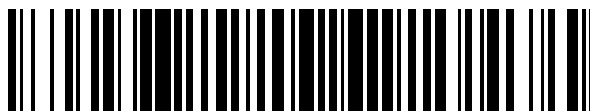


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 918**

51 Int. Cl.:

B29D 11/00 (2006.01)

B29C 67/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2014 PCT/FR2014/051363**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.12.2014 WO14195654**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2014 E 14734871 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 3003697**

54 Título: **Procedimiento y sistema de fabricación de una lente oftálmica**

30 Prioridad:

07.06.2013 FR 1355301

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

05.07.2019

73 Titular/es:

ESSILOR INTERNATIONAL (100.0%)

147, rue de Paris

94220 Charenton-le-Pont , FR

72 Inventor/es:

QUERE, LOÏC;

GOURRAUD, ALEXANDRE;

ALLIONE, PASCAL;

BEGON, CÉDRIC y

LE SAUX, GILLES

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 718 918 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

Procedimiento y sistema de fabricación de una lente oftálmica

Ámbito de la invención

5 La invención se refiere al ámbito de la fabricación de las lentes oftálmicas que presentan al menos una función óptica, por ejemplo, lentes oftálmicas progresivas.

La invención se refiere más particularmente a un procedimiento de fabricación de tales lentes oftálmicas.

La invención se refiere igualmente a un sistema de fabricación configurado para fabricar dicha lente oftálmica.

Antecedente tecnológico

10 Se sabe que las lentes oftálmicas son sometidas a diferentes etapas de fabricación con el fin de aportarlas las propiedades oftálmicas prescritas.

Se conocen procedimientos de fabricación de lentes oftálmicas que comprenden una etapa de suministro de un disco bruto o semiacabado, es decir un disco que no tiene ninguna o que solo tiene una cara denominada acabada (dicho de otro modo, una cara que define una superficie óptica simple o compleja).

15 Estos procedimientos comprenden entonces una o varias etapas de mecanizado de al menos una cara del disco llamada bruta, para obtener una cara llamada acabada, que define la superficie óptica buscada para proporcionar las propiedades oftálmicas (complejas o no) prescritas al portador de la lente oftálmica.

Se entiende por una o varias etapas de mecanizado las etapas llamadas de desbaste, acabado y de pulido (mecanizado por acabado superficial).

20 La etapa de desbastado permite, partiendo de un disco bruto o semiacabado, darle el espesor y los radios de curvatura de la superficie sobre la o las caras denominadas no acabadas del disco, mientras que la etapa de acabado (llamada también de pulimentado) consiste en afinar el grano incluso la precisión de los radios de curvatura de las caras obtenidas anteriormente y permite preparar (pulimentar) la o las superficies curvas generadas por la etapa de pulido. Esta etapa de pulido es una etapa de mecanizado superficial de la o de las superficies curvas pulidas o desbastadas, y permite hacer la lente oftálmica transparente. Las etapas de desbaste y de acabado son
25 etapas que imponen el espesor de la lente final y los radios de curvatura de la superficie tratada independientemente del espesor del objeto inicial y de sus radios de curvaturas iniciales.

Se apreciará que una superficie óptica compleja, llamada "free form surfacing" o "digital surfacing" en inglés, necesita un mecanizado particularmente preciso, combinando dicha superficie por ejemplo un toro y una progresión. El mecanizado de dicha superficie óptica compleja se realiza con la ayuda de al menos una máquina de mecanizado de precisión muy elevada al menos para la etapa de desbaste, incluso para la etapa de acabado y de pulido, y de un pulidor capaz de pulir la o las superficies procedentes de las etapas anteriores, sin deformar la lente oftálmica.
30

La solicitud de patente US 2009/161071 describe de forma general diferentes tecnologías para obtener cristales de gafas cuya corrección se optimiza por todo el cristal, cuyo mecanizado de un disco, la utilización de capas de materiales con índices variables en un sustrato, el depósito por impresión de materiales de diferentes índices de refracción en la superficie de un cristal, la estereolitografía combinada con un moldeado por fundición, y todavía más generalmente la combinación de una cualquiera de estas tecnologías. En particular, se describe que dicho cristal de gafas puede ser obtenido por mecanizado de una superficie compleja de este cristal realizado en un material con índice de refracción variable. La solicitud de patente US 2002/147521 se refiere a un sistema de fabricación de prototipos de máquinas múltiples, y la solicitud de patente US 2009/225435 se refiere a la fabricación de lentes ópticas para aplicaciones de fotografía y de formación de imagen.
35
40

Objeto de la invención

45 La invención trata de proporcionar un procedimiento de fabricación de una lente oftálmica que presente al menos una función óptica, que sea particularmente sencillo, cómodo y económico de poner en práctica, y que sea capaz igualmente de proporcionar de forma rápida y flexible lentes que presenten una geometría y unas características de materiales muy diversas, que respondan a una lógica de personalización de la mayoría.

La invención tiene así por objeto, bajo un primer aspecto, un procedimiento de fabricación de una lente oftálmica que presenta las características de la reivindicación 1.

50 El procedimiento de fabricación según la invención se basa en la combinación de dos etapas de fabricación, a saber, la etapa de fabricación de forma aditiva y la etapa de fabricación de forma sustractiva, y sobre la puesta en práctica de la etapa de fabricación de forma aditiva en función de la secuencia predeterminada de al menos una etapa de la fabricación sustractiva, entrando ésta en la determinación del valor de consigna de fabricación de la etapa de fabricación aditiva.

Las técnicas de fabricación aditiva son particularmente pertinentes para responder al objetivo de la invención.

5 Por fabricación aditiva se entiende según la norma internacional ASTM 2792-12, técnicas de fabricación que comprenden un procedimiento de unir materiales para fabricar objetos a partir de datos de modelización 3D (típicamente un archivo de CAO – concepción asistida por ordenador) habitualmente capa por capa, en oposición a las metodologías de fabricación sustractiva, tal como el mecanizado tradicional.

Las tecnologías de fabricación aditivas consisten en fabricar objetos yuxtaponiendo elementos de materias sólidas de acuerdo con una disposición predefinida en forma digital en un archivo de CAO.

10 Estos elementos de volumen elementales llamados «voxels» pueden ser creados y yuxtapuestos según una variedad de principios técnicos diferentes, por ejemplo, por depósito de gotas de monómeros fotopolimerizables por medio de una boquilla de impresión, por fotopolimerización selectiva con una fuente de UV en la superficie de un baño de monómero (técnica de estereolitografía), o por fusión de polvo de polímero (SLM, Selective Laser Melting o SLS Selective Laser Sintering).

15 Las técnicas de fabricación aditiva permiten una flexibilidad muy grande de definición geométrica de los objetos, pero surgen varios problemas en cuanto se interese por la fabricación de lentes oftálmicas transparentes que no difunden la luz y proporcionan una prescripción óptica con una geometría de dioptra muy precisa en cada cara de la lente, pudiendo estas dioptras ser esféricas, o pseudo-esférica, o esferotóricas, o pseudo-esfero-tóricas.

Se presentan particularmente los problemas siguientes:

- la construcción voxel por voxel se presta mal en la obtención de superficies lisas que son necesarias para las aplicaciones ópticas;
- 20 - las técnicas de construcción aditiva hacen difícil el dominio de las características dimensionales del elemento producido con la precisión para una aplicación óptica; en particular resulta difícil obtener el dominio local del radio de curvatura de la lente con una excelente precisión.

Se observará que la invención tiene en cuenta estos problemas inherentes a la fabricación de forma aditiva con el fin de hacerla compatible para la fabricación de una lente oftálmica.

25 Se apreciará que la etapa de fabricación aditiva permite proporcionar un elemento óptico intermedio con una homogeneidad de volumen deseada y al menos una parte de la función óptica adaptada al portador, y la etapa de fabricación sustractiva, que es posterior a la etapa de fabricación aditiva, permite finalizar la función óptica deseada y proporciona una lente oftálmica que presenta una calidad de estado superficial que puede caracterizarse por parámetros de rugosidad, a partir del elemento óptico intermedio.

30 La etapa de fabricación de forma aditiva permite así proporcionar un elemento óptico intermedio que comprende la lente oftálmica blanco y que comprende, en toda o parte de su futura superficie externa, un sobreespesor, definiéndose el sobreespesor teniendo en cuenta las capacidades optimizadas de eliminación de materia de los medios para realizar la etapa de fabricación de forma sustractiva.

35 Así, la etapa de determinación del valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio, basándose en la secuencia predeterminada anteriormente mencionada, permite tomar en consideración la capacidad de eliminación de material (dicho de otro modo el espesor que puede ser eliminado del elemento óptico intermedio) del que dispone un sistema de fabricación provisto de una o de varias máquinas de fabricación sustractiva, entendiéndose que esta capacidad se encuentra comprendida en el intervalo de valores predeterminado [1 μm ; 2000 μm].

El sobreespesor puede variar en función de la posición con relación a la superficie de la lente oftálmica final.

40 El sobreespesor tiene preferentemente una media inferior o igual a 1000 μm , con el fin de poder ser mecanizado por medio de una etapa de acabado o de pulido, sin etapa de desbaste. De modo aún preferencial, el sobreespesor se encuentra por término medio comprendido dentro del intervalo de valor predeterminado [30 μm y 500 μm].

45 La combinación de estas dos etapas de fabricación forma un procedimiento llamado híbrido que permite ventajosamente obtener una lente oftálmica que presenta a la vez una función óptica justa, perfectamente ajustada a las necesidades del portador, así como una calidad de estado superficial compatible con las aplicaciones oftálmicas.

Por función óptica justa, se entiende una función óptica que presenta un margen de error que puede alcanzar +/- 0,12 dioptrías en algunos puntos de la lente oftálmica con relación a la prescripción proporcionada por el portador.

50 Por calidad de superficie compatible con aplicaciones oftálmicas, se entiende una calidad de superficie que permite garantizar un porcentaje de transmisión de la lente oftálmica, en el espectro de la luz visible (380/700 nm) superior al 85% y un porcentaje de difusión inferior al 1%.

El procedimiento de fabricación según la invención es particularmente sencillo, cómodo y económico, sobre todo en un contexto donde la diversidad de las funciones ópticas a realizar es importante (debido a la personalización de estas funciones ópticas), que necesitan procedimientos de fabricación rápidos y flexibles.

Se apreciará que la fabricación aditiva corresponde, por ejemplo, a un procedimiento de impresión tridimensional que utiliza por ejemplo un chorro de materia polímera (inkjet printing), o de estereolitografía, o de estereolitografía por proyección de máscara, o de sinterizado o de fusión selectiva por láser (SLS y SLM en inglés para respectivamente Selective Laser Sintering y Selective Laser Melting,) o también de extrusión por hilo termoplástico, mientras que la fabricación sustractiva corresponde a un procedimiento de mecanizado, comprendiendo éste al menos una etapa seleccionada entre una etapa de desbaste, una etapa de acabado y una etapa de pulido.

