

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 349**

51 Int. Cl.:

**B29D 11/00** (2006.01)

**G02C 7/02** (2006.01)

**B33Y 10/00** (2015.01)

**B29C 64/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.09.2013 PCT/FR2013/052267**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014 WO14049273**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2013 E 13779312 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2900460**

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

30 Prioridad:

**28.09.2012 FR 1259199**

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

**29.06.2018**

73 Titular/es:

**ESSILOR INTERNATIONAL (100.0%)  
147, rue de Paris  
94220 Charenton-le-Pont, FR**

72 Inventor/es:

**ALLIONE, PASCAL;  
BEGON, CÉDRIC;  
FAQUIER, BRUNO;  
GOURRAUD, ALEXANDRE y  
QUERE, LOÏC**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 674 349 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 de fabricación de una lente oftálmica

5 La invención se refiere al campo 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.

10 La invención se refiere también a una máquina de fabricación configurada para fabricar tal lente oftálmica.

Se sabe que las lentes oftálmicas se someten a diferentes etapas de fabricación a fin de aportarles las propiedades oftálmicas prescritas, las cuales son, por ejemplo, complejas.

15 Se conocen los procedimientos de fabricación de lentes oftálmicas que comprenden una etapa de suministro de un disco en bruto o semi-elaborado, es decir un disco que no tiene o tiene sólo una cara denominada acabada (dicho de otra manera, una cara que define una superficie óptica simple o compleja).

20 Estos procedimientos comprenden después una etapa de mecanizado por torneado de al menos una cara del disco denominado bruto, para obtener una cara denominada acabada, que define la superficie óptica compleja buscada para proporcionar las propiedades oftálmicas (complejas o no) prescritas al portador de la lente oftálmica.

25 La invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento de fabricación de una lente oftálmica que presenta al menos una función óptica compleja, diferente de un procedimiento de mecanizado por torneado, y que sea particularmente simple, cómodo y económico de realizar.

30 La invención tiene así por objeto, en un primer aspecto, un procedimiento de fabricación de una lente oftálmica que presenta al menos una función óptica, caracterizado por que comprende la etapa de fabricar de manera aditiva un elemento óptico complementario mediante la deposición de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de un material que tiene un índice de refracción predeterminado sobre un soporte de fabricación predeterminado, siendo dicho elemento óptico complementario configurado para ensamblarse con un sistema óptico de partida;

35 con dicha etapa de fabricación de manera aditiva que comprende la etapa de determinación de una consigna de fabricación a partir de las características de deformación de dicho elemento óptico complementario debido a la transferencia de este último hacia dicho sistema óptico de partida;

40 y con dicha etapa de determinación de una consigna de fabricación que comprende la etapa de determinación de dichas características de deformación de dicho elemento óptico complementario a partir de características geométricas de dicho soporte de fabricación, a partir de características geométricas de dicho sistema óptico de partida, y a partir de características de dicha función óptica a aportar a dicha lente oftálmica.

45 El procedimiento de fabricación según la invención permite ventajosamente obtener una lente oftálmica que presenta una función óptica, denominada función óptica objetivo, partiendo de un sistema óptico de partida que puede realizarse según diferentes procedimientos de fabricación, tales como el moldeo o la mecanización, y añadiendo a este sistema óptico de partida un elemento óptico complementario realizado por fabricación aditiva, elemento óptico complementario el cual proporciona unas propiedades oftálmicas, adicionales o no, a la lente oftálmica.

50 Cabe señalar que es principalmente el elemento óptico complementario que permite aportar la función óptica de la lente oftálmica, incluso si el sistema óptico de partida presenta ya una función óptica, simple o compleja. Dicho de otra manera, en este elemento óptico complementario, la lente oftálmica no puede presentar la función óptica que se le prescribe. Este elemento óptico complementario no tiene por lo tanto nada que ver con un simple revestimiento de superficie, tal como una capa de revestimiento antirreflejo, de revestimiento antivaho, de revestimiento anti-arañazos o también de revestimiento anti-suciedades.

55 Cabe señalar además que gracias a la etapa de determinación de las características de deformación de este elemento óptico complementario, este último se fabrica de manera aditiva con una gran precisión. En efecto, esta etapa permite en particular de tener en cuenta, para formar el elemento óptico complementario, la diferencia de geometría que existe entre el soporte de fabricación sobre el cual el elemento óptico complementario está fabricado y el sistema óptico de partida sobre el cual el elemento óptico complementario debe ensamblarse para formar la lente oftálmica.

60 El procedimiento de fabricación según la invención es por lo tanto particularmente simple, cómodo y económico, sobretodo en un contexto en el que la diversidad de las funciones ópticas a realizar es importante (debido a la personalización de estas funciones ópticas), que necesitan unos procedimientos de fabricación rápidos y flexibles.

65 Cabe señalar que la fabricación aditiva corresponde aquí a un procedimiento de impresión tridimensional, o de estereolitografía, o también de extrusión por hilo termoplástico.

5 Cabe señalar también que se entiende por función óptica de una lente, de un sistema o de un elemento óptico, la respuesta óptica de esta lente o de este sistema 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, el sistema o el elemento óptico en cuestión, sea cual sea la incidencia del haz óptico que entra y sea cual la extensión geométrica de una dioptría de entrada iluminada por el haz óptico incidente.

10 Más precisamente, en el campo oftálmico, la función óptica se define como la distribución de las características de potencia portador y de astigmatismo y de las aberraciones de orden superior asociados a la lente, en el sistema o en el elemento óptico para el conjunto de las direcciones de la mirada de un portador de esta lente, de este sistema o de este elemento. Esto supone por supuesto la predeterminación del posicionamiento geométrico de la lente, del sistema o del elemento óptico con respecto al ojo del portador.

15 Según unas características preferidas, simples, cómodas y económicas del procedimiento según la invención:

- dicha función óptica a aportar a dicha lente oftálmica es característica de valores de prescripción relacionadas con un portador de dicha lente oftálmica y opcionalmente de datos complementarios de uso y/o de personalización;

20 - dicho sistema óptico de partida presenta una función óptica inicial y dichas características de deformación se determinan además a partir de características de dicha función óptica inicial de dicho sistema óptico de partida;

- dichas características de deformación se determinan además a partir de un valor de dicho índice de refracción de dicho material en el que se fabrica de manera aditiva dicho elemento óptico complementario;

25 - dicha etapa de determinación de una consigna de fabricación comprende además la etapa de determinación de una retracción dimensional y/o de una variación de índice de refracción de dicho material en el que se fabrica de manera aditiva dicho elemento óptico complementario;

30 - dicho elemento óptico complementario con dicho soporte de fabricación están configurados para ensamblarse con dicho sistema óptico de partida, o dicho elemento óptico complementario está configurado para retirarse de dicho soporte de fabricación antes de ensamblarse con dicho sistema óptico de partida;

35 - dicha etapa de fabricación aditiva de dicho elemento óptico complementario se realiza, a partir de dicha consigna de fabricación determinada, por dicha deposición de una pluralidad de dichos elementos de volumen predeterminados de un material fotopolimerizable en forma líquida, y dicha etapa de fabricación aditiva está configurada para que dicho elemento óptico complementario obtenido sea al menos parcialmente deformable, por ejemplo en forma de gel;

40 - el procedimiento comprende además la etapa para proporcionar dicho sistema óptico de partida, la etapa para proporcionar dicho elemento óptico complementario y la etapa de deposición y fijación de dicho elemento óptico complementario sobre dicho sistema óptico de partida para obtener dicha lente oftálmica; y/o

- el procedimiento comprende una etapa de irradiación de dicha lente oftálmica.

