

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 108**

51 Int. Cl.:

B29D 11/00 (2006.01)

B29C 35/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2008 E 08795507 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015 EP 2178694**

54 Título: **Métodos de formación de un precursor de lente oftálmica, y lente**

30 Prioridad:

21.08.2007 US 957069 P
20.08.2008 US 195132

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.05.2015

73 Titular/es:

JOHNSON & JOHNSON VISION CARE INC.
(100.0%)
7500 CENTURION PARKWAY, SUITE 100
JACKSONVILLE, FL 32256, US

72 Inventor/es:

WIDMAN, MICHAEL F.;
ENNS, JOHN B.;
POWELL, P. MARK y
SITES, PETER W.

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 535 108 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).

Métodos de formación de un precursor de lente oftálmica, y lente

Descripción

5 CAMPO DE USO

La presente invención describe un aparato para la fabricación de lentes oftálmicas y, más específicamente, en algunas formas de realización, la fabricación de un Precursor de Lente útil para la formación de lentes de contacto personalizadas.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Las lentes oftálmicas se fabrican a menudo mediante moldeo por vaciado, en el que se deposita un material monomérico en una cavidad definida entre las superficies ópticas de las partes opuestas de un molde. Los moldes con múltiples partes utilizados para moldear hidrogeles en forma de artículo útil, tal como una lente oftálmica, pueden incluir, por ejemplo, una primera parte de molde con una parte convexa que se corresponde con una curva posterior de una lente oftálmica y una segunda parte de molde con una parte cóncava que se corresponde con una curva frontal de la lente oftálmica. Para preparar una lente mediante tales partes de molde, se coloca una formulación de lente de hidrogel no curada entre una parte de molde curva frontal desechable de plástico y una parte de molde curva posterior desechable de plástico.

20 La parte de molde curva frontal y la parte de molde curva posterior se forman por lo general mediante técnicas de moldeo por inyección en las que se mete plástico fundido en herramental de acero altamente mecanizado con al menos una superficie de calidad óptica.

25 Las partes de molde curva frontal y curva posterior se juntan para dar forma a la lente según los parámetros de lente deseados. Posteriormente, se cura la formulación de lente, por ejemplo por exposición al calor y a la luz, formando de este modo una lente. Después del curado, se separan las partes de molde y se saca la lente de las partes de molde.

30 El moldeo por vaciado de lentes oftálmicas ha sido especialmente exitoso para la fabricación en grandes cantidades de un número limitado de tamaños y potencias de lente. Sin embargo, la naturaleza de los equipos y los procesos de moldeo por inyección hacen que sea difícil formar lentes personalizadas específicas para el ojo de un paciente en concreto o una aplicación concreta. Por consiguiente, se han explorado otras técnicas, tales como: 35 torneado un botón de lente y técnicas de estereolitografía. Sin embargo, el torneado requiere un material de lente de alto módulo, requiere mucho tiempo y está limitado en el ámbito de la superficie disponible y la estereolitografía no ha producido una lente adecuada para el uso humano.

40 En el documento US 4701288 se describe una lente de contacto híbrida con un polímero relativamente duro para el segmento central y un polímero relativamente blando para el segmento anular. Durante el procesamiento, todas las regiones del monómero se irradian de manera uniforme.

45 Por lo tanto, resulta deseable disponer de métodos y aparatos adicionales que conduzcan a la formación de una lente oftálmica de una forma y tamaño predeterminados de manera que pueda personalizarse para un paciente o fin específicos, o ambos.

RESUMEN DE LA INVENCION

50 La presente invención se refiere a métodos tal como se definen en la reivindicación 1, para formar un Precursor de Lente oftálmica, en el que, en algunas formas de realización, el Precursor de Lente puede utilizarse posteriormente para formar una lente oftálmica. En general, los métodos de formación de un Precursor de Lente oftálmica incluyen colocar un sustrato con una zona de calidad óptica en contacto con un volumen de Mezcla Reactiva y transmitir suficiente radiación actínica a través del sustrato para polimerizar una parte del volumen de la Mezcla Reactiva. A continuación, el Precursor de Lente puede formar una primera superficie a lo largo de la zona de 55 calidad óptica y una segunda porción de la superficie que se forma libremente dentro del volumen de la Mezcla Reactiva y no incluye la totalidad de la Mezcla Reactiva.

60 Los aspectos adicionales de la presente invención incluyen calcular un perfil de intensidad; y transmitir la radiación actínica a través del sustrato en base al perfil de intensidad. La superficie del Precursor de Lente formada libremente se forma por consiguiente en base al perfil de intensidad.