Se apreciará igualmente que en el sentido de la invención, se entiende por:

- etapa de desbaste, la etapa que consiste en mecanizar el elemento óptico intermedio, por medio por ejemplo de una fresa o de una herramienta diamantada, para darle el espesor y los radios de curvatura de la lente oftálmica blanco o próxima a la lente oftálmica blanco;
- etapa de acabado, la etapa que consiste en afinar el grano, y/o afinar los radios de curvatura, por medio por ejemplo de una herramienta diamantada o de una herramienta de superficie abrasiva, de la superficie del elemento óptico intermedio, con el fin de hacerla apta para experimentar una etapa de pulido;
- etapa de pulido, la etapa que consiste en dar al elemento óptico intermedio, una transparencia de la lente oftálmica blanco; esta etapa permite eliminar las trazas del desbaste y del acabado; se realiza, particularmente por medio de un pulidor más flexible y de una solución abrasiva de grano más fino, que las que pueden ser utilizadas en una etapa de acabado; esta etapa es igualmente conocida bajo el nombre de «pulido flexible»; en particular, la curvatura de la corrección principal, esférica o tórica (o pseudo-esférica o pseudo-tórica), llamada base, o la curvatura de una adición, que puede ser añadida en una zona llamada “de visión de cerca” no son impactadas notablemente por la etapa de pulido flexible.

Las etapas de desbaste y de acabado son por consiguiente etapas que imponen la forma y las curvaturas de la superficie tratada independientemente de la forma y de las curvaturas de la superficie inicial. Hay que notar que otra etapa de mecanizado posible es el “pulido rígido” que utiliza, particularmente, un pulidor rígido esférico o tórico, así como una solución abrasiva de grano más fino que el de las soluciones abrasivas utilizadas en las etapas precedentes, que por rotación y abrasión de la superficie a tratar confiere a esta una curvatura esférica o tórica complementaria a la del pulidor rígido. En el sentido de la invención «este pulido rígido» representa una de las variantes de la etapa de acabado.

Se apreciará igualmente que se entiende por función óptica de una lente o de un elemento óptico intermedio, la respuesta óptica de esta lente o de este elemento, es decir una función que define cualquier modificación de propagación y de transmisión de un haz óptico a través de la lente o el elemento óptico en cuestión, sea cual fuere la incidencia del haz óptico que entra y sea cual fuere la extensión geométrica de una dioptra de entrada iluminada por el haz óptico incidente.

Más precisamente, en el ámbito oftálmico, la función óptica está definida como el reparto de las características de potencia portadora, de astigmatismo, de los desvíos prismáticos y de las aberraciones de orden superior asociadas con la lente o con el elemento óptico para el conjunto de las direcciones de la mirada de un portador de este lente o de este elemento. Ello supone bien entendido la predeterminación del posicionamiento geométrico de la lente o del elemento óptico con relación al ojo del portador.

Según características preferidas, sencillas, cómodas y económicas del procedimiento según la invención:

- el sobreespesor, generado durante la etapa de fabricación de forma aditiva que conduce al elemento óptico intermedio y luego sustraído durante la etapa de fabricación de forma sustractiva que conduce a la lente oftálmica blanco, está comprendido entre 1 μm y 1000 μm ambos incluidos, preferentemente comprendido entre 30 μm y 1000 μm ambos incluidos;
- la mencionada secuencia predeterminada comprende al menos una etapa seleccionada entre una etapa de desbaste, una etapa de acabado, y una etapa de pulido, sola o en combinación;
- la indicada secuencia predeterminada es seleccionada entre:
 - una etapa de desbaste realizada en el elemento óptico intermedio que conduce a un elemento óptico intermedio de estado 2, seguida de una etapa de acabado realizada en el mencionado elemento óptico intermedio de estado 2 que conduce a un elemento óptico intermedio de estado 3, seguido de una etapa de pulido realizada en el indicado elemento óptico intermedio de estado 3 que conduce a la lente oftálmica blanco; o
 - una etapa de acabado realizada en el elemento óptico intermedio que conduce a un elemento óptico intermedio de estado 4, seguida de una etapa de pulido realizada en el indicado elemento óptico intermedio de estado 4 que conduce a la lente oftálmica blanco; o
 - una etapa de pulido realizada en el elemento óptico intermedio que conduce a la lente oftálmica blanco;
- la indicada secuencia predeterminada es idéntica o diferente en el conjunto del elemento óptico intermedio;
- la etapa de fabricar de forma aditiva un elemento óptico intermedio que comprende la lente oftálmica blanco adjunta con un sobreespesor (Se) es realizada por el depósito de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de un material idéntico constitutivo de la lente oftálmica blanco y del sobreespesor;
- la etapa de fabricar de forma aditiva un elemento óptico intermedio que comprende la lente oftálmica blanco adjunta con un sobreespesor (Se) es realizada por el depósito de una pluralidad de elementos de volumen

predeterminados de al menos dos materiales diferentes, difiriendo los materiales particularmente bien por su índice de refracción, o por su propiedad intrínseca de abrasividad;

- la indicada etapa de determinar un valor de consigna de fabricación de dicho elemento óptico intermedio comprende las etapas siguientes:
- 5 - determinar las características geométricas blanco de la indicada lente oftálmica a partir de características de la indicada función óptica a aportar a la mencionada lente oftálmica;
- determinar el indicado sobreespesor, a partir de las mencionadas características geométricas blanco determinadas y de características relacionadas con la indicada secuencia predeterminada de fabricación sustractiva; y
- 10 - deducir de las características geométricas de dicho elemento óptico intermedio a partir de las indicadas características geométricas blanco determinadas y del indicado sobreespesor determinado;
- la etapa de determinar el mencionado sobreespesor comprende además la toma en cuenta de datos físicos materiales relacionados con la indicada secuencia predeterminada de fabricación sustractiva;
- 15 - la mencionada función óptica a aportar a la indicada lente oftálmica es característica de valores de prescripción relacionados con un portador de la indicada lente oftálmica y de datos complementarios de porte de una montura predeterminada y/o de personalización, y/o de forma de la montura;
- el elemento óptico intermedio tiene un contorno sustancialmente igual a un contorno configurado para ser introducido en una montura predeterminada; y/o
- 20 - después de la etapa de fabricar de forma sustractiva, un barniz o una película se deposita sobre la superficie de la lente final.

La invención tiene también por objeto, bajo un segundo aspecto, un sistema de fabricación de una lente oftálmica, que comprende una máquina de fabricación aditiva, al menos una máquina de fabricación sustractiva, para fabricar una lente oftálmica y al menos una unidad de control y de comando provista de elementos sistémicos configurados para ejecutar un programa de ordenador que comprende instrucciones configuradas para poner en práctica dada una de las etapas del procedimiento expuesto más arriba.

Ventajosamente, en el sistema de fabricación según la invención:

- está previsto además una máquina de barnizado configurada para depositar un barniz sobre el elemento procedente de la máquina de fabricación sustractiva; y/o
- 30 - la máquina de fabricación aditiva comprende un soporte de fabricación, cuyo soporte de fabricación es amovible y está configurado para servir de soporte de fabricación para la máquina de fabricación sustractiva.

Hay que observar que, según una variante de la invención, las etapas de fabricaciones de forma aditiva y luego sustractiva pueden ser seguidas del depósito de una película de barniz seleccionado con el fin de paliar las irregularidades de la superficie. En particular se hace aquí referencia a capas de barniz tales como las presentadas en las solicitudes de patentes EP1896878 de la Firma solicitante, o JP 2002-182011 que están configuradas para permitir a una superficie con una cierta calidad inicial lograr una calidad oftálmica, como el pulido flexible, no permitiendo la aplicación de esta capa de barniz modificar las curvaturas principales de la superficie de la lente, tales como la curvatura principal o un motivo que representa la o las adiciones.

Breve descripción de los dibujos

40 Ahora se continuará la exposición de la invención por la descripción de un ejemplo de realización, dado a continuación a título ilustrativo y no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- la figura 1 representa esquemáticamente un sistema de fabricación provisto de una máquina de fabricación aditiva y de una máquina de mecanizado por torneado configuradas para realizar una lente oftálmica;
- 45 - las figuras 2 y 3 representan esquemáticamente diferentes etapas de fabricación de una lente oftálmica respectivamente según dos modos de realización distintos, con la ayuda del sistema ilustrado en la figura 1;
- la figura 4 es un esquema en bloques que ilustra diferentes etapas de funcionamiento de un procedimiento de fabricación de una lente oftálmica, cuyas etapas ilustradas en las figuras 2 y 3, a saber, una etapa de fabricación aditiva de un elemento óptico intermedio y de una etapa de fabricación sustractiva por mecanizado por acabado superficial de una lente oftálmica a partir del elemento óptico intermedio;
- 50 - las figuras 5 y 6 son esquemas en bloques que muestran respectivamente la etapa de fabricación aditiva del elemento óptico intermedio y la etapa de fabricación por mecanizado por acabado superficial de la lente oftálmica; y
- la figura 7 representa esquemáticamente una etapa de fabricación de una lente oftálmica con la ayuda del sistema ilustrado en la figura 1.

55 Descripción detallada de un ejemplo de realización

La figura 1 ilustra un sistema de fabricación de una lente oftálmica, que comprende una máquina de fabricación aditiva 1, aquí una máquina de impresión tridimensional de control digital, y una máquina de fabricación sustractiva 21, por ejemplo, del tipo «free form» o «digital surfacing», aquí una máquina de mecanizado por torneado (o máquina de acabado superficial) igualmente de control digital.

El control digital designa el conjunto de materiales y programas de software que tienen particularmente por función dar instrucciones de movimiento a todos los órganos que comprenden las máquinas de fabricación aditiva 1 y de acabado superficial 21.

- 5 La máquina de fabricación aditiva 1 está aquí configurada para depositar por yuxtaposición, una pluralidad de elementos de volumen predeterminados que forman capas superpuestas (dicho de otro modo, en capa por capa), de al menos un material sobre un soporte de fabricación 12 para formar un elemento óptico intermedio 10.

Este elemento óptico intermedio 10 está configurado para formar una lente oftálmica blanco 30.

Cada elemento de volumen predeterminado está definido por una composición predeterminada y un tamaño predeterminado.

- 10 Como se trata aquí de fabricación aditiva y en particular de impresión tridimensional, se habla igualmente de elemento volumétrico, o de elemento de volumen, llamado también voxel (representativo de un pixel en tres dimensiones).

Este elemento óptico intermedio 10 está por consiguiente soportado por el soporte de fabricación 12.

- 15 Se apreciará que este soporte de fabricación 12 es un soporte predeterminado de la máquina de fabricación aditiva 1 y por consiguiente que sus características geométricas son conocidas y están reagrupadas en un archivo que es almacenado o cargado en una primera unidad de control y de comando 2 de la máquina de fabricación aditiva 1.

El soporte de fabricación 12 de la máquina de fabricación aditiva 1 comprende un cuerpo provisto de una superficie de fabricación que presenta una geometría global independiente o dependiente, para la totalidad o parte, de la geometría de al menos una superficie del objeto a realizar por fabricación aditiva.

- 20 El soporte de fabricación 12 puede ser amovible e incluso adaptarse a la máquina de fabricación sustractiva utilizada en complemento a la máquina de fabricación aditiva.

El conjunto de materiales y programas de software de la máquina de fabricación aditiva 1 está además configurado para dar instrucciones de movimiento, de manipulación y de control de materiales y de dispositivos de polimerización que comprende esta máquina.