45 La invención tiene también por objeto, bajo un segundo aspecto, una máquina de fabricación aditiva configurada para fabricar una lente oftálmica y que comprende una unidad de control y de mando provista de elementos sistémicos configurados para ejecutar un programa de ordenador que comprende unas instrucciones configuradas para realizar cada una de las etapas del procedimiento de fabricación descrito anteriormente.

50 El documento US 2010/0007847 divulga un procedimiento de fabricación de una lente oftálmica así como una máquina que permite la realización de dicho procedimiento.

Se continuará ahora la exposición de la invención mediante la descripción de un ejemplo de realización, dado a continuación a título ilustrativo y no limitativo, en referencia a los dibujos anexos, en los que:

55 - la figura 1 representa esquemáticamente una máquina de fabricación aditiva configurada para realizar al menos un elemento óptico complementario de una lente oftálmica;

60 - la figura 2 representa esquemáticamente diferentes etapas de fabricación de una lente oftálmica, al menos parcialmente con la ayuda de la máquina ilustrada en la figura 1;

- la figura 3 es un esquema-bloques que ilustra diferentes etapas de funcionamiento de un procedimiento de una lente oftálmica, de las cuales las etapas ilustradas en la figura 2; y

65 - la figura 4 es un esquema-bloques que ilustra otras etapas de funcionamiento del procedimiento de fabricación de una lente oftálmica.

La figura 1 ilustra una máquina de fabricación aditiva 1, aquí una máquina de impresión tridimensional de control numérico, designando el control numérico el conjunto de los materiales y programas que tiene en particular como función dar unas instrucciones de movimiento a todos los elementos de la máquina de fabricación aditiva 1.

5 Esta máquina de fabricación aditiva 1 está aquí configurada para depositar, por yuxtaposición, una pluralidad de elementos de volumen predeterminado que forman unas capas superpuestas (dicho de otra manera, en capa por capa), de al menos un material sobre un soporte de fabricación 10 para formar un elemento óptico complementario 12.

10 Este elemento óptico complementario 12 está configurado para formar parcialmente una lente oftálmica 40 (figura 2). Se trata, por lo tanto, de un elemento óptico complementario denominado "oftálmico" por ejemplo progresivo que posee además unos componentes tóricos y prismáticos.

15 Cada elemento de volumen predeterminado se define mediante una composición predeterminada y un tamaño predeterminado.

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

20 Este elemento óptico complementario 12 es, por lo tanto, llevado por el soporte de fabricación 10.

Cabe señalar que este soporte de fabricación 10 es un soporte predeterminado de la máquina de fabricación aditiva 1 y por lo tanto que sus características geométricas son conocidas y se agrupan en un fichero que se almacena o se carga en una unidad de control y de mando 2 de la máquina de fabricación aditiva 1.

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

30 La máquina de fabricación aditiva 1 comprende una boquilla o rampa de boquillas 13 así como la unidad de control y de mando 2, que está provista de un sistema de procesamiento de datos que comprende un microprocesador 3 provisto de una memoria 4, en particular no volátil, que le permite cargar y almacenar un programa, dicho de otra manera 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).

35 La unidad 2 comprende además una memoria 5, en particular volátil, que permite memorizar unos datos durante la ejecución del programa y la realización del procedimiento de fabricación aditiva.

40 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).

45 La máquina de fabricación aditiva 1 comprende además una abertura 6, aquí acristalada, configurada para acceder al elemento óptico complementario 12 fabricado de manera aditiva por esta máquina 1 sobre el soporte de fabricación 10 de esta última.

50 Cabe señalar que para fabricar de manera aditiva el elemento óptico complementario 12, se necesita conocer precisamente 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 utilizada, aquí una fuente que emite en lo 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 una deposición con alambre estirado, denominado también extrusión por alambre termoplástico.

55 Se necesita también conocer precisamente el o los materiales utilizados y su estado, aquí en forma de fotopolímero líquido.

60 Se necesita también conocer precisamente la o las funciones ópticas simples o complejas prescritas a la lente oftálmica 40, función óptica que se caracteriza por una geometría definida en un fichero de fabricación característico de las propiedades ópticas simples o complejas de la lente oftálmica 40.

65 Se recuerda que, por función óptica de una lente, de un sistema o de un elemento óptico, se entiende la respuesta óptica de esta lente o de este sistema 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, el sistema o el elemento óptico en cuestión, sea cual sea la incidencia del haz óptico entrante y sea cual sea la extensión geométrica de una dioptría de entrada iluminada por el haz óptico incidente.

5 Más precisamente, en el campo oftálmico, la función óptica se define como la distribución de las características de potencia portadora y de astigmatismo y de las aberraciones de orden superior asociadas a la lente, al sistema o al elemento óptico para el conjunto de las direcciones de la mirada de un portador de esta lente, de este sistema o de este elemento. Esto supone por supuesto la predeterminación del posicionamiento geométrico de la lente, del sistema o del elemento óptico con respecto al ojo del portador.

10 Cabe señalar también que la potencia portadora es una manera de calcular y ajustar la potencia de la lente oftálmica, que se diferencia de la potencia frontofocométrica. El cálculo en potencia portadora 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 portada por el portador, corresponde a la potencia prescrita. En general, en cualquier parte del cristal, en particular 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 portadora. Sin embargo, la potencia portadora a nivel del centro óptico de una lente unifocal es generalmente similar a la potencia observada con un frontofocómetro posicionado en este punto.

15 La figura 2 muestra, esquemáticamente, diferentes etapas de un procedimiento de fabricación de la lente oftálmica 40, partiendo de un sistema óptico de partida 30 y del elemento óptico complementario 12 fabricado de manera aditiva sobre el soporte de fabricación 10.

20 Cabe señalar que el conjunto formado por el elemento óptico complementario 12 y el soporte de fabricación 10 forma un sistema compuesto aditivo 18. Además, el soporte de fabricación puede presentar unas propiedades ópticas compatibles con un uso oftálmico y en este caso el sistema compuesto aditivo forma un sistema óptico aditivo.

25 El soporte de fabricación 10 comprende un cuerpo provisto de una superficie de fabricación 15 que presenta aquí una forma general plana.

