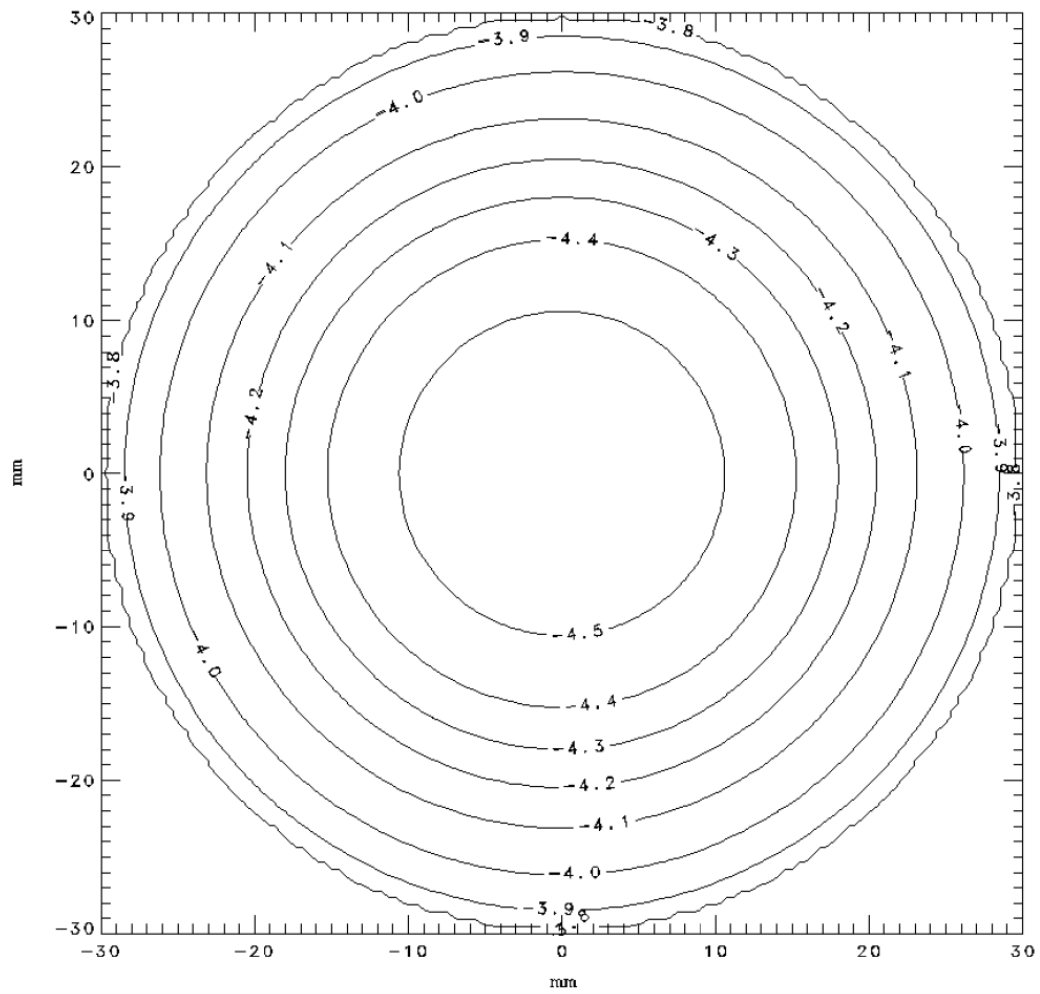


Fig.4