- 25 La máquina de fabricación aditiva 1 comprende una boquilla o una rampa de boquillas 13 así como la primera unidad de control y de comando 2, la cual está provista de un sistema de tratamiento de datos que comprende un microprocesador 3 provisto de una memoria 4, particularmente no volátil, que le permite cargar y almacenar un programa de software, dicho de otro modo un programa de ordenador que, cuando se ejecuta en el microprocesador 3, permite la realización de un procedimiento de fabricación aditiva. Esta memoria no volátil 4 es por ejemplo de tipo ROM («*Read-Only Memory*» en inglés).

La primera unidad 2 comprende además una memoria 5, particularmente volátil, que permite memorizar datos durante la ejecución del programa de software y la realización del procedimiento de fabricación aditiva.

Esta memoria volátil 5 es por ejemplo de tipo RAM o EEPROM (respectivamente «*Random Access Memory*» y «*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*» en inglés).

- 35 La máquina de fabricación aditiva 1 comprende además una abertura 6, aquí acristalada, configurada para acceder al elemento óptico intermedio 10 fabricado de forma aditiva por esta máquina 1 en el soporte de fabricación 12 de esta última.

- 40 Se apreciará que para fabricar de forma aditiva el elemento óptico intermedio 10, se necesita conocer exactamente algunos parámetros de fabricación aditiva, tales como la velocidad de avance de la o de las boquillas 13, la energía y la fuente de energía utilizadas, aquí una fuente que emite en rayos ultravioleta para la máquina de impresión tridimensional pero podría tratarse de un láser en el caso de una máquina de estereolitografía o también de una energía de calentamiento en el caso de un depósito de hilo tensado llamado también de extrusión mediante hilo termoplástico.

- 45 Se necesita también conocer con precisión el o los materiales utilizados y su estado, aquí en forma de fotocopolímero líquido o de hilo de polímero termoplástico.

- 50 Se necesita también conocer con precisión la o las funciones ópticas simples o complejas prescritas a la lente oftálmica 30, función óptica que se caracteriza por una geometría definida en un archivo de fabricación característica de las propiedades ópticas simples o complejas de la lente oftálmica 30. Según una variante, se necesita también conocer los parámetros de personalización del portador, y/o los parámetros de la geometría de la montura expresa para recibir la lente oftálmica 30, para ajustar la función óptica de la lente oftálmica a sus condiciones de utilización finales.

El conocimiento de la función óptica, así como de algunos parámetros de personalización y/o de montura, permite conocer la envoltura geométrica requerida para la lente oftálmica 30 y, así, permite definir una envoltura externa

tridimensional A mínima para el elemento óptico intermedio 10. En efecto la envoltura externa tridimensional A mínima debe abarcar la lente oftálmica final, así como un sobreespesor Se por la totalidad o parte de la indicada lente oftálmica final.

5 Se recuerda que por función óptica de una lente o de un elemento óptico, se entiende la respuesta óptica de esta lente o de este elemento, es decir una función que define cualquier modificación de propagación y de transmisión de un haz óptico a través de la lente o el elemento óptico en cuestión, sea cual fuere la incidencia del haz óptico que entra y sea cual fuere la extensión geométrica de una dioptra de entrada iluminada por el haz óptico incidente.

10 Más precisamente, en el ámbito oftálmico, la función óptica se define como el reparto de las características de potencia del portador y de astigmatismo, de los desvíos prismáticos y de las aberraciones de orden superior asociadas con la lente o con el elemento óptico para el conjunto de las direcciones de la mirada de un portador de esta lente o de este elemento. Esto supone bien entendido la predeterminación del posicionamiento geométrico de la lente o del elemento óptico con relación al ojo del portador.

15 Se apreciará igualmente que la potencia portadora es una manera de calcular y de ajustar la potencia de la lente oftálmica, que se diferencia de la potencia del frontofocómetro. El cálculo en potencia del portador asegura que la potencia percibida por el portador (es decir la potencia del haz de luz que entra en el ojo), una vez la lente posicionada en la montura y llevada por el portador, corresponde a la potencia prescrita. En general, en cualquier punto del cristal, particularmente a nivel de los puntos de control de visión de lejos y de visión de cerca, para un cristal progresivo, la potencia medida con un frontofocómetro se diferencia de la potencia del portador. Sin embargo, la potencia del portador a nivel del centro óptico de una lente unifocal es generalmente próxima a la potencia observada con un frontofocómetro posicionado en este punto.

20 La máquina de fabricación sustractiva 21 está aquí configurada para mecanizar por aplicación de al menos una etapa seleccionada entre una etapa de desbaste, una etapa de acabado y una etapa de pulido, al menos la totalidad o parte del elemento óptico intermedio 10 fabricado de forma aditiva, para formar la lente oftálmica blanco 30. El elemento óptico intermedio 10 es llevado y mantenido en una posición predeterminada en un soporte de fabricación 32 de la máquina 21.

25 Se apreciará que este soporte de fabricación 32 es un soporte predeterminado de la máquina 21 y por consiguiente que sus características geométricas y geográficas son conocidas y reagrupadas en un archivo que es almacenado o cargado en una segunda unidad de control y de comando 22 de la máquina de fabricación sustractiva 21. El indicado soporte de fabricación puede de forma ventajosa ser realiza así mismo por fabricación de forma aditiva tal como se ha definido en el sentido de la invención.

30 La máquina 21 está así configurada para mecanizar la totalidad o parte de la superficie del elemento óptico intermedio 10, comprendido en el caso en que el elemento óptico intermedio presente una superficie de un cristal progresivo, que tenga además opcionalmente componentes tórico y prismático.

35 La máquina de fabricación sustractiva 21 comprende un husillo 33 que lleva una herramienta de corte (por ejemplo, una herramienta con diamante monocristalino), llamada herramienta de barrido (figura 7), así como la segunda unidad de control y de comando 22 que es similar a la primera unidad 2 de la máquina de fabricación aditiva 1.

La máquina de fabricación sustractiva puede comprender, en el mismo módulo o en otro módulo, medios para realizar un pulido flexible con el fin de pulir y alisar las asperezas y la rugosidad superficial presentes en la superficie del elemento óptico procedente de la etapa de mecanizado.

40 La máquina de fabricación sustractiva puede igualmente comprender, en el mismo módulo o en otro módulo, medios para realizar una etapa de desbaste, tal como por ejemplo una fresa.

Alternativamente, la máquina de fabricación sustractiva puede incluir solamente una máquina configurada para realizar un pulido flexible si la geometría del elemento óptico intermedio es tal que un pulido flexible sea suficiente para conducir a la geometría de la lente oftálmica final 30.

45 Alternativamente o además de la etapa de pulido flexible, una etapa de depósito de barniz alisador puede ser implementada con el fin de alisar las asperezas y la rugosidad superficial presentes en la superficie del elemento óptico procedente de la etapa de fabricación de forma sustractiva.

50 Esta segunda unidad 22 está así provista de un sistema de tratamiento de datos que comprende un microprocesador 23 provisto de una memoria 24, particularmente no volátil, que le permite cargar y almacenar un programa de software, dicho de otro modo un programa de ordenador, que, cuando se ejecuta en el microprocesador 23, permite la realización de un procedimiento de fabricación sustractiva, y más particularmente aquí una secuencia de al menos una etapa de mecanizado entre una etapa de acabado y una etapa de pulido. Esta memoria no volátil 24 es por ejemplo de tipo ROM («Read-Only Memory» en inglés).

55 El conjunto de materiales y programas de software de la máquina de fabricación aditiva 21 está además configurado para proporcionar instrucciones de movimiento y de manipulación de todos los órganos que comprende esta máquina y particularmente de su husillo 33.

La segunda unidad 22 comprende además una memoria 25, particularmente volátil, que permite memorizar datos durante la ejecución del programa de software y la realización del procedimiento de fabricación aditiva.

Esta memoria volátil 25 es por ejemplo de tipo RAM o EEPROM (respectivamente «*Random Access Memory*» y «*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*» en inglés).

5 La máquina de fabricación sustractiva 21 comprende además una abertura 26, aquí acristalada, configurada para acceder a la lente oftálmica blanco 30 fabricada de forma sustractiva por esta máquina 21 sobre el soporte de fabricación 32 de esta última.

10 Se apreciará que para fabricar de forma sustractiva la lente oftálmica blanco 30 a partir del elemento óptico intermedio 10, se necesita conocer con precisión algunos parámetros de desbaste, de acabado y/o de pulido, tales como por ejemplo la velocidad de rotación del elemento óptico intermedio, la velocidad de barrido, el número de barridos, la amplitud de barrido de la herramienta de barrido o las capacidades de alisado de la herramienta de pulido, tal como su frecuencia de corte por ejemplo.

La figura 2 muestra, esquemáticamente, diferentes etapas de un procedimiento de fabricación de la lente oftálmica blanco 30.

15 A la izquierda de la figura 2 se ha representado un elemento óptico intermedio 10, fabricado de forma aditiva, mientras que a la derecha de esta figura se ha representado la lente oftálmica blanco 30 fabricada de forma sustractiva a partir de este elemento óptico intermedio 10.

20 El elemento óptico intermedio 10 presenta un cuerpo provisto de una primera cara 15 que es aquí convexa, así como una segunda cara 16 que es aquí cóncava. Esta segunda cara 16, en este modo de realización aquí ilustrado, es cóncava ya que es la que se encuentra frente a la superficie de fabricación sobre la cual el elemento óptico intermedio 10 es fabricado de forma aditiva. En el marco de la invención, una construcción inversa consistente en tener una segunda cara 16 convexa, puede ser realizada. De igual modo, alternativamente la primera cara 15 puede presentar un perfil cóncavo. La mezcla de estas diferentes alternativas forma plenamente parte de la invención.

25 Este elemento óptico intermedio 10 comprende un borde periférico que une la primera cara 15 con la segunda cara 16.

En efecto, el elemento óptico intermedio 10 ha sido aquí fabricado directamente con un contorno adaptado a una forma de montura predeterminada en la cual la lente oftálmica blanco 30 está configurada para ser montada.

30 En otros modos de realización, el elemento óptico intermedio 10 puede tener un borde periférico que forma un contorno ligeramente diferente del deseado para la lente oftálmica blanco 30, por ejemplo, ligeramente menos importante o ligeramente más importante que un contorno configurado para ser introducido en la montura predeterminada, o comprendiendo extensiones para permitir un agarre o que puedan tener otra función. En el caso en que el elemento óptico intermedio 10 presente un borde periférico que forme un contorno más importante que un contorno del borde de la lente oftálmica blanco 30, entonces se comprenderá que este contorno complementario forma parte del sobreespesor Se realizado en la etapa de fabricación aditiva y que está definido en la etapa de determinación del valor de consigna de fabricación. En un caso aún más particular, el contorno del elemento óptico intermedio 10 es exactamente el deseado para la lente oftálmica blanco 30.

35 En un caso aún más particular, algunos al menos de los medios que permiten mantener la lente oftálmica blanco en una montura predeterminada son realizados en la etapa de fabricación aditiva. Estos medios pueden ser orificios para fijar monturas que necesitan cristales perforados, una ranura para recibir un hilo de tipo nylon para una montura de tipo "nylon", o un bisel con el fin de poder alojarse complementariamente con una montura de tipo cerrada.