65 La Mezcla Reactiva incluye un componente absorbente de la radiación capaz de absorber la radiación actínica transmitida a través del único sustrato. El componente absorbente de la radiación absorbe suficiente radiación a lo largo de un vector de transmitancia de radiación para cesar la polimerización en la dirección del vector. Por lo tanto, se forma una segunda superficie según una serie de vectores y una profundidad de polimerización de

cada vector. En algunas formas de realización, una primera superficie de la lente formada tendrá un primer módulo y la segunda superficie de la lente tendrá un segundo módulo.

5 Las formas de realización también incluyen cada vector de radiación actínica como asociado con un vóxel de material de lente polimerizado o parcialmente polimerizado y la transmisión de radiación actínica como controlada vóxel a vóxel. La transmisión de radiación actínica vóxel a vóxel puede controlarse mediante un procesador que ejecuta código ejecutable en comunicación con un aparato con dispositivo digital de microespejos. El dispositivo digital de microespejos puede incluir, a modo de ejemplo, tres o más chips de dispositivo digital de microespejos.

10 En algunas formas de realización específicas, puede calcularse una profundidad de penetración de radiación actínica en la Mezcla Reactiva desde un punto en la superficie del sustrato según la Ley de Beer.

15 En otro aspecto, una vez que se han formado una primera y segunda superficie, puede aclararse un Precursor de Lente en una solución. La solución puede incluir, a modo de ejemplo no limitativo, Mezcla Reactiva sin reaccionar o una solución de hidratación capaz de hinchar el Precursor de Lente. En algunas formas de realización, la solución puede someterse a ultrasonidos durante el aclarado.

20 En general, diversas formas de realización pueden incluir la transmisión de radiación actínica durante un tiempo predeterminado y en un patrón dinámico o un patrón estático.

25 Puede formarse una lente oftálmica haciendo fluir una cantidad de material fluente sobre la segunda superficie del Precursor de Lente durante un período de permanencia y exponer el Precursor de Lente a una exposición a una segunda radiación actínica. Además, en algunas formas de realización, la segunda cantidad de un material fluente puede evacuarse o drenarse de la segunda superficie formada del Precursor de Lente.

30 En otro aspecto más, puede transmitirse una primera exposición de radiación actínica a través del sustrato en base a un perfil de intensidad predeterminado que hace que la radiación actínica sea controlada vóxel a vóxel. Además, en algunas formas de realización, el perfil puede dar como resultado la formación de una primera superficie del Precursor de Lente o lente oftálmica con un módulo superior a un módulo de la segunda superficie de la lente oftálmica.

35 Algunas formas de realización también pueden incluir un método para controlar una fuente de radiación actínica de fijación adecuada para formar una lente oftálmica a partir de un Precursor de Lente. Otros aspectos pueden incluir procesadores y dispositivos de almacenamiento de software capaces de controlar el aparato automatizado que se analiza en el presente documento.

40 Una primera sección del aparato para permitir los métodos descritos en el presente documento y proporcionar un constructo para tomar parámetros ópticos y convertirlos en un producto material que tras la posterior producción satisfará los parámetros deseados de lente oftálmica. Esta primera sección, incluye el aparato óptico de litografía basada en vóxel. Programando la exposición de la intensidad de manera digital y llevando esa exposición a ubicaciones específicas en las superficies curvas de un componente óptico, el aparato hace que la reacción actínica se produzca de manera controlable y programable.

45 Uno de los productos que pueden obtenerse mediante los procesos utilizando la sección óptica de litografía de Vóxel de este aparato se denomina "Precursor de Lente". Este Precursor de Lente tiene regiones fluentes y estructurales. En una forma de realización preferente, las regiones estructurales vienen determinadas en gran parte por el funcionamiento de la sección de litografía de Vóxel; sin embargo, la región fluente puede determinarse de numerosas maneras, mientras que también se ve influida por la sección de litografía de Vóxel. Formas de realización alternativas pueden formar una lente a partir del efecto de la sección de litografía de Vóxel sin pasar por el producto intermedio Precursor de Lente.

50 El Precursor de Lente puede procesarse adicionalmente en una segunda subsección del novedoso aparato útil para procesar el componente fluente. Esta sección de evacuación incluye un aparato útil para ajustar y controlar la cantidad y otras características del componente fluente en la entidad Precursor de Lente.

55 Otra subsección más del aparato incluye componentes que permiten el procesamiento controlado de este material fluente restante bajo fuerzas que influyen en su aspecto fluente. Controlando el flujo, pueden obtenerse superficies únicas de alta calidad después de haber fijado el material fluente en un segundo proceso de irradiación actínica.