30 El elemento óptico complementario 12 presenta una primera cara 21 que es aquí convexa, así como una segunda cara 22 que es aquí plana. Esta segunda cara 22 es plana, es decir con una curvatura próxima a cero, ya que esta se encuentra frente a la superficie de fabricación 15 sobre la cual el elemento óptico complementario 12 se fabrica de manera aditiva.

Aquí "plana" no significa obligatoriamente "lisa", ni excluye obligatoriamente la presencia de rugosidades.

35 Este elemento óptico complementario 12 presenta además un cuerpo 20 entre la primera cara 21 y la segunda cara 22, así como un canto periférico 23 que une la primera cara 21 a la segunda cara 22.

El elemento óptico complementario 12 está aquí formado por una pluralidad de elementos de volumen predeterminado que son yuxtapuestos y superpuestos para formar una pluralidad de capas superpuestas de un material 24.

40 Esta pluralidad de capas superpuestas forma el cuerpo 20 junto con la primera cara 21 y la segunda cara 22 de este elemento óptico complementario 12.

45 Se observará que las capas superpuestas del primer material 24 presentan aquí unas longitudes diferentes, a fin de formar las primera y segunda caras 21 y 22 de este elemento óptico complementario 12.

Estas capas presentan aquí cada una un grosor constante en toda la longitud y presentan todas el mismo grosor.

50 Cabe señalar que este equi-grosor se obtiene aquí gracias a la difusión controlada y dirigida, mediante la boquilla o la rampa de boquillas 13 de la máquina de fabricación 1, de una cantidad determinada de elementos de volumen predeterminado para cada capa superpuesta del material 24.

Cabe señalar que el material 24 es aquí un polímero acrílico, y más precisamente un fotopolímero, por ejemplo un fotopolímero tal como el producto comercializado por la compañía OBJET Ltd, bajo la marca VeroClear™.

55 Cabe señalar que la fabricación aditiva del elemento óptico complementario 12 puede necesitar, además de la deposición de la pluralidad de capas sucesivas y superpuestas, una o varias etapas de foto-polimerización. Cabe señalar de hecho, como se verá a continuación más en detalle, que la polimerización del elemento óptico complementario 12 puede no terminarse completamente al final de la etapa de fabricación aditiva de este elemento óptico complementario 12.

60 El sistema óptico de partida 30 comprende, por su parte, una primera cara 31 que es aquí curva y una segunda cara 32 que es aquí también curva y más precisamente cóncava.

65 Este sistema óptico de partida 30 comprende además un cuerpo 34 entre la primera superficie 31 y la segunda superficie 32 así como un canto periférico 33 que une la primera cara 31 a la segunda cara 32.

Este sistema óptico de partida 30 se realiza de un material generalmente utilizado para la fabricación de lentes oftálmicas tal como el polímero alílico conocido bajo el nombre de CR39.

5 Este sistema óptico de partida 30 presenta por lo tanto también un índice de refracción predeterminado, por ejemplo igual a aproximadamente 1,5.

Cabe señalar que los materiales con los que están formados el sistema óptico de partida 30 y el elemento complementario 12 y que son mencionados anteriormente, presentan unos índices de refracción similares (incluso próximos) a fin de minimizar la reflexión óptica de interfaz.

10 Cabe señalar también que este sistema óptico de partida 30 presenta aquí una función óptica simple (podría presentar una función óptica compleja) y que las características de esta función óptica simple son conocidas y caracterizadas en un fichero almacenado o cargado en la unidad de control y de mando 2 de la máquina de fabricación aditiva 1.

15 La figura 2 muestra también la lente oftálmica 40 formada a partir del elemento óptico complementario 12 y del sistema óptico de partida 30 que se ensamblan el uno con el otro.

20 El elemento óptico complementario 12 se retira aquí del soporte de fabricación 10 para depositarse sobre el sistema óptico de partida 30 con la segunda cara 22 del elemento óptico complementario 12 que se encuentra en frente de la primera cara 31 del sistema óptico de partida 30, y este elemento óptico complementario 12 se fija sobre este sistema óptico de partida 30 para formar la lente oftálmica 40.

25 Esta fijación puede llevarse a cabo por ejemplo gracias a un sistema adhesivo o un pegamento. Puede tratarse de un adhesivo de calidad óptica y sensible a la presión, de tipo PSA ("*Pressure Sensitive Adhesive*" en inglés), o un pegamento transparente fotopolimerizable.

Así, la lente oftálmica 40 se fabrica con, como cara delantera, aquí la primera cara 21 del elemento óptico complementario 12 y con, como cara trasera, aquí la segunda cara 32 del sistema óptico de partida 30.

30 Esta lente oftálmica 40 comprende también un cuerpo formado aquí del cuerpo 20 y del cuerpo 34 respectivamente del elemento óptico complementario 12 y del sistema óptico de partida 30.

Esta lente oftálmica 40 presenta así la función óptica, aquí compleja, que se le prescribe.

35 Se describirá ahora más en detalle en referencia a las figuras 3 y 4 un procedimiento de fabricación de esta lente oftálmica 40.

El procedimiento de fabricación comprende la etapa 200 para proporcionar el sistema óptico de partida 30.

40 El sistema óptico de partida 30 se selecciona en función de la lente 12 a fabricar y, por lo tanto, se conoce su geometría, geometría que se caracteriza por un fichero de superficie que se almacena o carga en la unidad de control y de mando 2 de la máquina de fabricación aditiva 1.

45 En el caso en el que el sistema óptico de partida 30 presenta una función óptica inicial, esta última también se conoce y se caracteriza directamente en el fichero de superficie.

El procedimiento comprende además la etapa 300 para proporcionar el elemento óptico complementario 12 obtenido por fabricación aditiva con esta máquina de fabricación aditiva 1.

50 Aquí, se proporciona más particularmente el sistema compuesto aditivo 18 y, como se ha indicado anteriormente, el elemento óptico complementario 12 se separa del soporte de fabricación 10.

El procedimiento comprende además la etapa 400 de deposición y fijación de este elemento óptico complementario 12 sobre el sistema óptico de partida 30, como se ha descrito anteriormente.

55 Cabe señalar que para el ensamblaje del elemento óptico complementario 12 con el sistema óptico de partida 30, es posible utilizar un dispositivo de ensamblaje tal como el dispositivo descrito en la solicitud de patente francesa FR 2 883 984 o también en la solicitud de patente americana US 2009/0165932.

60 El procedimiento comprende además la etapa 500 de irradiación de la lente oftálmica 40 obtenida.

Esta etapa 500 consiste en terminar la polimerización del elemento óptico complementario 12 después del ensamblaje de este último sobre el sistema óptico de partida 30 a fin de estabilizar este ensamblaje y por lo tanto la lente oftálmica 40.

65 Cabe señalar por otro lado que, durante esta etapa 500, también se puede consolidar la adhesión de este último sobre

el sistema óptico de partida 30, en particular si esta etapa 500 es una etapa de irradiación térmica y/o con ultravioletas. Esta etapa 500 es así denominada de consolidación del material del elemento óptico complementario 12.