40 Es en una de estas situaciones preferenciales que una etapa de fabricación sustractiva que comprende una etapa llamada de desbaste además de una etapa llamada de acabado o de pulido puede ser muy particularmente interesante económicamente: la posibilidad de fabricar una lente oftálmica blanco 10 que se encuentra ya en la forma conveniente para ser introducida en una montura predeterminada puede permitir reducir los riesgos de desalineamiento de los cristales que puede suceder en la etapa de afinado que puede ser realizada en la tienda o también eso puede permitir reducir las existencias de productos semiacabados actualmente necesarias.

45 El elemento óptico intermedio 18 está aquí formado por una pluralidad de elementos de volumen predeterminados que son yuxtapuestos y superpuestos para formar una pluralidad de capas superpuestas de material 18. Estos elementos de volumen predeterminados pueden tener una geometría y ser diferentes en volumen los unos con relación a los otros, como lo permita de forma usual la realización de dicho procedimiento de fabricación por forma aditiva. Estos elementos de volumen de la invención pueden igualmente estar constituidos del mismo material, o según una variante ventajosa pueden estar constituidos por al menos dos materiales diferentes bien sea por su índice de refracción, por ejemplo, o por su propiedad de abrasividad.

50 Así la utilización de al menos dos materiales que presentan índices de refracción diferentes será ventajosamente utilizada para aportar propiedades ópticas y funcionales optimizadas a la lente oftálmica blanco 30. La utilización de al menos dos materiales que presentan propiedades de abrasividad diferentes será particularmente interesante en la

determinación del valor de consigna de la etapa de fabricación aditiva, y permitirá particularmente optimizar el depósito de sobreespesor Se de materiales el más adaptado en función de la secuencia predeterminada para la realización de la etapa de fabricación sustractiva.

5 Esta pluralidad de capas superpuestas forma el cuerpo junto con la primera cara 15 y la segunda cara 16 de este elemento óptico intermedio 10.

Se observará que las capas superpuestas del primer material 18 presentan aquí longitudes diferentes con el fin de formar las primera y segunda caras 15 y 16 de este elemento óptico intermedio 10.

10 Se observará que algunas tecnologías de fabricación aditiva no tienen más que una noción relativa de “capas”, siendo entonces una capa un conjunto de voxels artificialmente depositados en un mismo paso de boquillas o de un mismo ocultamiento. Sin embargo, la enseñanza de la presente invención se transfiere fácilmente a estas tecnologías

15 Estas capas presentan aquí cada una un espesor sustancialmente constante en la longitud y todas presentan sustancialmente el mismo espesor. Se observará que algunas tecnologías de fabricación aditiva pueden prever capas con espesores variables a lo largo de la capa. Sin embargo, la enseñanza de la presente invención se transfiere fácilmente a estas tecnologías.

Se apreciará que este equi-espesor es aquí obtenido gracias al depósito controlado y comandado, por la boquilla o la rampa de boquillas 13 de la máquina de fabricación aditiva 1, de una cantidad determinada de elementos de volumen predeterminados para cada capa superpuesta del material 18.

20 Se apreciará que el material 18 es aquí un polímero acrílico y más precisamente un fotopolímero, por ejemplo, un fotopolímero tal como el producto comercializado por lo Sociedad OBJET Ltd, bajo la marca VeroClear™.

25 Se apreciará que la fabricación aditiva del elemento óptico intermedio 10 puede necesitar, además del depósito de la pluralidad de capas sucesivas y superpuestas, una o varias etapas de foto-polimerización. Las etapas de foto-polimerizaciones pueden tener lugar en el depósito de cada elemento de volumen, de forma global después del paso de la boquilla y/o de la rampa de boquillas o después del depósito de cada capa de material. Se apreciará por otro lado, como se verá a continuación más en detalle, que la polimerización del elemento óptico intermedio 10 puede no estar completamente terminada al final de la etapa de fabricación aditiva de este elemento óptico intermedio 10.

El cuerpo del elemento óptico intermedio 10 comprende dos sobreespesores 8 previstos a uno y otro lado del cuerpo a nivel respectivamente de las primera y segunda caras 15 y 16.

30 La geometría del elemento óptico intermedio 10, en el modo ilustrado aquí, está concebida con el fin de tener, para al menos una cara, un sobreespesor Se que cubra el conjunto de la cara 15, con relación a la envoltura geométrica de la lente oftálmica blanco 30. Este sobreespesor Se está definido en la invención como la distancia entre la superficie de la envoltura geométrica de la lente oftálmica blanco y una superficie “interior” del elemento óptico intermedio, es decir en particular una superficie definida por los puntos de cada capa de la superficie del elemento óptico intermedio los más próximos localmente de la superficie de la lente oftálmica final.

35 Así, localmente, el sobreespesor Se varía al menos en la unión de voxels próximos, o al nivel de “saltos de escalones” entre dos estratos o capas superpuestas

40 Además, el sobreespesor Se no tiene necesariamente un valor constante en cualquier punto con relación a la envoltura geométrica de la lente oftálmica blanco 30. En particular, en algunos puntos del elemento óptico intermedio 10 el sobreespesor puede estar comprendido en el intervalo [30 μm, 50 μm] y en otros puntos, el sobreespesor puede estar comprendido en el intervalo [100 μm, 500 μm] o incluso alcanzar localmente de 1 a 2 mm.

Sin embargo, de preferencia en el conjunto del elemento óptico intermedio 10, el sobreespesor Se está comprendido en el intervalo [1 μm, 2000 μm]. De preferencia, el sobreespesor medio en el conjunto de la lente puede estar comprendido en el intervalo [10 μm, 1000 μm], preferentemente en el intervalo [30 μm, 500 μm]. Preferentemente el sobreespesor está comprendido en el intervalo [10 μm, 1000 μm], preferentemente en el intervalo [30 μm, 500 μm].

45 Se observará que en el cuerpo del elemento óptico intermedio 10 están representadas dos líneas de trazo interrumpido y dos líneas continuas que siguen cada una sustancialmente la forma, en sección, de las primera y segunda caras 15 y 16 del elemento óptico intermedio 10.

Las líneas continuas y de trazo interrumpido dispuestas cerca de una cara respectiva están situadas a distancia una de la otra, cuya distancia corresponde al sobreespesor 8 (Se) respectivo.

50 Se apreciará que las líneas continuas definen la geometría llamada blanco de la lente oftálmica blanco 30 a fabricar mientras que las líneas de trazo discontinuo definen la geometría del elemento óptico intermedio 10 a fabricar.

La geometría del elemento óptico intermedio 10 a fabricar de forma aditiva se determina en función de la secuencia predeterminada de al menos una etapa de eliminación de material, llamada etapa de mecanizado seleccionada entre una etapa llamada de desbaste, una etapa llamada de acabado y/o una etapa llamada de pulido.

5 En la figura 2, los sobreespesores 8 aportados a las primera y segunda caras 15 y 16, que están también referenciados Se, son cada uno igual a la suma de dos espesores determinados, referenciados e_1 y e_2 (ver la vista de detalle en la figura 2), los cuales corresponden respectivamente a un espesor de materia eliminada en el transcurso de una de las etapas de eliminación de material de la secuencia predeterminada.

10 En otras palabras, el elemento óptico intermedio 10, en el caso ilustrativo, es fabricado de forma que presente una geometría determinada, con dos sobreespesores 8 determinados, para seguidamente experimentar dos etapas de eliminación de material, una primera etapa de acabado realizada por la máquina de mecanizado 21, con una primera herramienta, y configurada para eliminar el espesor e_1 en cada una de las primera y segunda caras 15 y 16 del elemento 10, así como una segunda etapa de pulido realizada igualmente por la máquina de mecanizado 21, con una segunda herramienta diferente de la primera herramienta, y configurada para eliminar el espesor e_2 en cada una de las primera y segunda caras 15 y 16 del elemento 10.

15 Se apreciará que los sobreespesores 8 están aquí comprendidos en un intervalo de valores aproximadamente igual a [50 μm , 600 μm] , que el espesor e_1 (llamado primer espesor determinado) de eliminación de material está aquí comprendido en un intervalo de valores aproximadamente igual a [40 μm , 500 μm] y que el espesor e_2 (llamado segundo espesor determinado) de eliminación de material está aquí comprendido en un intervalo de valores de aproximadamente igual a [10 μm , 100 μm].

20 La realización de estas dos etapas de mecanizado por acabado superficial que son la primera etapa de acabado y la segunda etapa de pulido, en el elemento óptico intermedio 10, permite obtener la lente oftálmica blanco 30 ilustrada, en sección, a la derecha en la figura 2.

La lente oftálmica blanco 30 así fabricada comprende un cuerpo que presenta una superficie delantera 35 y una cara trasera 36 opuesta a la cara delantera 35, y un contorno aquí idéntico al del elemento óptico intermedio 10.

25 En efecto, el elemento óptico intermedio 10 ha sido aquí fabricado directamente con un contorno adaptado a una forma de montura predeterminada en la cual la lente oftálmica blanco 30 está configurada para ser montada.

La lente oftálmica blanco 30 presenta además la función óptica, aquí compleja, que le está prescrita.

30 La figura 3 muestra, esquemáticamente, diferentes etapas de un procedimiento de fabricación de la lente oftálmica blanco 30, según una secuencia predeterminada de al menos una etapa de fabricación sustractiva, distinta de la que permite fabricar, primero el elemento óptico intermedio 10 y luego la lente oftálmica blanco 30, representados en la figura 2.

A la izquierda de la figura 3 está representado el elemento óptico intermedio 10, fabricado de forma aditiva, mientras que a la derecha de esta figura está representada la lente oftálmica blanco 30 fabricada de forma sustractiva a partir de este elemento óptico intermedio 10.

35 Aquí, el elemento óptico intermedio 10 es similar al ilustrado a la izquierda en la figura 2, con excepción de los sobreespesores 9 que presenta a nivel de sus primera y segunda caras 15 y 16, cuyos sobreespesores 9 están determinados para una eliminación de material en el transcurso de una sola etapa de pulido.

40 La línea continua (representativa de la geometría llamada blanco de la lente oftálmica blanco 30 a fabricar) y la línea de trazos discontinuos (representativa de la geometría del elemento óptico intermedio 10 a fabricar) están por consiguiente situadas a una distancia una de la otra que corresponde al sobreespesor 9 respectivo, también referenciados Se. Los sobreespesores 9 son cada uno igual a un espesor determinado, referenciado e_3 (ver la vista de detalle en la figura 3).

45 En otras palabras, el elemento óptico intermedio 10 es fabricado de forma que presente una geometría determinada, con dos sobreespesores 9 determinados, para seguidamente experimentar una única etapa de pulido realizada por la máquina de mecanizado 21, con una tercera herramienta y configurada para eliminar el espesor e_3 en cada una de las primera y segunda caras 15 y 16 del elemento 10.

50 Se apreciará que los sobreespesores 9 y el espesor e_3 (llamado tercer espesor determinado) de eliminación de material son aquí similares y comprendidos en un intervalo de valores de aproximadamente igual a [10 μm , 150 μm]. Estos sobreespesores e_3 no son necesariamente idénticos en cada una de las dos caras del elemento óptico intermedio (10).

Se apreciará además que esta etapa necesita que la geometría del elemento óptico intermedio permita conducir mediante una única etapa de pulido a la geometría deseada de la lente oftálmica blanco 30.

La realización de esta única etapa de fabricación de forma sustractiva sobre el elemento óptico intermedio 10 permite obtener la lente oftálmica blanco 30 ilustrada, en sección, a la derecha en la figura 3, la cual presenta la función óptica, aquí compleja, que le está prescrita.