60 Las producciones de lente de estas diversas subsecciones se procesan adicionalmente en secciones útiles para medir la lente tanto en una forma hinchada como no hinchada. Además, el aparato para hidratar e hinchar las lentes incluye todavía otras subsecciones del aparato. El resultado son lentes oftálmicas que alcanzan los requisitos ópticos y funcionales.

65

Algunas formas de realización se derivan de métodos para formar un Precursor de Lente de manera flexible y programable mediante procesamiento litográfico basado en Vóxel.

5 La capacidad de transformar Precursores de Lente con diversas formas en lentes oftálmicas de alta calidad, incluye otras formas de realización de dicho aparato novedoso.

10 Otras formas de realización más utilizan la capacidad del aparato de litografía de Vóxel para formar Precursores de Lente y lentes oftálmicas que tienen rasgos además de las características ópticas de partes de las mismas.

Se describen adicionalmente aparatos para la puesta en práctica de los métodos descritos en el presente documento en la solicitud relacionada titulada "Apparatus for Formation of an Ophthalmic Lens Precursor and Lens", presentada simultáneamente con la presente.

15 Por consiguiente, la presente invención incluye métodos para formar una lente de contacto personalizada, con rendimiento óptico variado y con características no ópticas variadas de manera flexible y programable. Se obtiene una lente oftálmica que comprende una naturaleza material variada; incluida una lente de hidrogel, y en algunas formas de realización, una lente de hidrogel de silicona.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 ilustra las etapas del método que pueden utilizarse para poner en práctica algunas formas de realización de la presente invención.

25 La Fig. 2 ilustra adicionalmente las etapas del método que pueden utilizarse para poner en práctica algunas formas de realización de la presente invención.

30 La Fig. 3 ilustra un ejemplo de la relación entre la absorbancia y la transmitancia con la radiación de formación y fijación.

La Fig. 4 ilustra un ejemplo de la lente producida con la invención descrita en el presente documento.

35 La Fig. 5 ilustra los componentes del aparato que pueden ser útiles en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención que comprende la litografía basada en vóxel.

La Fig. 6 ilustra los componentes del aparato de fuente luminosa ejemplares que pueden ser útiles en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

40 La Fig. 7 ilustra los componentes del aparato óptico ejemplares que pueden ser útiles en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

La Fig. 8 ilustra los componentes del aparato digital de microespejos ejemplares que pueden ser útiles en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

45 La Fig. 9 ilustra los componentes adicionales del aparato que pueden ser útiles en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

50 La Fig. 10 ilustra un óptico de formación ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

La Fig. 11 ilustra un depósito de monómero ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

55 La Fig. 12 ilustra un aparato de eliminación de material ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

La Fig. 13 ilustra los sistemas de movimiento global de un aparato de eliminación de material ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

60 La Fig. 14 ilustra un aparato de estabilización y fijación ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

65 La Fig. 15 ilustra un sistema de metrología ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

La Fig. 16 ilustra un sistema de hidratación y eliminación ejemplar que puede ser útil en la puesta en práctica de algunas formas de realización de la presente invención.

La Fig. 17 ilustra una representación en sección transversal ejemplar de un Precursor de Lente.

La Fig. 18 ilustra una representación en sección transversal ejemplar de un óptico de formación de lente y depósito de mezcla monomérica reactiva combinados.

La Fig. 19 ilustra la salida del modelo ejemplar del espesor formado en función del tiempo de exposición a diferentes intensidades de exposición.

"DMD" tal como se utiliza en el presente documento, un dispositivo digital de microespejos, es un modulador espacial de luz biestable que consiste en una matriz de microespejos móviles montados funcionalmente sobre un CMOS SRAM. Cada espejo se controla independientemente cargando datos en la célula de memoria por debajo del espejo para dirigir la luz reflejada, mapeando espacialmente un píxel de datos de vídeo a un píxel en una pantalla. Los datos controlan electrostáticamente el ángulo de inclinación del espejo de forma binaria, donde los estados de espejo son +X grados (activado) o -X grados (desactivado). Para los dispositivos actuales, X puede ser 10 grados ó 12 grados (nominal). A continuación, se hace pasar la luz reflejada por los espejos activados a través de una lente de proyección y sobre una pantalla. La luz se refleja para crear un campo oscuro, y define la base del nivel de negro para la imagen. Las imágenes se crean mediante modulación de la escala de grises entre los niveles activado y desactivado a una velocidad lo suficientemente rápida para ser integrada por el observador. El DMD (dispositivo digital de microespejos) es veces un sistema de proyección DLP.