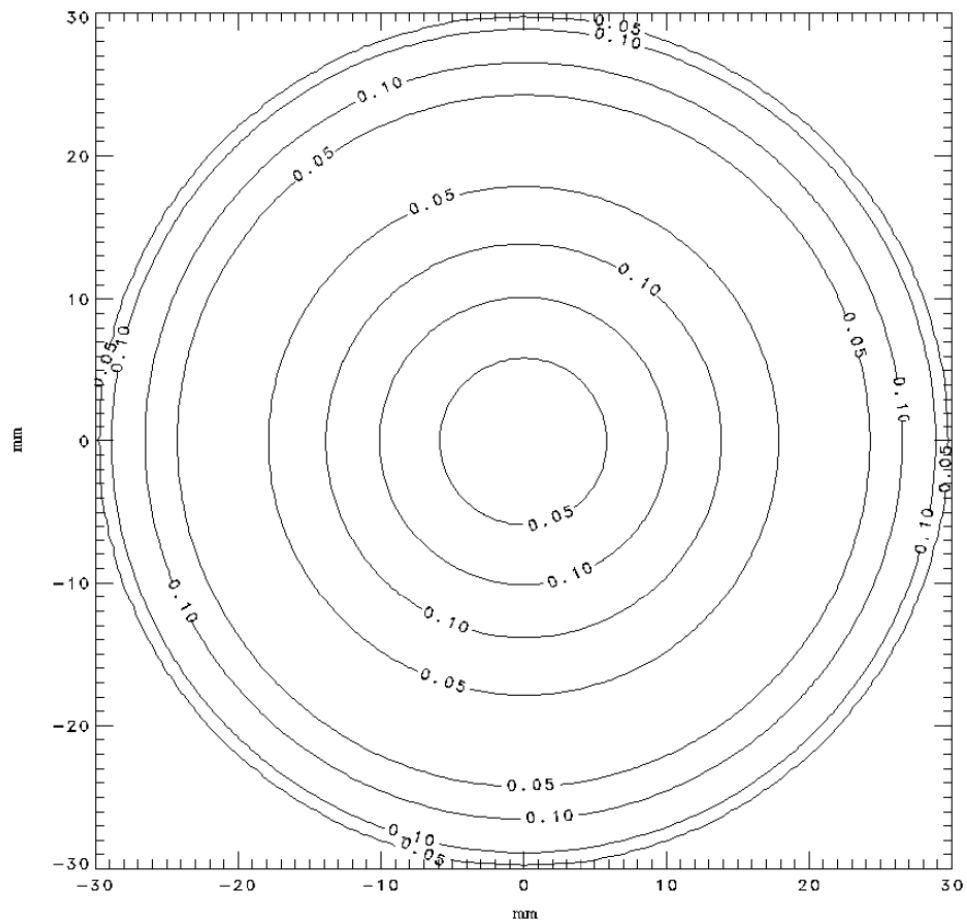


Fig.5

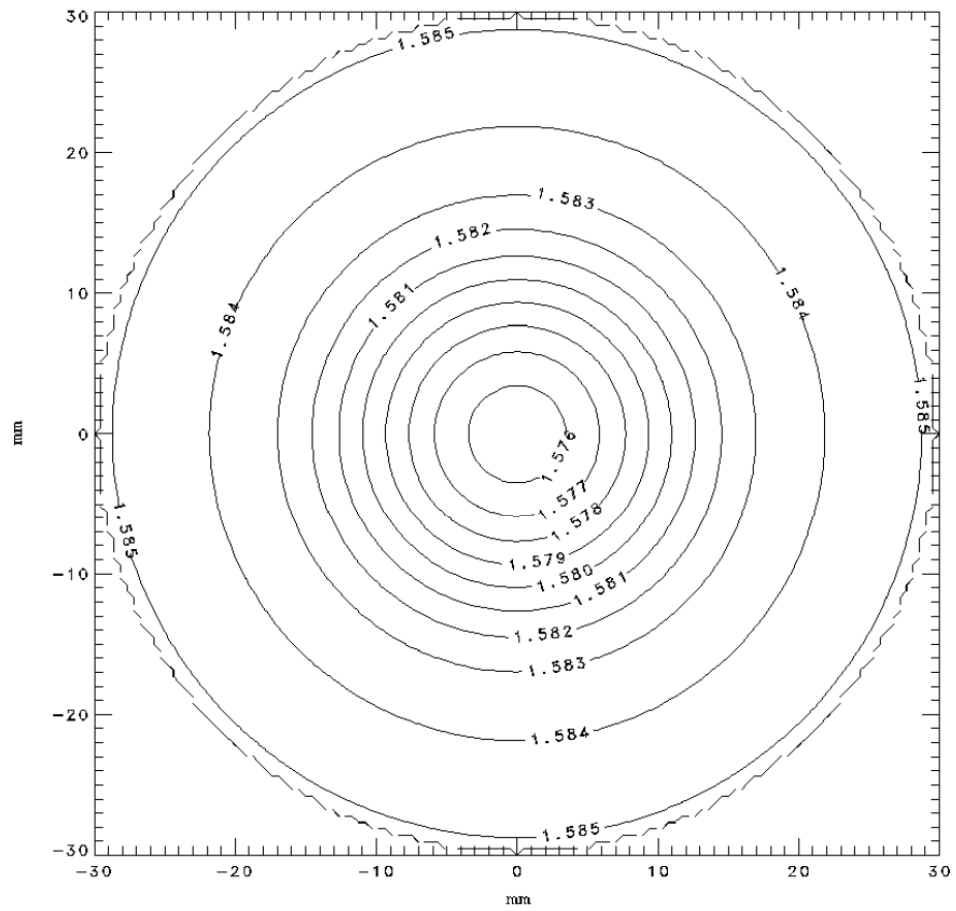