5 Se describirá ahora con más detalle en referencia a las figuras 4 a 6 un procedimiento de fabricación de esta lente oftálmica blanco 30.

El procedimiento de fabricación comprende la etapa 100 de fabricar de forma aditiva el elemento óptico intermedio 10 con la máquinas de fabricación aditiva 1, según una geometría determinada.

El procedimiento comprende opcionalmente la etapa 200 de irradiar el elemento óptico intermedio 10 obtenido. Esta etapa 200 consiste en terminar la polimerización del elemento óptico intermedio 10.

10 El procedimiento comprende además la etapa 300 de fabricar de forma sustractiva según una secuencia predeterminada de al menos una etapa de acabado superficial de la lente oftálmica 30 a partir del elemento óptico intermedio 10, con la máquina de mecanizado 21.

15 El procedimiento comprende opcionalmente la etapa 400 de tratar la cara delantera y/o la cara trasera de la lente oftálmica así obtenida por fabricación aditiva y luego sustractiva, para añadir en ella uno o varios revestimientos predeterminados, por ejemplo, un anti-vaho y/o un anti-reflejos y/o un tinte y/o un revestimiento fotocromático y/o anti-rayados, etc.

20 La figura 5 ilustra las etapas del procedimiento de fabricación y más exactamente las etapas para la determinación de un valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio 10 con miras a su fabricación aditiva gracias a la máquina de fabricación aditiva 1 ilustrada en la figura 1; y por consiguiente con miras al suministro de este elemento óptico intermedio 10 para una de las etapas 200 y 300 del procedimiento ilustrado en la figura 4.

La unidad de control y de comando 2 (llamada primera unidad) de la máquina de fabricación aditiva 1 está configurada para recibir en la etapa 101 un archivo que comprende valores de prescripción de un portador de la lente oftálmica 30 a fabricar.

Estos valores de prescripción del portador son generalmente expresados en dioptrías (D).

25 La primera unidad 2 está además configurada para recibir en la etapa 102 datos complementarios de porte y de personalización, relacionados a la vez con el portador, en una montura prevista para recibir la lente oftálmica 30 y con la prescripción.

30 Se apreciará que estos datos complementarios de porte y de personalización corresponden por ejemplo a valores geométricos que caracterizan particularmente la montura y el comportamiento visual del portador. Puede tratarse por ejemplo de una distancia entre el ojo y la lente y/o de una posición del centro de rotación del ojo, y/o de un coeficiente ojo-cabeza, y/o de un ángulo pantoscópico y/o de un perfilado de la montura y/o del contorno de la montura.

35 La primera unidad 2 está configurada para determinar en la etapa 103 una función óptica correctora adaptada al portador a partir de los valores de prescripción del portador y de los datos complementarios de porte y de personalización recibidos en las etapas respectivas 101 y 102, y en función del posicionamiento geométrico de la lente 30 con relación al ojo del portador.

Esta función óptica correctora adaptada al portador corresponde a la función óptica blanco de la lente oftálmica 30 a fabricar.

40 Se apreciará que la determinación de la función óptica correctora adaptada al portador puede ser realizada por ejemplo con la ayuda de un programa de software trazado de radios, el cual permite determinar la potencia portadora y el astigmatismo resultante de la lente en las condiciones de porte de esta última. Una optimización puede ser realizada siguiendo métodos de optimización óptica bien conocidos.

45 Se apreciará igualmente que la etapa 102 es opcional y por consiguiente que la función óptica correctora adaptada al portador puede ser determinada por la primera unidad 2 en la etapa 103, solamente a partir de los valores de prescripción recibidos en la etapa 101, y en función del posicionamiento geométrico de la lente oftálmica 30 con relación al ojo del portador.

La primera unidad 2 está configurada para generar en la etapa 104 un archivo llamado «función óptica» que caracteriza esta función óptica correctora adaptada al portador determinada en la etapa 103.

50 Se apreciará que este archivo «función óptica» es un archivo llamado de superficie que está provisto por ejemplo de características geométricas en forma de coordenadas x , y , z , θ , en un número finito de puntos, o de una función de superficie $z = f(x,y)$ que definen cada cara, de características relacionadas con un índice de refracción, de diversas distancias y ángulos tales como los mencionados más arriba.

Se apreciará que la función óptica correctora adaptada al portador puede, en lugar de ser determinada por la primera unidad 2 en la etapa 103, ser directamente recibida por esta primera unidad 2 en forma de dicho archivo.

5 La primera unidad 2 está configurada para determinar, en la etapa 105, características geométricas blanco de la lente oftálmica 30 a fabricar, a partir del archivo «función óptica» generado en la etapa 104 y a partir de los datos complementarios de porte y de personalización recibidos en la etapa 102, y en particular los relacionados con la montura prevista para recibir la lente oftálmica 30.

La primera unidad 2 está configurada para generar en la etapa 106 un archivo llamado «geometría blanco» que caracteriza las características geométricas de la lente oftálmica 30 a fabricar, determinadas en la etapa 105.

10 Se apreciará que este archivo «geometría blanco» es igualmente un archivo llamado de superficie que está provisto por ejemplo de características geométricas bajo las coordenadas x , y , z , θ , en un número finito de puntos, o de una función de superficie $z = f(x,y)$ que define cada cara, de características relacionadas con un índice de refracción, de diversas distancias y ángulos tales como los mencionados más arriba. El archivo «geometría blanco» es representativo de hecho a la vez de la función óptica y de la geometría a aportar a la lente oftálmica 30.

15 La primera unidad 2 está además configurada para recibir en la etapa 107 un archivo que comprende datos de mecanizado por mecanizado por acabado superficial con la máquina de fabricación sustractiva 21. Estos datos se refieren por una parte a la elección de la secuencia predeterminada de al menos una etapa de fabricación sustractiva, y por otra parte a parámetros intrínsecos a la máquina y a la herramienta de corte. Puede también tratarse, por ejemplo, para la máquina, de parámetros de alisado y/o pulido mencionados anteriormente, tales como la velocidad de rotación, la velocidad de barrido, el número de barridos, la amplitud de barrido del útil de barrido, y, para la herramienta, el diámetro de pupila.

20 Se apreciará que la primera unidad 2 está además configurada para recibir (etapa no representada) un archivo que comprende características relacionadas con el índice de refracción del material 18 utilizado para la fabricación aditiva del elemento óptico intermedio 10.

25 Se apreciará igualmente que la primera unidad 2 está configurada para determinar, opcionalmente, una contracción dimensional, así como una variación de índice del elemento óptico intermedio 10. Se trata aquí de evoluciones posibles ulteriores, por una parte, del índice de refracción del material 18 en el cual es fabricado el elemento óptico intermedio 10 y, por otra parte, de la geometría (contracción dimensional) del elemento óptico intermedio 10.

30 Se apreciará igualmente que la primera unidad 2 está configurada para determinar, opcionalmente, una modificación curva global que puede aparecer, por ejemplo, durante la etapa de pulido, por deformación plástica o por compresión de la lente en curso de pulido bajo la influencia de la herramienta de pulido.

35 La primera unidad 2 está configurada para determinar en la etapa 108 el o los sobreespesores 8, 9 (Se) a aportar al elemento óptico intermedio 10 a partir de las características y valores generados o recibidos en los archivos al menos en las etapas 106 y 107, respectivamente relacionados con la geometría blanco de la lente oftálmica 30 a fabricar, a los datos de mecanizado por acabado superficial recibidos en función de la elección realizada de la secuencia de al menos una etapa entre una etapa de mecanizado y de pulido, y a partir del valor del índice del material de fabricación del elemento óptico intermedio 10 y de las características relacionadas con una eventual contracción dimensional así como a una eventual variación de índice del elemento óptico intermedio 10.

40 La primera unidad 2 está configurada para deducir en la etapa 109 características geométricas del elemento óptico intermedio 10 para fabricar a partir del o de los valores de sobreespesores 8, 9 determinados en la etapa 109, tomados en combinación con el archivo «geometría blanco» generado en la etapa 106.

Se apreciará que estas características geométricas del elemento óptico intermedio 10 son así deducidas de forma que el o los sobreespesores sean representativos de la diferencia de geometría entre la geometría blanco de la lente oftálmica 30 y la geometría del elemento óptico intermedio 10.

45 La primera unidad 2 está además configurada para generar un archivo en la etapa 110 que caracteriza las características geométricas del elemento óptico intermedio 10 deducidas en la etapa 109 y representativas de la geometría deseada, la cual toma en consideración la secuencia predeterminada de al menos una etapa de fabricación sustractiva.

50 Se apreciará que este archivo es igualmente un archivo llamado de superficie que está provisto por ejemplo de características geométricas en forma de coordenadas x , y , z , θ o de una función de superficie $z = f(x,y)$ que define cada cara, en un número finito de puntos, de características relacionadas con un índice de refracción, de diversas distancias y ángulos tales como los mencionados más arriba.

Dicho de otro modo, este archivo llamado de superficie refleja una descripción de la geometría deseada de este elemento óptico intermedio 10 a fabricar, con en la práctica, una disposición determinada de los elementos de volumen predeterminados del o de los materiales.

Se apreciará que la geometría del elemento óptico intermedio 10 es determinada de forma que esté directamente adaptadas al contorno de la montura en la cual la lente 30 es configurada para ser montada. En variante, el contorno del elemento 10 definido en este archivo no corresponde al contorno de la montura y una operación de afinado es necesaria.

- 5 La primera unidad 2 está además configurada para determinar en la etapa 113 el valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio 10, a partir de las características que comprende el archivo generado en la etapa 110 relacionado con la geometría del elemento óptico intermedio 10.

10 La primera unidad 2 está configurada para generar en la etapa 114 el archivo de fabricación correspondiente al valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio 10 sobre el soporte de fabricación 12 de la máquina de fabricación aditiva 1 (en un punto de referencia conocido de esta máquina).

15 Este archivo «consigna» es similar al archivo de geometría del elemento óptico intermedio 10 generado en la etapa 110, solo que refleja una descripción transcrita de la geometría deseada de este elemento óptico intermedio 10 a fabricar, con en la práctica, una disposición de los elementos de volumen predeterminados del o de los materiales; incluyendo una orientación angular determinada del elemento óptico intermedio 10 sobre el soporte de fabricación 12 para su fabricación y modificaciones relacionadas con una eventual contracción dimensional así como una eventual variación de índice del elemento óptico intermedio 10.

20 Se observará que opcionalmente, la primera unidad 2 está configurada para comprobar en la etapa 111 la factibilidad de la lente oftálmica 30 a fabricar en la máquina de mecanizado por mecanizado por acabado superficial 21, a partir de las características que comprende el archivo generado en la etapa 110 relacionado con la geometría del elemento óptico intermedio 10 y a partir de datos relacionados con la máquina de mecanizado por acabado superficial 21 recibidas en la etapa 107 y en particular relacionadas con el diámetro de la pupila de la pupila de la herramienta de alisado y/o pulido de esta máquina 21.

25 La figura 7 ilustra un detalle del elemento óptico intermedio 10 representado en la figura 2, a nivel de su primera cara (no representada) y una herramienta de alisado y/o pulido 40 cuya pupila 41 presenta una superficie de ataque de diámetro predeterminado, por ejemplo 1 mm o 2 mm.