"Guión DMD" tal como se utiliza en el presente documento se referirá a un protocolo de control para un modulador espacial de luz y también para las señales de control de cualquier componente del sistema, tal como, por ejemplo, una fuente luminosa o rueda de filtros, cualquiera de las cuales puede incluir una serie de secuencias de órdenes en el tiempo. El uso del acrónimo DMD no pretende limitar el uso de este término a ningún tipo o tamaño particular de modulador espacial de luz.

"Etafilcon" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a un material ejemplar que puede utilizarse como Mezcla Reactiva y puede incluir aproximadamente: ~ 95% de HEMA (metacrilato de 2-hidroxietilo) y un 1,97% de MAA (ácido metacrílico) y un 0,78% de EGDMA (dimetacrilato de etilenglicol) y un 0,10% de TMPTMA (trimetacrilato de trimetilolpropano) - reticulador y ~ 1% de NORBLOC 7966 (un bloqueador de UV de tipo benzotriazol) y ~ 1% de fotoiniciador CGI 1700 y diluyente - BAGE (éster de glicerol de ácido bórico) (US 4.495.313) en una relación 52:48 de componente reactivo:diluyente.

"Radiación de fijación" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a una radiación actínica suficiente para uno o más de entre: polimerizar y reticular esencialmente toda la Mezcla Reactiva que comprende un Precursor de Lente o lente.

"Medio Reactivo de Lente Fluente", tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a una Mezcla Reactiva que es dispersable, ya sea en su forma nativa, forma reaccionada o forma parcialmente reaccionada, y que se conforma tras su procesamiento adicional en una parte de una lente oftálmica.

"Forma libre". Tal como se utiliza en el presente documento "formada libremente" o "de forma libre" se refiere a una superficie que se forma por reticulación de una Mezcla Reactiva y no se conforma según un molde de vaciado.

"Punto de gelificación" tal como se utiliza en el presente documento se referirá al punto en el que se observa por primera vez un gel o fracción insoluble. El punto de gelificación es el grado de conversión en el que la mezcla de polimerización líquida se convierte en un sólido. El punto de gelificación puede determinarse utilizando un experimento Soxhlet: se detiene la reacción del polímero en diferentes instantes de tiempo y se analiza el polímero resultante para determinar la fracción en peso de polímero insoluble residual. Los datos pueden extrapolarse hasta el punto en el que no haya gel presente. Este punto en el que no hay gel presente es el punto de gelificación. El punto de gelificación también puede determinarse analizando la viscosidad de la mezcla de reacción durante la reacción. La viscosidad puede medirse utilizando un reómetro de placas paralelas, estando la mezcla de reacción entre las placas. Al menos una placa debería ser transparente a la radiación en la longitud de onda utilizada para la polimerización. El punto en el que la viscosidad tiende a infinito es el punto de gelificación. El punto de gelificación se produce en el mismo grado de conversión para un determinado sistema de polímero y condiciones de reacción especificadas.

"Lente". Tal como se utiliza en el presente documento "lente" se refiere a cualquier dispositivo oftálmico que se encuentra en o sobre el ojo. Estos dispositivos pueden proporcionar corrección óptica o pueden ser cosméticos. Por ejemplo, el término "lente" puede referirse a una lente de contacto, lente intraocular, lente con revestimiento, inserto ocular, inserto óptico u otro dispositivo similar a través del cual se corrige o modifica la visión, o a través del cual se mejora cosméticamente la fisiología del ojo (por ejemplo, el color del iris) sin obstaculizar la visión. En

algunas formas de realización, las lentes preferentes son lentes de contacto blandas, hechas de hidrogeles o elastómeros de silicona, que incluyen pero no se limitan a hidrogeles de silicona y fluorohidrogeles.

5 "Precursor de Lente" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a un objeto composite que consiste en un precursor de una Forma de Precursor de Lente y una Mezcla Reactiva de Lente Fluente en contacto con la Forma de Precursor de Lente. Por ejemplo, en algunas formas de realización del Medio Reactivo de Lente Fluente se forma durante la producción de una Forma de Precursor de Lente dentro de un volumen de Mezcla Reactiva. La separación de la Forma de Precursor de Lente y Medio Reactivo de Lente Fluente adherido del volumen de Mezcla Reactiva utilizada para producir la Forma de Precursor de Lente puede generar un Precursor de Lente. Además, puede convertirse un Precursor de Lente en una entidad diferente, ya sea mediante la eliminación de cantidades significativas de Mezcla Reactiva de Lente Fluente o la conversión de una cantidad significativa de Medio Reactivo de Lente Fluente en material incorporado no fluente.