Fig.6

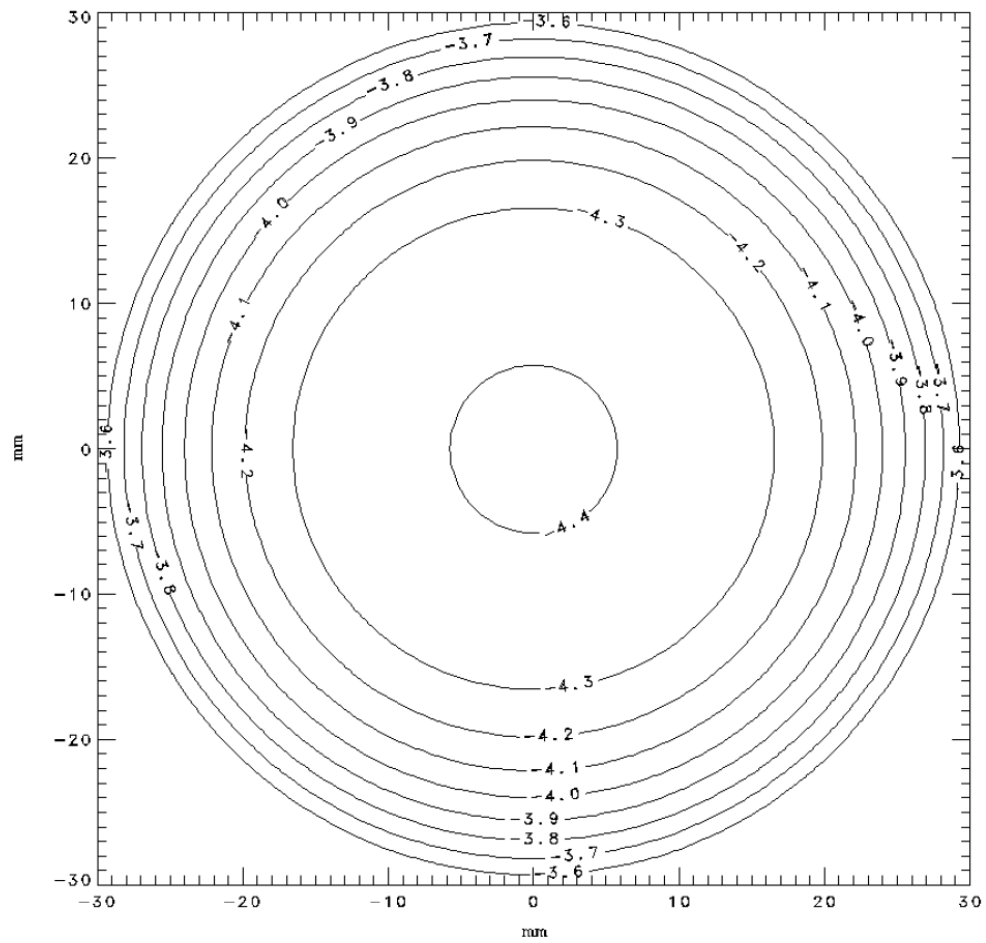