En este detalle se representan parcialmente cinco capas superpuestas de material 18, de las cuales se aprecian los extremos a nivel de la primera cara. Entre dos capas inmediatamente superpuestas de las cuales el espesor (o la altura) h (h_1 , h_2) es predeterminada, está formado un escalón de longitud λ (λ_1 , λ_2). Aquí, la altura y la longitud de los dos escalones están representadas, respectivamente h_1 y λ_1 y h_2 y λ_2 .

30 En un primer caso donde el diámetro de pupila 41 es superior o igual a la longitud λ de escalón y cuando la altura h de escalón se encuentra en un intervalo de valores predeterminado, por ejemplo aproximadamente igual a [1 μm ; 50 μm], entonces la pupila 41 de la herramienta 40 es capaz de eliminar material (acabar y/o pulir) de la superficie del elemento óptico intermedio 10 con el fin de suprimir estos escalones y proporcionar una rugosidad de calidad óptica, proporcionando la geometría y la función óptica deseadas a la lente oftálmica 30.

35 En un segundo caso donde el diámetro de pupila 41 es inferior a la longitud λ de escalón y/o cuando la altura h de escalón no se encuentra en un intervalo de valores predeterminado, por ejemplo, aproximadamente igual a [1 μm ; 50 μm], entonces la pupila 34 de la herramienta 40 puede por ejemplo dejar algunas trazas de los escalones y/o no proporcionar la geometría y la función óptica deseadas a la lente oftálmica 30.

40 La primera unidad 2 está configurada para realizar estas comprobaciones y decidir, en el primer caso, continuar el procedimiento con la etapa 113 de determinación del valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio 10 y, en el segundo caso, realizar una corrección de la geometría del elemento óptico intermedio 10.

45 La primera unidad 2 está así configurada, bien sea para realizar directamente una corrección del o de los sobreespesores durante la etapa 108, o para determinar en la etapa 112 una corrección de la orientación angular de l elemento óptico intermedio 10 en y con relación al soporte de fabricación 12 de la máquina de fabricación aditiva 1, con la etapa 112 que es sustituida por una corrección, o no, del o de los sobreespesores en la etapa 108.

50 Se apreciará que la corrección de la orientación angular del elemento óptico intermedio 10 para su fabricación permite particularmente influir en la longitud λ de los escalones mientras que la corrección del o de los sobreespesores es representativa del aporte voluntario de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de material 18 particularmente sobre los escalones cuya longitud λ es superior al diámetro de la pupila 41 para reducir su longitud, incluso el aporte voluntario de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de material 18 particularmente para tapar al menos parcialmente algunos escalones y así reducir su altura.

La primera unidad 2 puede igualmente ser configurada para lanzar en la etapa 115 la fabricación aditiva del elemento óptico intermedio 10 sobre el soporte de fabricación 12 en la máquina de fabricación aditiva 1, sobre la base de las características del archivo de fabricación generado en la etapa 114.

55 Esta primera unidad de control y de comando 2 está por consiguiente configurada para ejecutar un programa de software para la realización de diferentes etapas del procedimiento de fabricación de la lente oftálmica, utilizando

para ello los parámetros recibidos, con el fin de determinar el valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio 10, incluso de realizarlo.

5 La figura 6 ilustra las etapas del procedimiento de fabricación y más precisamente las etapas para la determinación de un valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica 30 con miras a su fabricación sustractiva gracias a la máquina de fabricación sustractiva 21 ilustrada en la figura 1, a partir del elemento óptico intermedio 10 obtenido por fabricación aditiva.

La unidad de control y de comando 22 (llamada segunda unidad) de la máquina de fabricación sustractiva 21 está configurada para recibir en la etapa 301 el archivo «geometría blanco» generado en la etapa 106 y representativo de la geometría de la lente oftálmica.

10 La segunda unidad 22 está además configurada para recibir en la etapa 302 el archivo que caracteriza la geometría del elemento óptico intermedio 10 fabricado de forma aditiva y generado en la etapa 110.

La segunda unidad 22 está además configurada para determinar en la etapa 303 el valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica 30, a partir de las características geométricas que comprenden los archivos generados respectivamente en las etapas 106 y 110 y recibidos en las etapas 301 y 302.

15 La segunda unidad 22 está configurada para generar en la etapa 304 el archivo de fabricación correspondiente al valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica 30 a partir del elemento óptico intermedio 10, sobre el soporte de fabricación 32 de la máquina de mecanizado 21 (en una marcación conocida de esta máquina).

20 Este archivo «consigna» es representativo del mecanizado por torneado (o mecanizado por acabado superficial) que es a realizar sobre el elemento óptico intermedio 10 obtenido por fabricación aditiva para obtener la lente oftálmica 30 en su geometría determinada previamente.

La segunda unidad 22 puede igualmente ser configurada para lanzar en la etapa 305 el alisado de al menos una cara 15, 16 del elemento óptico intermedio 10 obtenido sobre el soporte de fabricación 32 en la máquina de mecanizado, con una primera herramienta predeterminada, sobre la base de las características del archivo de fabricación generado en la etapa 304, con el fin de eliminar el primer espesor de material determinado e_1 .

25 La segunda unidad 22 puede además ser configurada para lanzar en la etapa 306 el pulido de al menos una cara 15, 16 del elemento óptico intermedio 10 alisado en la etapa 305, sobre el soporte de fabricación 32 en la máquina de mecanizado, con una segunda herramienta predeterminada, sobre la base de las características del archivo de fabricación generado en la etapa 304, con el fin de eliminar el segundo espesor de material determinado e_2 .

30 Las etapas 305 y 306 corresponden por consiguiente a una primera secuencia predeterminada de dos etapas de mecanizado por acabado superficial.

35 La segunda unidad 22 puede en variante ser configurada para lanzar en la etapa 307 (sustituyendo las etapas 305 y 306) un único pulido de al menos una cara 15, 16 del elemento óptico intermedio 10 obtenido sobre el soporte de fabricación 32 en la máquina de mecanizado, con una tercera herramienta predeterminada, sobre la base de las características del archivo de fabricación generado en la etapa 304, con el fin de eliminar el tercer espesor de material determinado e_3 .

La etapa 307 corresponde por consiguiente a una segunda secuencia predeterminada de una sola etapa de pulido.

40 Esta segunda unidad de control y de comando 22 está por consiguiente configurada para ejecutar un programa de software para la realización de diferentes etapas del procedimiento de fabricación de la lente oftálmica 30, utilizando los parámetros recibidos, con el fin de determinar el valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica 30, incluso de realizarla a partir del elemento óptico intermedio 10 según una secuencia predeterminada.

En una variante no ilustrada, una interfaz de comunicación cliente-servidor comprende un lado llamado proveedor y otro lado llamado cliente, comunicándose estos dos lados por medio de una red, por ejemplo, del tipo internet.

45 El lado proveedor comprende un servidor conectado con unidades de control y de comando del mismo tipo que las de la figura 1, pero esta vez no integradas en un sistema de fabricación y en particular en las máquinas de fabricación aditiva y de mecanizado mediante mecanizado por acabado superficial, estando este servidor configurado para comunicarse con la interfaz internet.

El lado del cliente está configurado para comunicarse con la interfaz internet, y está conectado con una o varias unidades de control y de comando del mismo tipo que las del lado proveedor.

50 Además, la o las unidades por el lado del cliente están conectadas con una máquina de fabricación aditiva del mismo tipo que la de la figura 1 para fabricar el elemento óptico intermedio y con al menos una máquina de mecanizado por mecanizado por acabado superficial para fabricar la lente oftálmica a partir del elemento óptico intermedio.

La o las unidades por el lado del cliente están configuradas para recibir los archivos de datos que corresponden a las etapas 101, 102 y 107, y los datos característicos del material utilizado.

5 La o las unidades por el lado del cliente envían por mediación de la interfaz internet y del servidor estos datos a la o a las unidades por el lado del proveedor para la determinación del valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio y para la determinación del valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica.

La o las unidades por el lado del proveedor ejecutan por medio de su sistema de tratamiento de datos el programa de ordenado que contiene para realizar el procedimiento de fabricación y así deducir por una parte el valor de consigna de fabricación para fabricar el elemento óptico intermedio y por otra parte el valor de consigna de fabricación para fabricar la lente oftálmica.

10 La o las unidades por el lado proveedor envían, por mediación del servidor y de la red, un archivo representativo del valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio y un archivo representativo del valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica determinados, a la o a las unidades de control y de comando por el lado del cliente.

15 La o las unidades por el lado del cliente están configuradas para ejecutar un programa de software para la realización del procedimiento de fabricación de la lente oftálmica, utilizando los parámetros recibidos, con el fin de realizar el elemento óptico intermedio y luego la lente oftálmica.

En variantes no ilustradas:

- el sistema de fabricación solo comprende una y misma máquina en la cual están integrados los dispositivos de fabricación aditiva y de mecanizado por acabado superficial;
- 20 - la pluralidad de elementos de volumen predeterminados yuxtapuestos y superpuestos forma capas superpuestas que presentan cada una un espesor constante o variable sobre la extensión y/o que presentan todas el mismo espesor o no;
- el material es por ejemplo un material transparente depositado por estereolitografía, siendo este material por ejemplo un polímero epoxi comercializado por la Sociedad 3D SYSTEMS bajo la marca Accura® ClearVue;
- 25 - el material es un fotopolímero que comprende una o varias familias de moléculas con una o varias funciones acrílicas, metacrílicas, acrilatos, metacrilatos, una familia de moléculas con una o varias funciones epoxi, tioepoxi, tiol-eno, una familia de moléculas con una o varias funciones vinilo éter, vinilo caprolactama, vinilpirrolidona, una familia de material de tipo hiper-ramificada, de tipo híbrido orgánico/inorgánico, o una combinación de estas funciones; las funciones químicas mencionadas que pueden ser llevadas por monómeros u oligómeros o una combinación de monómeros y oligómeros;
- 30 - el material puede comprender al menos un foto-iniciador;
- el material puede comprender coloides, en particular partículas coloidales con dimensiones por ejemplo inferiores a las longitudes de onda visibles, tales como por ejemplo las partículas coloidales de óxido de Sílice SiO₂ o partículas coloidales de óxido de Zirconio ZrO₂;
- 35 - el material puede comprender, en al menos algunos de los elementos de volumen predeterminados, un pigmento o un colorante, por ejemplo, un colorante que pertenece a las familias de los azo, o rodaminas, o cianinas, o polimetinas, o merocianinas, o fluoresceínas, o pirilio, o ftalocianinas, o perilenos, o benzantronas, o antrapirimidinas o antrapiridonas, o también un colorante provisto de complejos metálicos tales como quelatos o criptatos de tierras raras;
- 40 - el elemento óptico intermedio está realizado en otros materiales tales como el policarbonato, el polimetil(met)acilato, la poliamida o polímeros tiouretanos o episulfuros, siendo estos materiales bien conocidos del experto en la materia en el ámbito de las lentes oftálmicas;
- el procedimiento comprende además una o varias otras etapas de fabricación, por ejemplo, una etapa de afinado y/o una etapa de marcado para formar marcas llamadas temporales;
- 45 - el soporte de fabricación aditiva presenta una superficie de fabricación en la cual el elemento óptico intermedio es fabricado de forma aditiva, cuya superficie de fabricación es al menos parcialmente plana y/o al menos parcialmente esférica;
- el procedimiento de fabricación comprende una etapa suplementaria de irradiación térmica, y/o una etapa suplementaria de irradiación actínica, tales como, por ejemplo, en las longitudes de ondas del espectro de las radiaciones ultravioleta, incluso ninguna etapa de irradiación;
- 50 - el procedimiento de fabricación comprende una etapa donde se toma en cuenta de la variación de índice del material del elemento óptico intermedio puede realizarse en forma de un bucle de optimización iterativa según procedimientos de optimización conocidos;
- el material del elemento óptico intermedio comprende opcionalmente uno o varios colorantes, y/o nanopartículas configuradas para modificar su transmisión óptica y/o su aspecto, y/o nanopartículas o aditivos configurados para modificar sus propiedades mecánicas;
- 55 - la máquina de fabricación aditiva no es una máquina de impresión tridimensional sino más bien una máquina de estereolitografía, (SLA para «Stereolithography Apparatus» en inglés) o una máquina de extrusión por hilo termoplástico, también llamada máquina de depósito de hilo tensado (FDM para «Fused Deposition Modeling» en inglés);
- 60