5 La figura 4 ilustra unas etapas del procedimiento de fabricación y más precisamente unas etapas para la determinación de una consigna de fabricación del elemento óptico complementario 12 para su fabricación aditiva gracias a la máquina de fabricación aditiva 1 ilustrada en la figura 1; y por lo tanto para proporcionar este elemento óptico complementario 12 en la etapa 300 del procedimiento ilustrado en la figura 3.

10 La unidad de control y de mando 2 de la máquina de fabricación aditiva 1 está configurada para recibir en la etapa 100 (“valor de prescripción del portador”) un fichero que comprende unos valores de prescripción de un portador de la lente oftálmica 40 a fabricar.

Estos valores de prescripción del portador se expresan generalmente en dioptría (D).

15 La unidad 2 está además configurada para recibir, en la etapa 101 (“datos complementarios de uso y personalización”) de los datos complementarios de uso y personalización, relacionados al mismo tiempo tanto con el portador como con una montura prevista para recibir la lente oftálmica 40 y con la prescripción.

20 Cabe señalar que estos datos complementarios de uso y de personalización corresponden por ejemplo a unos valores geométricos que caracterizan en particular 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 contorno de la montura.

25 La unidad 2 está configurada para determinar, en la etapa 102 (“determinación de la función óptica correctora adaptada al portador”) una función óptica correctora adaptada al portador a partir de los valores de prescripción portador y de los datos complementarios de uso y de personalización recibidos en las etapas respectivas 100 y 101, y en función del posicionamiento geométrico de la lente 40 con respecto al ojo del portador.

30 Esta función óptica correctora adaptada al portador corresponde a la función óptica objetivo de la lente oftálmica 40 a fabricar (se trata de una consigna inicial).

35 Cabe señalar que la determinación de la función óptica correctora adaptada al portador puede efectuarse, por ejemplo, con la ayuda de un programa de trazado de radios, el cual permite determinar la potencia portadora y el astigmatismo resultante de la lente en las condiciones de uso de esta última. Se puede efectuar una optimización siguiendo unos métodos de optimización óptica bien conocidos.

40 Cabe señalar también que la etapa 101 es opcional y, por lo tanto, que la función óptica correctora adaptada al portador se puede determinar por la unidad 2 en la etapa 102, solamente a partir de los valores de prescripción recibidos en la etapa 101, y en función del posicionamiento geométrico de la lente 12 con respecto al ojo del portador.

La unidad 2 está configurada para generar, en la etapa 103 (“función óptica objetivo 1 característica de la función óptica correctora adaptada al portador”) un fichero denominado “función óptica diana 1” que caracteriza esta función óptica correctora adaptada al portador, a partir de la etapa 102.

45 Cabe señalar que este fichero “función óptica objetivo 1” es un fichero denominado de superficie, provisto por ejemplo de características geométricas en forma de coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\theta$ , en un número finito de puntos, de características relacionadas con un índice de refracción, de diversas distancias y ángulos tales como los mencionados anteriormente.

50 Cabe señalar que la función óptica correctora adaptada al portador puede, en lugar de determinarse por la unidad 2 en la etapa 102, recibirse directamente por esta unidad 2 en forma de tal fichero.

55 La unidad 2 está configurada para recibir, en la etapa 105 (“características de la función óptica del sistema óptico de partida”) un fichero que comprende unas características de la función óptica del sistema óptico de partida 30. Esta función óptica puede ser simple, compleja o afocal (dicho de otra manera, nula).

Este fichero es un fichero denominado de superficie que es sustancialmente similar al fichero “función óptica objetivo 1” salvo que no caracteriza la lente oftálmica 12 a fabricar sino el sistema óptico de partida 30 seleccionado.

60 Se observará que este fichero comprende unas características que se miden aquí directamente sobre este sistema óptico de partida 30, en la etapa 104 (“medición”). Estas características podrían predeterminarse y conocerse sin la necesidad de mediciones.

65 La unidad 2 está configurada para determinar, en la etapa 106 (“determinación de la función óptica del elemento óptico complementario después de la transferencia”) una función óptica del elemento óptico complementario 12 que este último presenta después de la transferencia, es decir cuando está ensamblado con el sistema óptico de partida 30.

5 Se trata en realidad de la función óptica a aportar a este elemento óptico complementario 12, denominada "función óptica objetivo 2", tomando en consideración que este último se combina con el sistema óptico de partida 30 (teniendo el mismo una función óptica inicial), para que la lente oftálmica 40, resultado del ensamblaje del elemento óptico complementario 12 con el sistema óptico de partida 30, aporte al portador la función óptica correctora que le sea adecuada.

10 Esta etapa de determinación 106 se realiza, por lo tanto, a partir de las características que comprenden el fichero generado en la etapa 103 y el fichero recibido en la etapa 105, respectivamente relativos a la función óptica correctora adecuada al portador, así como a la función óptica del sistema óptico de partida 30.

15 La unidad 2 está configurada para generar, en la etapa 107 ("función óptica objetivo 2 característica de la función óptica del elemento óptico complementario") un fichero denominado "función óptica objetivo2" que caracteriza la función óptica del elemento óptico complementario 12, a partir de la etapa 106.

20 La unidad 2 está además configurada para recibir, en la etapa 109 ("características de la geometría del sistema óptico de partida y opcionalmente de su índice") un fichero que comprende unas características de la geometría del sistema óptico de partida 30 y opcionalmente unas características relacionadas con su índice de refracción.

25 Se observará que este fichero comprende unas características geométricas y/o de índice que se miden aquí directamente sobre este sistema óptico de partida 30, en la etapa 108 ("medición"). Estas características podrían predefinirse y conocerse, sin necesitar mediciones.

30 La unidad 2 está configurada para recibir, en la etapa 111 ("características de la geometría del soporte de fabricación y opcionalmente de su índice") un fichero que comprende unas características de la geometría del soporte de fabricación 10 de la máquina de fabricación aditiva 1 y opcionalmente unas características relacionadas con el índice de refracción de este soporte de fabricación 10.

35 Cabe señalar que las características relacionadas con el índice de refracción de este soporte de fabricación 10 son necesarias solo en el caso en el que es el sistema compuesto aditivo (que forma un sistema óptico aditivo) que se ensambla directamente con el sistema óptico de partida 30, mientras que estas características no son necesarias en el caso en el que sólo el elemento óptico complementario 12 se ensambla con el sistema óptico de partida 30.

40 Se observará que este fichero comprende unas características geométricas y/o de índice que se miden aquí directamente sobre este soporte de fabricación 10, en la etapa 110 ("medición"). Estas características podrían predefinirse y conocerse sin necesitar mediciones.