Fig.7

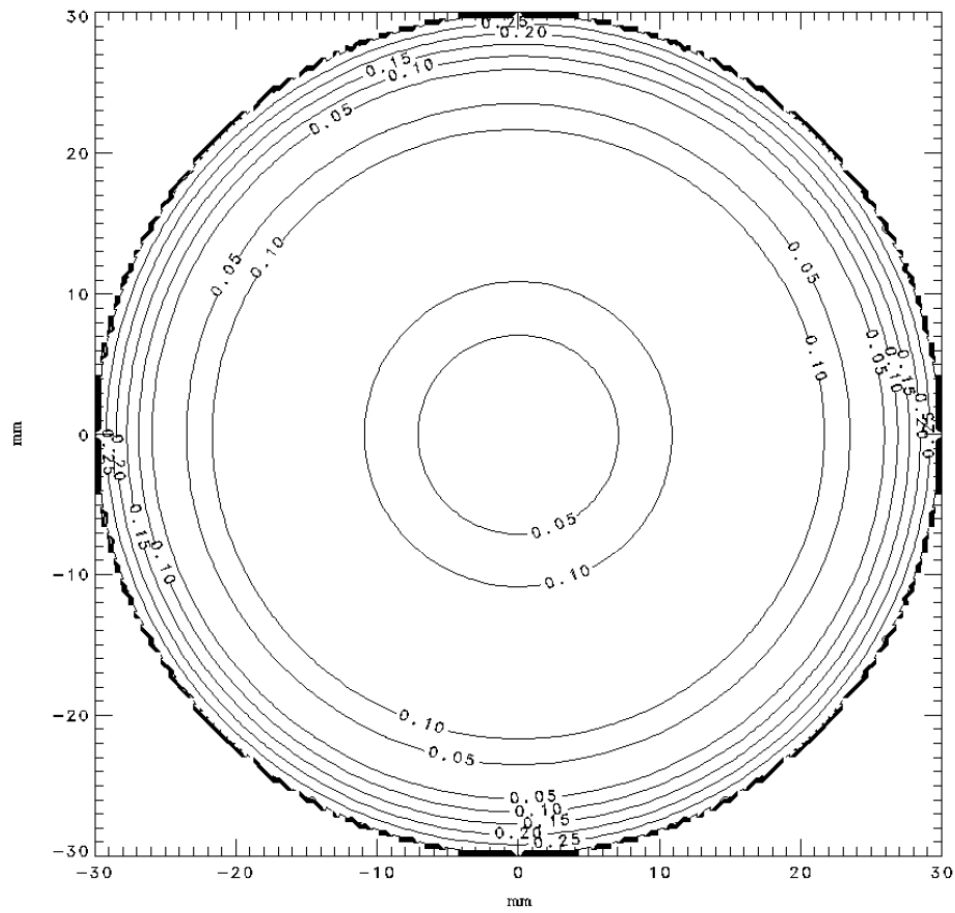


Fig.8