- al menos una unidad de control y de comando comprende un microcontrolador en lugar del microprocesador;
 - la interfaz de comunicación cliente-servidor comprende dispositivos configurados para transferir el valor de consigna de fabricación del elemento óptico intermedio y el valor de consigna de fabricación de la lente oftálmica determinados por un programa de ordenador, el cual comprende instrucciones configuradas para realizar cada una de las etapas del procedimiento de fabricación descrito anteriormente cuando este programa de ordenador es ejecutado en al menos una unidad de control y de comando que comprende elementos sistémicos configurados para ejecutar el indicado programa de ordenador;
 - la interfaz de comunicación permite la comunicación por medio de otros medios que la red de internet, por ejemplo, por medio de una red intranet o una red privada de seguridad; y/o
 - la interfaz de comunicación permite transferir el conjunto del programa de ordenador a un sistema de tratamiento de datos distante para la realización del procedimiento de fabricación en otro sistema de fabricación provisto de una máquina de fabricación aditiva y de al menos una máquina de acabado superficial y opcionalmente en una o varias otras máquinas de tratamiento.
- 15 Se recuerda más generalmente que la invención no se limita a los ejemplos descritos y representados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de una lente oftálmica que presenta al menos una función óptica, caracterizado por que comprende las etapas siguientes:

5 - fabricar de forma aditiva (100), utilizando un procedimiento de impresión tridimensional, o de estereolitografía, o de estereolitografía por proyección de máscara, o de sinterizado o de fusión selectiva por láser, o de extrusión por hilo termoplástico, un elemento óptico intermedio (10) mediante el depósito de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de al menos un material con un índice de refracción predeterminado, comprendiendo el indicado elemento óptico intermedio una lente oftálmica blanco (30) adjunta a un sobreespesor (Se) constituido por una parte por la indicada pluralidad de elementos de volumen; y

10 - posteriormente a la indicada etapa de fabricación aditiva, fabricar de forma sustractiva (300) por mecanizado de la indicada lente oftálmica blanco (30) a partir de dicho elemento óptico intermedio (10), siendo el mecanizado realizado según una secuencia predeterminada, de al menos una etapa, permitiendo la indicada secuencia predeterminada sustraer el indicado sobreespesor;

15 con la indicada etapa de fabricar de forma aditiva (100) que comprende una etapa de determinar un valor de consigna de fabricación (113) de dicho elemento óptico intermedio (10) en el cual el indicado sobreespesor (Se) se determina en función de la indicada secuencia predeterminada definida en la etapa de fabricar de forma sustractiva (300).

20 **2.** Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que al sobreespesor (Se), generado durante la etapa de fabricación de forma aditiva (100) que conduce al elemento óptico intermedio (10) y luego sustraído durante la etapa de fabricación de forma sustractiva (300) que conduce a la lente oftálmica blanco (30), está comprendido entre 1 µm y 1000 µm ambos inclusive, preferentemente comprendido entre 30 µm y 1000 µm ambos inclusive.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la indicada secuencia predeterminada comprende al menos una etapa seleccionada entre una etapa de desbaste, una etapa de acabado, y una etapa de pulido, sola o en combinación.

25 **4.** Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que la indicada secuencia predeterminada es seleccionada entre:

30 - una etapa de desbaste realizada sobre el elemento óptico intermedio (10) que conduce a un elemento óptico intermedio de estado 2, seguida de una etapa de acabado realizada sobre el indicado elemento óptico intermedio de estado 2 que conduce a un elemento óptico intermedio de estado 3, seguida de una etapa de pulido realizada sobre el indicado elemento óptico intermedio de estado 3 que conduce a la lente oftálmica blanco (30); o

- una etapa de acabado realizada sobre el elemento óptico intermedio (10) que conduce a un elemento óptico intermedio de estado 4, seguida de una etapa de pulido realizada sobre el indicado elemento óptico intermedio de estado 4 que conduce a la lente oftálmica blanco (30); o

35 - una etapa de pulido realizada sobre el elemento óptico intermedio (10) que conduce a la lente oftálmica blanco (30).

5. Procedimiento según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que la indicada secuencia predeterminada es idéntica o diferente al conjunto del elemento óptico intermedio (10).

40 **6.** Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la etapa de fabricar de forma aditiva (100) un elemento óptico intermedio (10) que comprende la lente oftálmica blanco (30) adjunta por un sobreespesor (Se) se realiza por el depósito de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de un material idéntico constitutivo de la lente oftálmica blanco y del sobreespesor.

45 **7.** Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la etapa de fabricar de forma aditiva (100) un elemento óptico intermedio (10) que comprende la lente oftálmica blanco (30) adjunta por un sobreespesor (Se) se realiza por el depósito de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de al menos dos materiales diferentes, diferenciando los materiales particularmente bien por su índice de refracción, o por su propiedad intrínseca de abrasividad.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la indicada etapa de determinar un valor de consigna de fabricación (113) de dicho elemento óptico intermedio (10) comprende las etapas siguientes:

50 - determinar las características geométricas blanco (105) de la mencionada lente oftálmica a partir de características de la mencionada función óptica a aportar a la mencionada lente oftálmica;

- determinar el indicado sobreespesor (108), a partir de las indicadas características geométricas blanco determinadas y de características relacionadas con la mencionada secuencia predeterminada de fabricación sustractiva; y
- 5 - deducir de las características geométricas (109) de dicho elemento óptico intermedio (10) a partir de las indicadas características geométricas blanco determinadas y del indicado sobreespesor determinado (Se).
- 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que la etapa de determinar el mencionado sobreespesor (108) comprende además la toma en cuenta de datos físicos materiales relacionados con la mencionada secuencia predeterminada de fabricación sustractiva.
- 10 10. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que la indicada función óptica a aportar a la indicada lente oftálmica es característica de valores de prescripción relacionados con un portador de la indicada lente oftálmica y de datos complementarios de porte de una montura predeterminada y/o de personalización, y/o de forma de la montura.
- 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el elemento óptico intermedio (10) tiene un contorno sustancialmente igual a un contorno configurado para ser introducido en una montura predeterminada.
- 15 12. Sistema de fabricación de una lente oftálmica, que comprende una máquina de fabricación aditiva (1), al menos una máquina de fabricación sustractiva (21), para fabricar una lente oftálmica y al menos una unidad de control y de comando (2, 22) provista de elementos sistémicos (3, 4, 5, 23, 24, 25) configurados para ejecutar un programa de ordenador que comprende instrucciones configuradas para poner en práctica cada una de las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 20 13. Sistema de fabricación según la reivindicación 12, que comprende además una máquina de barnizado configurada para depositar un barniz sobre el elemento procedente de la máquina de fabricación sustractiva.
- 14. Sistema de fabricación según la reivindicación 12, en el cual la máquina de fabricación aditiva comprende un soporte de fabricación (12), cuyo soporte de fabricación es amovible y está configurado para servir de soporte de fabricación para la máquina de fabricación sustractiva (32).