45 La unidad 2 está además configurada para recibir en la etapa 112 ("valor del índice final del material de fabricación") un fichero que comprende unas características relacionadas con el índice de refracción del material 24 utilizado para la fabricación aditiva del elemento óptico complementario 12. Este índice se denomina final, ya que es el índice que debe presentar este elemento óptico complementario 12 una vez ensamblado este último con el sistema óptico de partida 30, para formar la lente oftálmica 40.

50 La unidad 2 está configurada para determinar, en la etapa 113 ("determinación de las características de deformación del elemento óptico complementario") las características de deformación de este elemento óptico complementario 12 relacionadas con el ensamblaje de este último con el sistema óptico de partida 30.

55 Estas características de deformación se determinan a partir de las características y de los valores generados o recibidos en los ficheros en las etapas 107, 109, 111 y 112, respectivamente relativos a la función óptica objetivo del elemento óptico complementario 12 (después de la transferencia), a la geometría y opcionalmente al índice del sistema óptico de partida 30, a la geometría y opcionalmente al índice del soporte de fabricación 10, así como al valor del índice final del material de fabricación del elemento óptico complementario 12.

60 Cabe señalar que esta etapa de determinación de las características de deformación puede caracterizarse por la aplicación de una ley de transferencia geométrica (también denominada ley de transferencia de geometrías) a partir de las características y del valor indicados anteriormente a fin de caracterizar la geometría del elemento óptico complementario 12 una vez fabricado sobre el soporte de fabricación 10, con su índice final, y listo para ensamblarse sobre el sistema óptico de partida 30.

65 La etapa de determinación 113 permite por lo tanto tener en cuenta la diferencia de geometría existente entre el soporte de fabricación 10 sobre el cual está fabricado el elemento óptico complementario 12 y el sistema óptico de partida 30 sobre el cual se basa y se fija este elemento óptico complementario 12. La ley de transferencia permite por lo tanto realizar la relación entre la posición de un elemento de volumen predeterminado del elemento óptico complementario 12 obtenido por fabricación aditiva sobre el soporte de fabricación 10 y la posición de este mismo elemento de volumen predeterminado en el ensamblaje final, es decir en la lente oftálmica 40 (dicho de otra manera después del ensamblaje de este elemento óptico complementario 12 con el sistema óptico de partida 30).

Cabe señalar que esta ley de transferencia se selecciona a fin de tener en cuenta un campo de deformación tridimensional aplicado al elemento óptico complementario 12 durante la etapa de ensamblaje 400 (figura 3) de este último con el sistema óptico de partida 30.

5 La unidad 2 está además configurada para generar un fichero en la etapa 114 (“geometría del elemento óptico complementario sobre el soporte de fabricación con índice final”) que comprende unas características geométricas del elemento óptico complementario 12 representativo de la geometría deseada de este elemento óptico complementario 12 una vez fabricado sobre el soporte de fabricación 10, con su índice final (es decir una vez polimerizado o fotopolimerizado). La geometría deseada toma en consideración la formación de este elemento óptico complementario 12 durante su ensamblaje con el sistema óptico de partida 30.

10 Dicho de otra manera, este fichero denominado de superficie refleja una descripción de la geometría deseada de este elemento óptico complementario 12 a fabricar con, en la práctica, una disposición determinada de los elementos de volumen predeterminados del o de los materiales.

15 La unidad 2 está configurada para determinar, opcionalmente, en la etapa 115 (“determinación de la retirada dimensional y de la variación de índice”), una contracción dimensional así como una variación de índice del elemento óptico complementario 12.

20 Cabe señalar que se trata aquí de evoluciones posibles posteriores del índice de refracción del material 24 en el que se fabrica el elemento óptico complementario 12, dado que este índice obtenido sobre el soporte de fabricación 10 puede después evolucionar hacia otro índice después del ensamblaje del elemento óptico complementario 12 sobre el sistema óptico de partida 30 (por ejemplo debido a efectos térmicos puestos en juego durante la etapa de ensamblaje o debido a efectos de deformación mecánica).

25 Este índice puede también evolucionar hacia también otro índice después de una eventual etapa denominada de consolidación para asegurar la fijación de este elemento óptico complementario 12 sobre el sistema óptico de partida 30.

30 Esta etapa de determinación 115 permite además tener en cuenta la eventual variación de geometría (contracción dimensional) y de índice resultante de la realización de esta etapa denominada de consolidación.

35 Cabe señalar que esta etapa eventual de consolidación puede ser necesaria, como se ha indicado antes, cuando el elemento óptico complementario 12 obtenido después de la fabricación aditiva es al menos parcialmente deformable, por ejemplo en forma de gel. Esto se debe al hecho de que la polimerización de este elemento óptico de partida 12 durante su fabricación aditiva no se ha completado. La relativa flexibilidad de este elemento óptico complementario 12 obtenido permite en particular facilitar el ensamblaje descrito anteriormente en la etapa 400. En este caso, la etapa de consolidación corresponde en realidad a la etapa de irradiación 500.

40 La unidad 2 está además configurada para determinar en la etapa 116 (“determinación de la consigna de fabricación y generación de un fichero de fabricación”) la consigna de fabricación del elemento óptico complementario 12, y generar así un fichero de fabricación denominado “consigna”.

45 Esta etapa 116 de determinación de la consigna se realiza a partir de las características que comprende el fichero generado en la etapa 114 relativo a la geometría del elemento óptico complementario 12 sobre el soporte de fabricación 10, con índice final, y a partir de la determinación de la contracción dimensional y de la variación de índice en la etapa 115.

50 La unidad 2 está configurada para generar, en la etapa 117 (“consigna de fabricación sobre el soporte de fabricación en el punto de referencia de la máquina de fabricación aditiva”) el fichero de fabricación que corresponde a la consigna de fabricación sobre el soporte de fabricación 10 (en un punto de referencia de la máquina de la fabricación aditiva 1).

55 Este fichero “consigna” es similar al fichero de geometría del elemento óptico complementario 12 generado en la etapa 114, salvo que refleja una descripción modificada de la geometría deseada de este elemento óptico complementario 12 a fabricar con, en la práctica, una disposición modificada de los elementos de volumen predeterminados del o de los materiales; siendo estas modificaciones relacionadas con una eventual contracción dimensional durante la etapa de consolidación así como una eventual variación de índice del elemento óptico complementario 12 determinados en la etapa 115.

60 Por lo tanto, es este fichero “consigna” que caracteriza la geometría y la función óptica a aportar al elemento óptico complementario 12, teniendo en cuenta el hecho de que se combina con el sistema óptico de partida 30, para obtener una lente oftálmica 40 que tenga la función óptica correctora adaptada al portador.

65 Es también a partir de este fichero “consigna” que caracteriza la geometría y la función óptica a aportar al elemento óptico complementario 12 que este último está fabricado.

Para ello, la unidad 2 puede también ser configurada para iniciar la etapa 118 ("fabricación aditiva del elemento óptico complementario sobre el soporte de fabricación"), la fabricación aditiva del elemento óptico complementario 12 sobre el soporte de fabricación 10 en la máquina de fabricación aditiva 1, en base a las características del fichero de fabricación generado en la etapa 117.