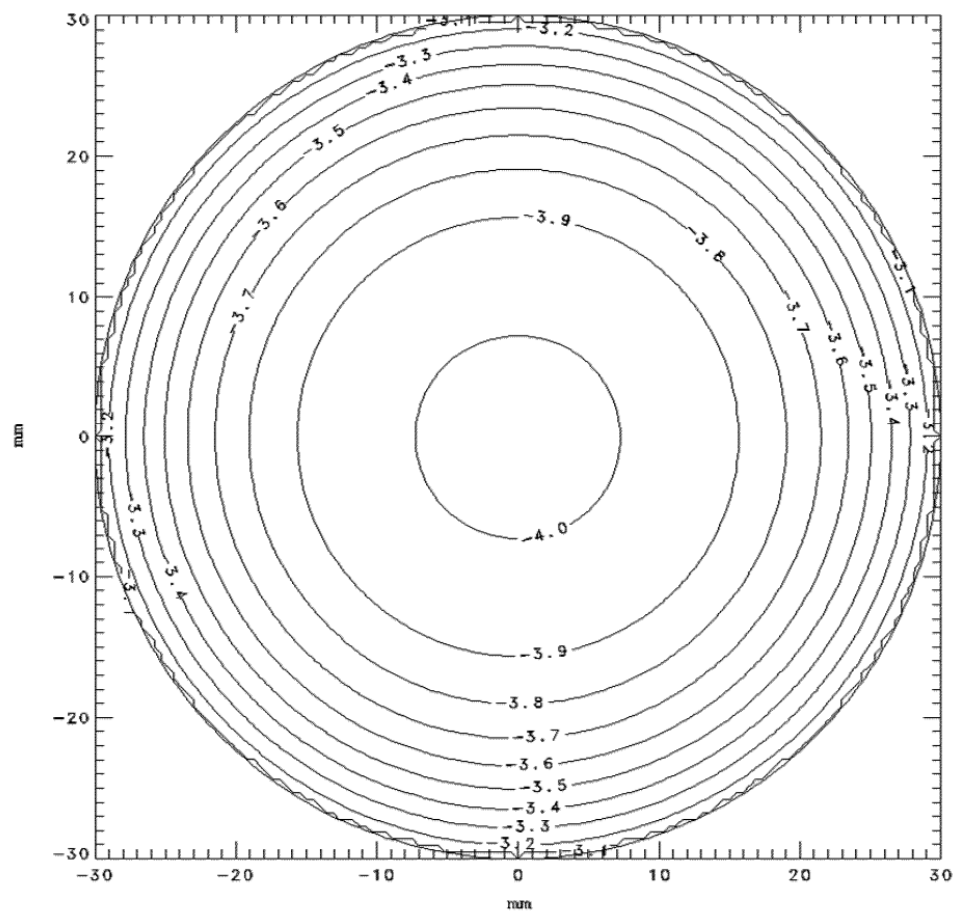


Fig.9

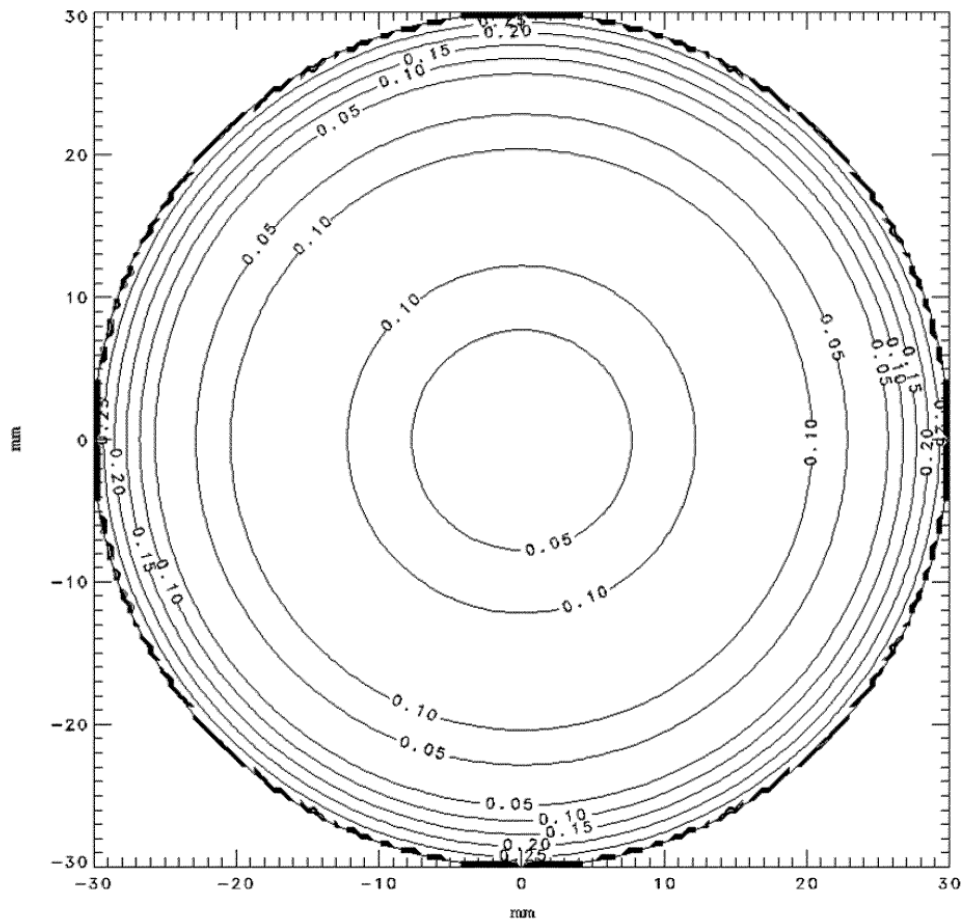