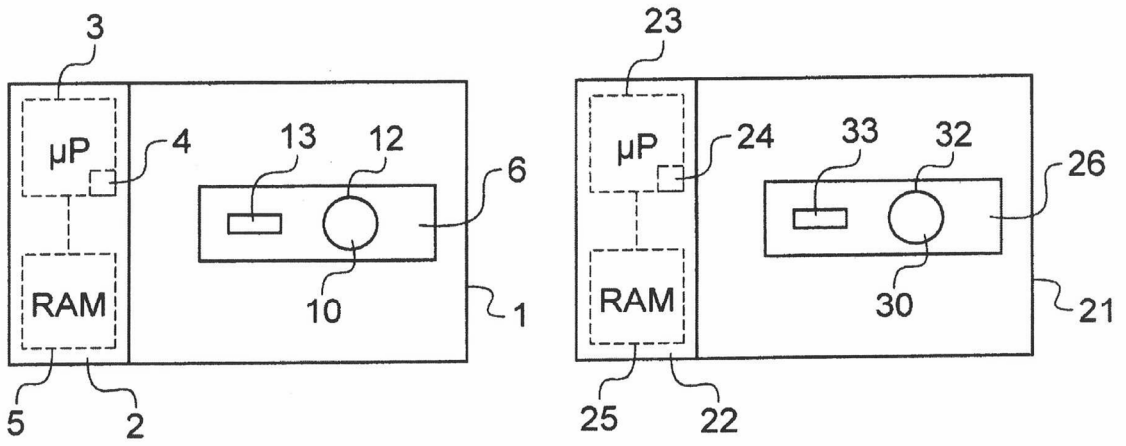


Fig.1

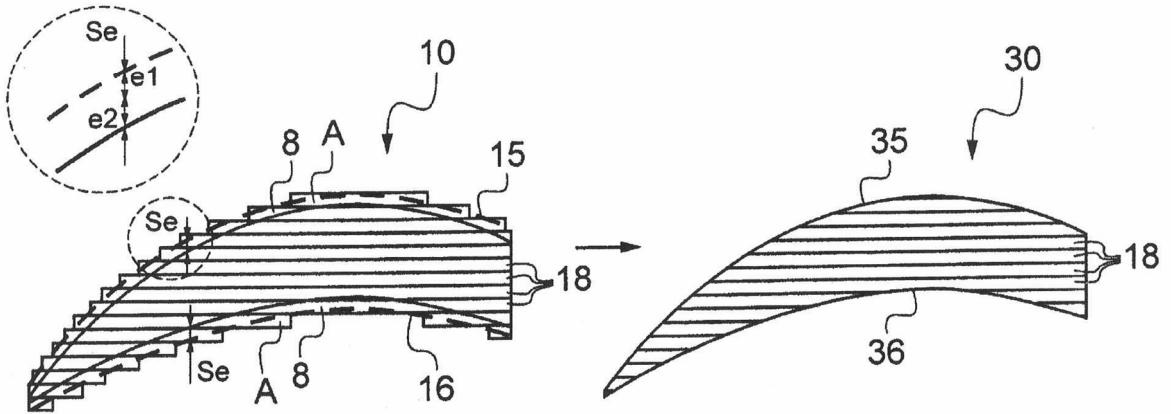


Fig.2

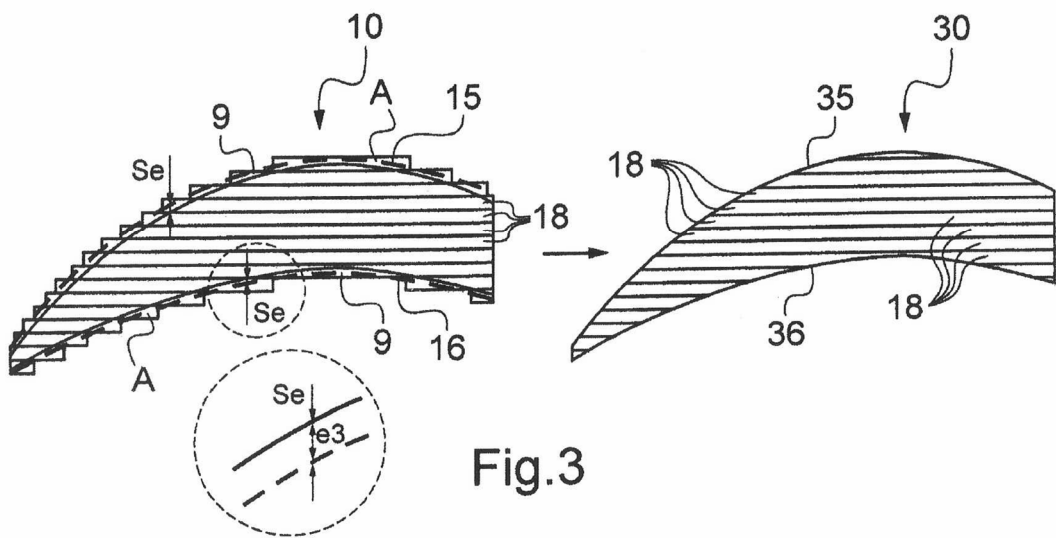
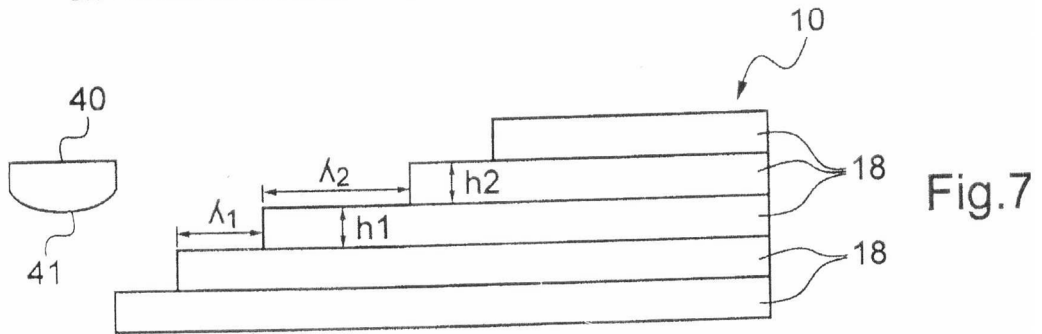
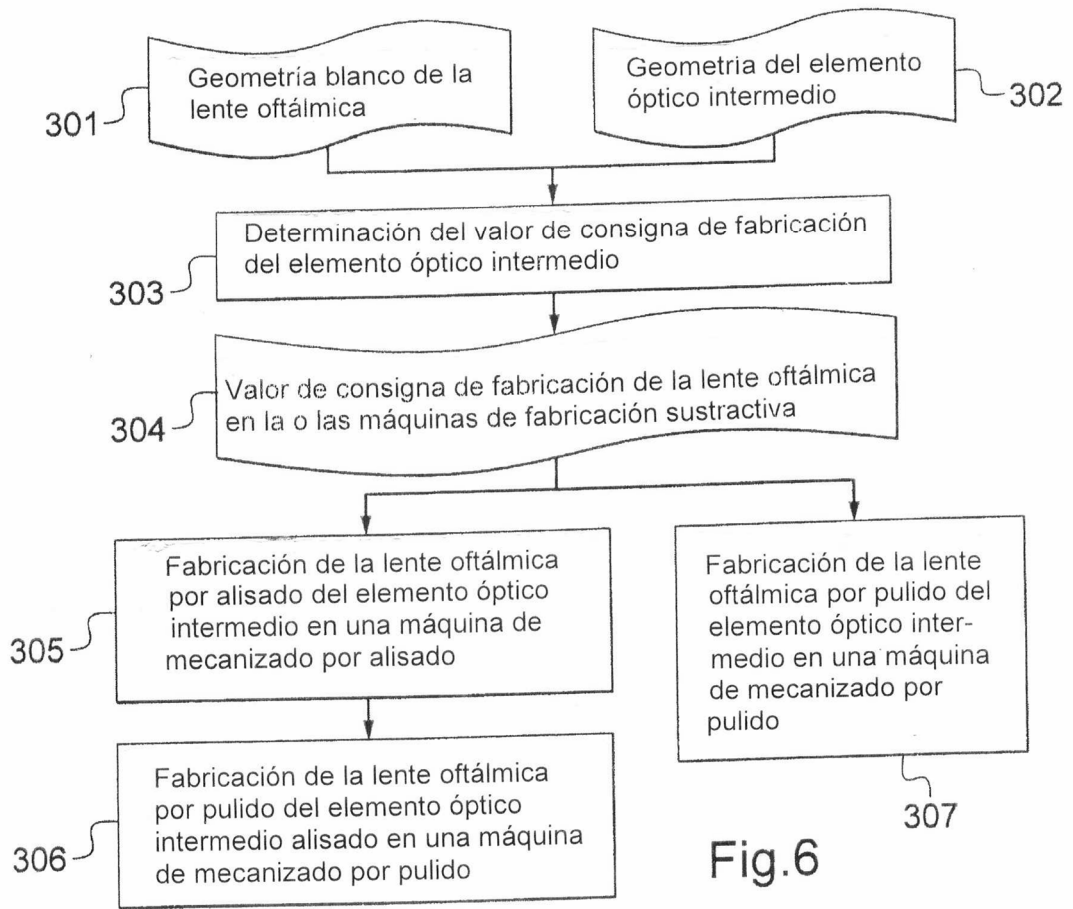
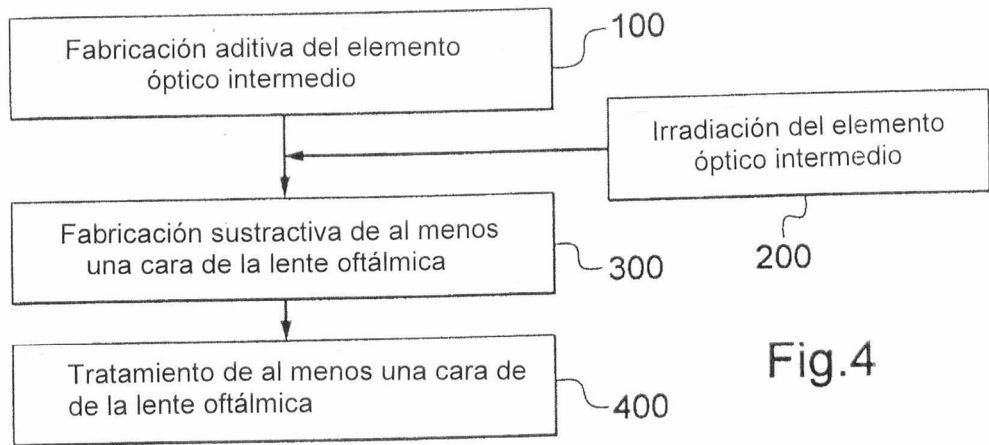


Fig.3



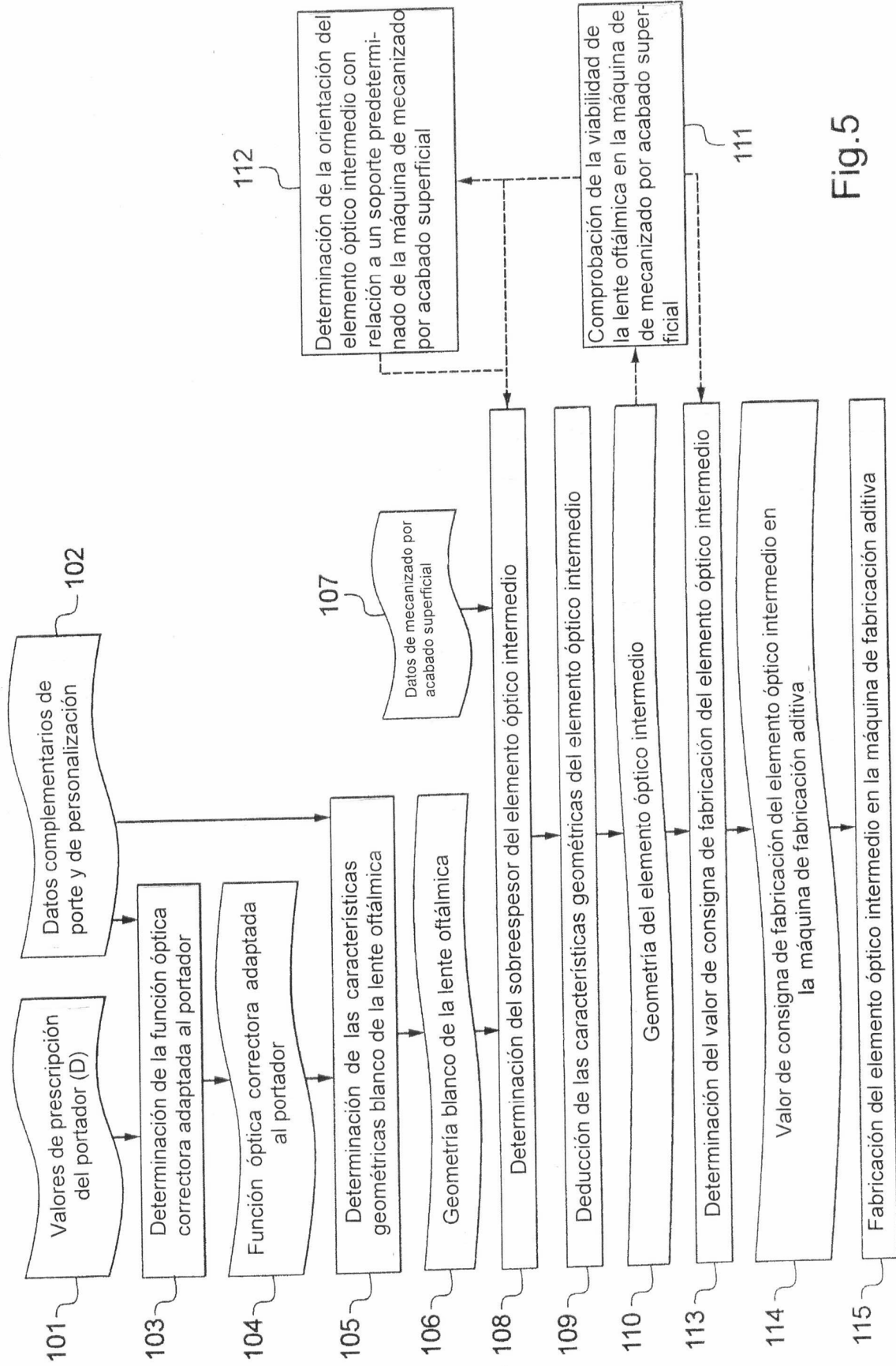


Fig.5