5 Se observará (figura 4) que los resultados de la etapa de determinación 115 pueden tenerse en cuenta durante la etapa 114 de generación del fichero que refleja la geometría deseada del elemento óptico complementario a fabricar. Este fichero se genera entonces teniendo en cuenta, en el caso en el que el procedimiento comprende una etapa de consolidación, la variación de geometría y de índice entre el elemento óptico complementario durante el ensamblaje con el elemento óptico de partida y posteriormente a la etapa de consolidación. Cabe señalar que se trata en realidad de realizar la etapa 116 directamente durante la etapa 114.

10 La unidad de control y de mando 2 está configurada para ejecutar un programa para la realización del procedimiento de fabricación de la lente oftálmica, utilizando los parámetros recibidos, a fin de determinar la consigna de fabricación, incluso de realizar el elemento óptico complementario y después la lente oftálmica.

15 En una variante no ilustrada, una interfaz de comunicación cliente-servidor comprende un lado denominado proveedor y otro lado denominado cliente, comunicando estos dos lados a través de una red, por ejemplo de tipo Internet.

20 El lado proveedor comprende un servidor conectado a una unidad de control y de mando del mismo tipo que aquel de la figura 1, pero esta vez no integrado a una máquina de fabricación aditiva, siendo este servidor configurado para comunicar con la interfaz Internet.

25 El lado cliente está configurado para comunicar con la interfaz Internet, y está conectado a una unidad de control y de mando del mismo tiempo que la del lado proveedor.

Además, una unidad del lado cliente se conecta a una máquina de fabricación aditiva del mismo tipo que aquella de la figura 1 para fabricar el elemento óptico complementario de la lente oftálmica.

30 La unidad está configurada para recibir, del lado cliente, los ficheros de datos correspondientes en las etapas 100 (opcionalmente 101), 109, 111 y 112.

35 Esta unidad envía por medio de la interfaz Internet y del servidor estos datos a la unidad del lado proveedor para la determinación de la consigna de fabricación del elemento óptico complementario.

Esta unidad ejecuta a través de su sistema de tratamiento de datos el programa de ordenador que contiene para realizar el procedimiento de fabricación y así deducir la consigna de fabricación para fabricar el elemento óptico complementario.

40 La unidad envía, por medio del servidor y de la red, un fichero representativo de la consigna de fabricación determinada en la unidad de control y de mando del lado cliente.

45 Esta unidad del lado cliente está configurada para ejecutar un programa para la realización del procedimiento de fabricación de la lente oftálmica, utilizando los parámetros recibidos, a fin de realizar el elemento óptico complementario y después la lente oftálmica.

En unas variantes no ilustradas:

50 - la pluralidad de elementos de volumen predeterminados yuxtapuestos y superpuestos forma unas capas superpuestas que presentan cada una un grosor constante o variable sobre la longitud y/o que presentan todas el mismo grosor o no;

55 - el material es, por ejemplo, un material transparente depositado por estereolitografía, siendo este material por ejemplo un polímero epoxi comercializado por la compañía 3D SYSTEMS bajo la marca Accura® ClearVue;

60 - el material es un fotopolímero que comprende una o varias familias de moléculas que tienen una o varias funciones acrílicas, metacrílicas, acrilatos, metacrilatos, una familia de moléculas que tiene una o varias funciones epoxi, tioepoxi, una familia de moléculas que tienen una o varias funciones viniléter, vinilcaprolactamo, vinilpirolidona o una combinación de estas funciones; pudiendo las funciones químicas mencionadas llevarse por unos monómeros o unos oligómeros o una combinación de monómeros y oligómeros;

- el material puede comprender al menos un foto-iniciador;

65 - el material puede comprender unos coloides, en particular unas partículas coloidales que tienen unas dimensiones, por ejemplo, inferiores a las longitudes de onda visibles, tales como, por ejemplo, unas partículas coloidales de óxido de sílice SiO<sub>2</sub> o unas partículas coloidales de óxido de circonio ZrO<sub>2</sub>;