Fig.10

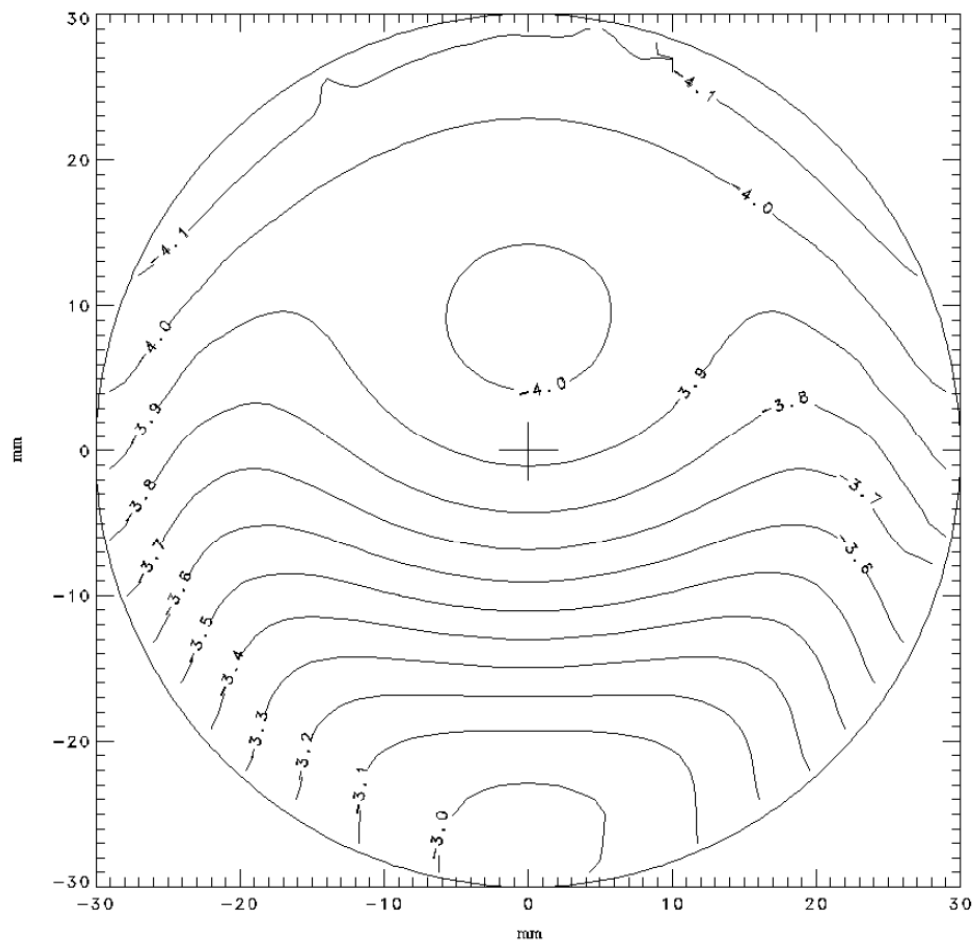