- 5 - 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 azo, o rodaminas, o cianinas, o polimetinas, o merocianinas, o fluoresceínas, o pirilio, o ftalocianinas, o perilenos, o benzatronas, o antrapirimidinas, o antrapiridonas, o también un colorante provisto de complejos metálicos tal como unos quelatos o unos criptatos de tierras raras;
- 10 - el sistema óptico de partida se realiza en otros materiales tales como el policarbonato, el polimetilmetacilato, la poliamida o unos polímeros tiouretanos o episulfidos, por ejemplo, los materiales comercializados por la compañía Essilor bajo los nombres Orma, Airwear, Ormix, Stylis o Lineis, y los índices están comprendidos por ejemplo en el intervalo [1,5; 1,74] para el espectro visible;
- 15 - el procedimiento comprende además una otras diversas etapas de fabricación, por ejemplo, una etapa de pulido de la lente oftálmica o también una etapa de marcado para formar unas marcas denominadas temporales;
- 20 - el soporte de fabricación presenta una superficie de fabricación sobre la cual se fabrica de manera aditiva el elemento óptico complementario, superficie de fabricación que es, al menos parcialmente, plana y/o al menos parcialmente esférica;
- 25 - el sistema óptico aditivo se deposita directamente y se fija sobre el sistema óptico de partida y por lo tanto la lente oftálmica se forma así por el sistema óptico de partida, el soporte de fabricación así como el elemento óptico complementario; y, llegado el caso, el soporte de fabricación puede formarse, como el sistema óptico de partida, de un material generalmente utilizado para la fabricación de lentes oftálmicas, y puede ser también una película de polímero de calidad óptica tal como una película de PET (tereftalato de polietileno) o de TAC (triacetato de celulosa) o de PU (poliuretano) o de COC (cicloolefina copolímero o polímero) o de PC (policarbonato);
- 30 - el procedimiento de fabricación no comprende etapa suplementaria de irradiación térmica, sino más bien una etapa de irradiación con ultravioletas, incluso ninguna etapa de irradiación;
- 35 - el procedimiento de fabricación comprende una etapa en la que se tener en cuenta la variación de índice del material del elemento óptico complementario puede realizarse en forma de un bucle de optimización repetitiva según unos procedimientos de optimización conocidos;
- 40 - la lente oftálmica comprende un sistema óptico de partida y dos elementos ópticos complementarios dispuestos a ambos lados del sistema óptico de partida (el cual está en sándwich); con al menos uno de los dos elementos ópticos complementarios que se fabrican de la manera descrita anteriormente, teniendo en cuenta no sólo la función óptica del elemento óptico de partida, sino teniendo en cuenta también la función óptica del otro de los dos elementos ópticos complementarios;
- 45 - el sistema óptico de partida está teñido y presenta absorción, y/o está recubierto de un tratamiento configurado para modificar sus características de transmisión y/o de estabilidad mecánica;
- 50 - el material del elemento óptico complementario comprende opcionalmente uno o varios colorantes, y/o unas nanopartículas configuradas para modificar su transmisión óptica y/o su aspecto, y/o unas nanopartículas o aditivos configurados para modificar sus propiedades mecánicas;
- 55 - la máquina de fabricación aditiva no es una máquina de impresión tridimensional, más bien una máquina de estereolitografía, (SLA para "Stereolithography Apparatus" en inglés) o una máquina de extrusión por alambre termoplástico, también denominada máquina de deposición con alambre extendido (FDM para "Fuse Déposition Modeling" en inglés);
- 60 - la unidad de control y de mando comprende un microcontrolador en lugar del microprocesador;
- 65 - la interfaz de comunicación cliente-servidor comprende unos dispositivos configurados para transferir la consigna de fabricación del elemento óptico complementario determinada por un programa de ordenador, el cual comprende unas instrucciones configuradas para realizar cada una de las etapas del procedimiento de fabricación descrito anteriormente cuando este programa de ordenador se ejecuta en una unidad de control y de mando que comprende unos elementos sistémicos configurados para ejecutar dicho programa de ordenador;
- la interfaz de comunicación permite la comunicación a través de otros medios que la red Internet, por ejemplo a través una red intranet o una red privada protegida; y/o
- la interfaz de comunicación permite transferir el conjunto del programa de ordenador hacia un sistema de tratamiento de datos distante para la realización del procedimiento de fabricación en otra máquina de fabricación aditiva, y opcionalmente en una o varias otras máquinas de ensamblaje y/o de pulido.
- Se recuerda más generalmente que la invención no se limita a los ejemplos descritos y representados.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de fabricación de una lente oftálmica (40) que presenta al menos una función óptica, caracterizado por que comprende la etapa de fabricación de manera aditiva (118) un elemento óptico complementario (12) mediante la deposición de una pluralidad de elementos de volumen predeterminados de un material que tiene un índice de refracción predeterminado (24) sobre un soporte de fabricación predeterminado (10), estando dicho elemento óptico complementario (12) configurado para ensamblarse con un sistema óptico de partida (30);
- 10 con dicha etapa de fabricación de manera aditiva (118) que comprende la etapa de determinación de una consigna de fabricación (116) a partir de características de deformación de dicho elemento óptico complementario (12) debido a la transferencia de este último hacia dicho sistema óptico de partida (30);
- 15 y con dicha etapa de determinación de una consigna de fabricación (116) que comprende la etapa de determinación de dichas características de deformación (113) de dicho elemento óptico complementario (12) a partir de características geométricas de dicho soporte de fabricación (10), a partir de características geométricas de dicho sistema óptico de partida (30), y a partir de características de dicha función óptica a aportar a dicha lente oftálmica (40).
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha función óptica a aportar a dicha lente oftálmica (40) es característica de valores de prescripción relacionados con un portador de dicha lente oftálmica (40) y opcionalmente de datos complementarios de uso y/o de personalización.
- 25 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que dicho sistema óptico de partida (30) presenta una función óptica inicial y dichas características de deformación se determinan (113) además a partir de características de dicha función óptica inicial de dicho sistema óptico de partida (30).
- 30 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dichas características de deformación son determinadas (113) además a partir de un valor de dicho índice de refracción de dicho material (24) en el que se fabrica de manera aditiva dicho elemento óptico complementario (12).
- 35 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dicha etapa de determinación de una consigna de fabricación (116) comprende además la etapa de determinación de una contracción dimensional y/o una variación de índice de refracción de dicho material (24) en el que se fabrica de manera aditiva dicho elemento óptico complementario (12).
- 40 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dicho elemento óptico complementario (12), junto con dicho soporte de fabricación (10) están configurados para ensamblarse con dicho sistema óptico de partida (30), o dicho elemento óptico complementario (12) está configurado para retirarse de dicho soporte de fabricación (10) antes de ensamblarse con dicho sistema óptico de partida (30).
- 45 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que dicha etapa de fabricación aditiva (118) de dicho elemento óptico complementario (12) se realiza, a partir de dicha consigna de fabricación determinada, por dicha deposición de una pluralidad de dichos elementos de volumen predeterminado de un material (24) foto-polimerizable en forma líquida, y dicha etapa de fabricación aditiva (118) está configurada para que dicho elemento óptico complementario (12) obtenido sea al menos parcialmente deformable, por ejemplo en forma de gel.
- 50 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que comprende además la etapa de proporcionar (200) dicho sistema óptico de partida (30), la etapa de proporcionar (300) dicho elemento óptico complementario (12) y la etapa de depositar y fijar (400) dicho elemento óptico complementario (12) sobre dicho sistema óptico de partida (30) para obtener dicha lente oftálmica (40).
- 55 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende una etapa de irradiación (500) con dicha lente oftálmica (40).
10. Máquina de fabricación aditiva configurada para fabricar una lente oftálmica (40) y que comprende una unidad de control y de mando (2) provista de elementos sistémicos (3, 4, 5) que comprende un programa de ordenador que comprende unas instrucciones configuradas para realizar cada una de las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

Fig.1

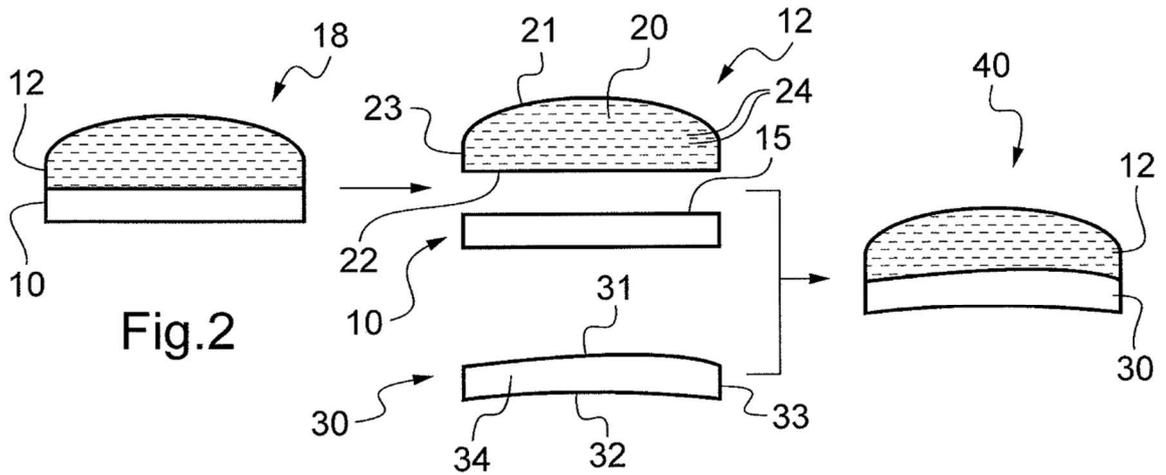
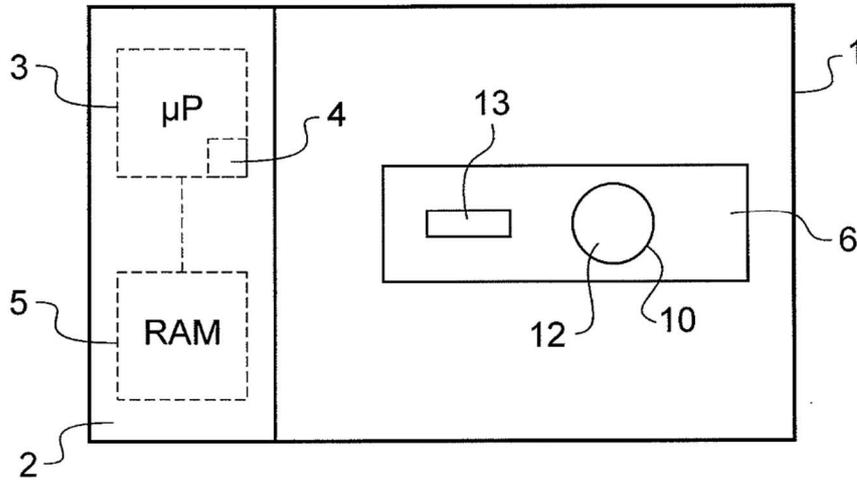
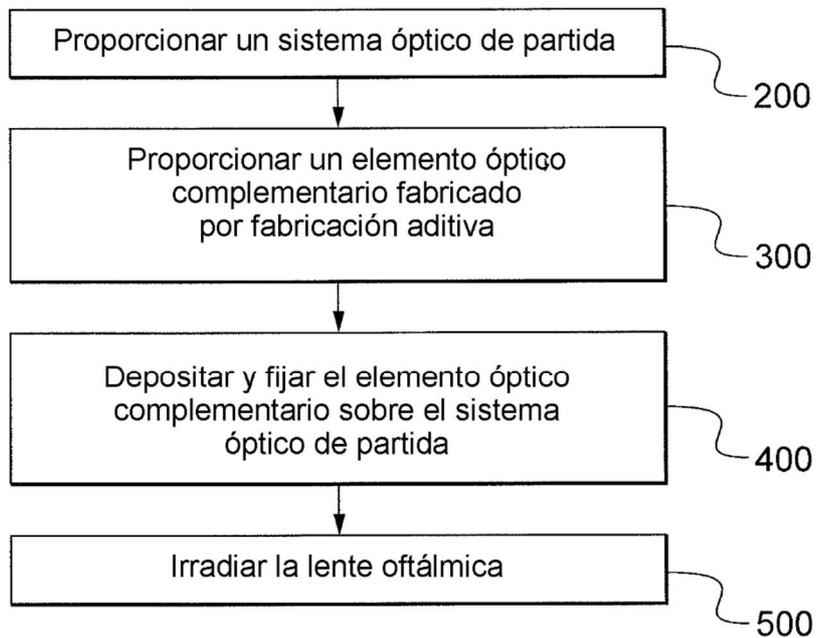


Fig.3



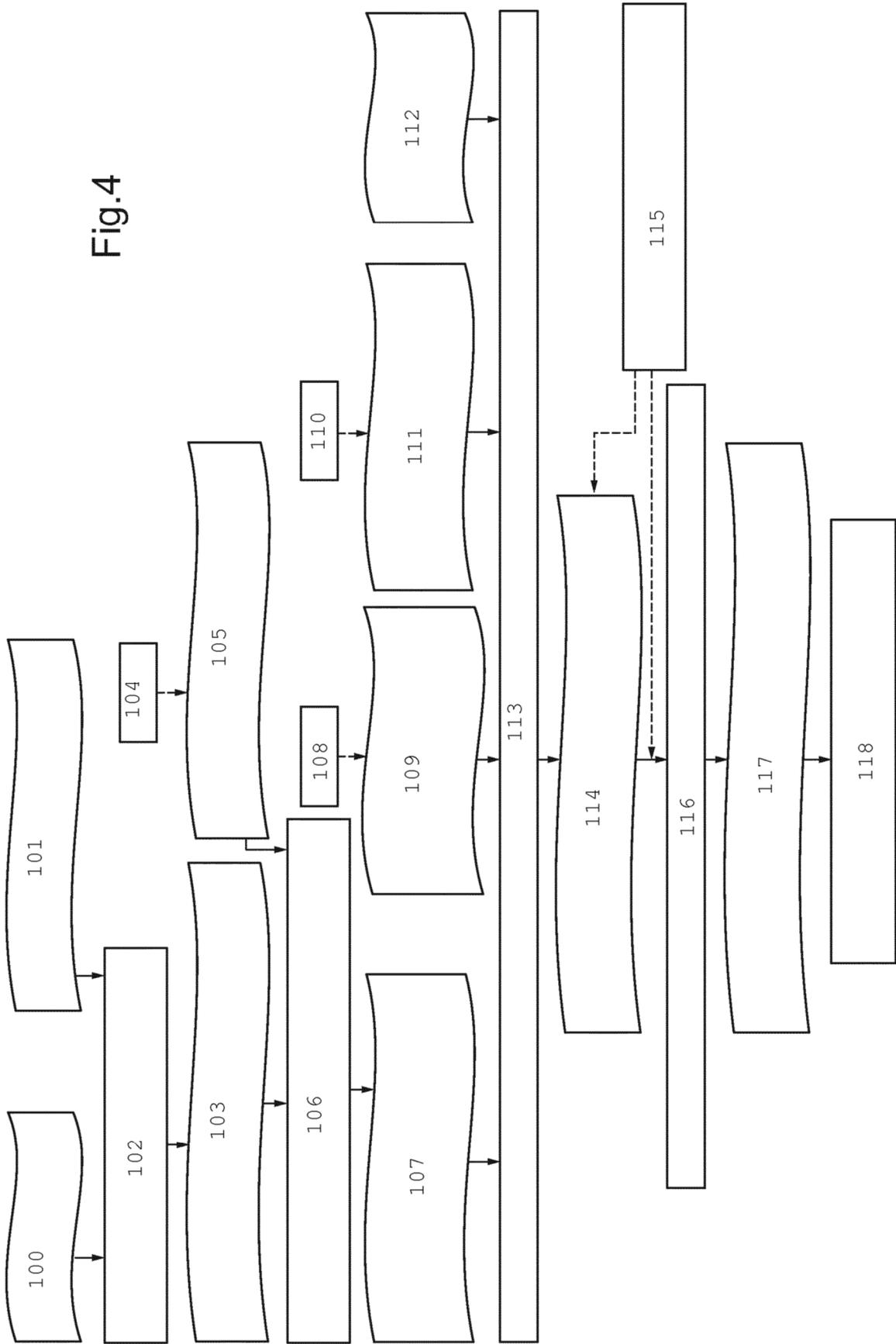


Fig.4