Fig.11

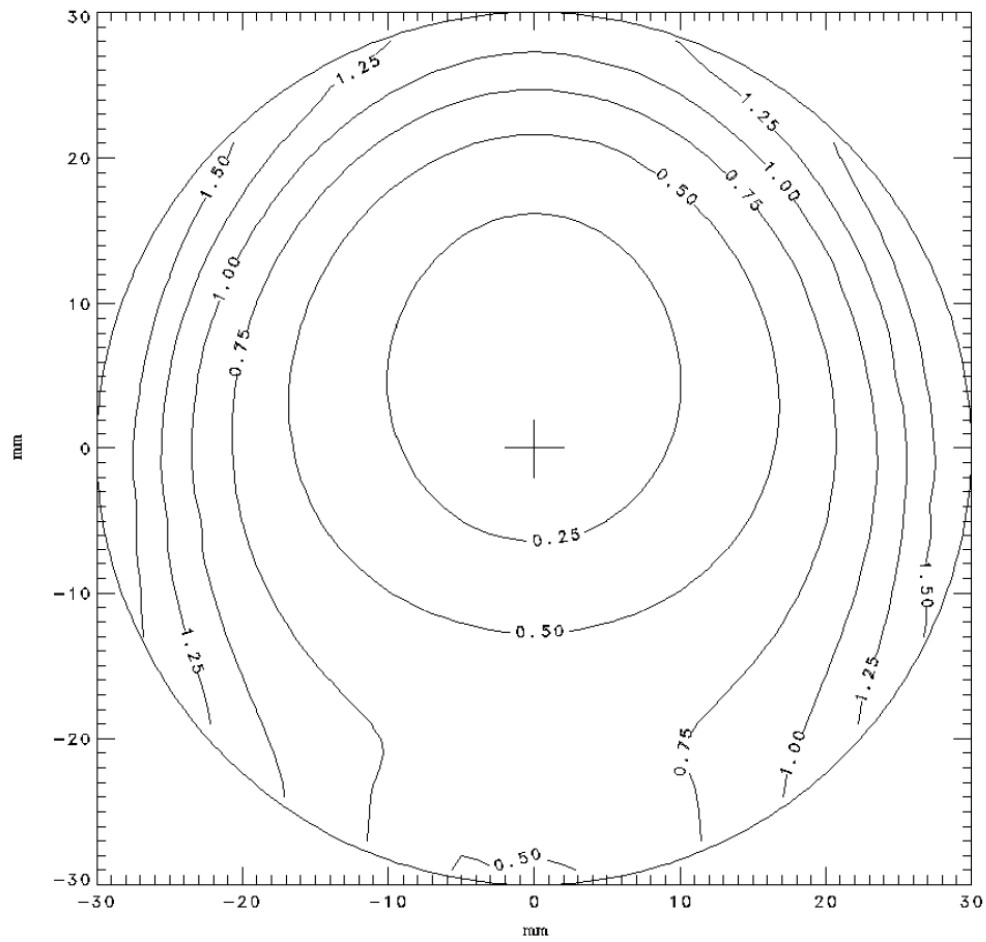


Fig.12