15 "Forma de Precursor de Lente" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a un objeto no fluente con al menos una superficie de calidad óptica que es coherente con el hecho de ser incorporado tras su procesamiento adicional para convertirlo en una lente oftálmica.

20 "Mezcla de Formación de Lente". Tal como se utiliza en el presente documento, la expresión "Mezcla Reactiva" o "RMM" (mezcla monomérica reactiva) se refiere a un material monomérico o prepolimérico que puede curarse y reticularse o reticularse para formar una lente oftálmica. Diversas formas de realización pueden incluir mezclas de formación de lente con uno o más aditivos tales como: bloqueadores de UV, tintes, fotoiniciadores o catalizadores, y otros aditivos que podrían resultar deseables en las lentes oftálmicas, tales como lentes de contacto o intraoculares.

25 "Molde" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a un objeto rígido o semirrígido que puede utilizarse para formar lentes a partir de formulaciones sin curar. Algunos moldes preferentes incluyen dos partes de molde que forman una parte de molde curva frontal y una parte de molde curva posterior.

30 "Componente absorbente de la radiación". Tal como se utiliza en el presente documento, la expresión se refiere a un componente absorbente de la radiación que puede combinarse en una formulación de mezcla monomérica reactiva y que puede absorber la radiación en un intervalo específico de longitudes de onda.

35 Mezcla Reactiva (también denominada a veces en el presente documento: Mezcla de Formación de Lente o Mezcla Monomérica Reactiva y con el mismo significado que "Mezcla de Formación de Lente").

"Liberar de un molde". Tal como se utiliza en el presente documento, "liberar de un molde," se refiere a que una lente queda completamente separada del molde, o queda fijada solo débilmente de manera que puede retirarse con agitación suave o quitarse con un hisopo.

40 "Precursor de Lente Estereolitográfico" tal como se utiliza en el presente documento se refiere a un Precursor de Lente en el que la Forma de Precursor de Lente se ha formado mediante el uso de una técnica de estereolitografía.

45 "Sustrato". Una entidad física sobre la que se colocan o se forman otras entidades.

50 "Medio Reactivo de Lente Transitorio" tal como se utiliza en el presente documento se refiere a una Mezcla Reactiva que puede permanecer en forma fluente o no fluente en una Forma de Precursor de Lente. Sin embargo, el Medio Reactivo de Lente Transitorio se elimina significativamente mediante uno o más de: etapas de limpieza, solvatación e hidratación antes de que quede incorporado en una lente oftálmica. Por lo tanto, para mayor claridad, la combinación de una Forma de Precursor de Lente y la Mezcla Reactiva de lente transitoria no constituye un Precursor de Lente.

55 "Vóxel". Tal como se utiliza en el presente documento "Vóxel" o " Vóxel de Radiación Actínica " es un elemento de volumen, que representa un valor en una rejilla regular en el espacio tridimensional. Un Vóxel puede visualizarse como un pixel tridimensional, sin embargo, donde un píxel representa datos de imagen 2D un Vóxel incluye una tercera dimensión. Además, donde los Vóxeles se utilizan frecuentemente en la visualización y el análisis de datos médicos y científicos, en la presente invención, un Vóxel se utiliza para definir los límites de una cantidad de radiación actínica que alcanza un volumen particular de Mezcla Reactiva, controlando de este modo la velocidad de reticulación o polimerización de ese volumen específico de Mezcla Reactiva. A modo de ejemplo, los Vóxeles se consideran en la presente invención como existentes en una única capa conforme a una superficie de molde 2-D en la que la Radiación Actínica puede dirigirse normal a la superficie 2-D

60 y en una dimensión axial común de cada Vóxel. A modo de ejemplo, el volumen específico de la Mezcla Reactiva puede reticularse o polimerizarse de acuerdo con 768X768 Vóxeles.

"Precursor de Lente basado en Voxel". Tal como se utiliza en el presente documento "Precursor de Lente basado en Voxel" se refiere a un Precursor de Lente en el que la Forma de Precursor de Lente se ha formado mediante el uso de una técnica de litografía basada en voxel.

5 "X_{gel}". Tal como se utiliza en el presente documento, X_{gel} es el grado de conversión química de una Mezcla Reactiva reticulable en la que la fracción de gel se hace mayor que cero.

Aparato

10 El aparato descrito en el presente documento se presenta en general en cinco subsecciones principales, y el primer análisis de las formas de realización del aparato se organizará en análisis lógicos a nivel de subsección. Estas subsecciones son el aparato óptico de litografía basada en voxel, el aparato de evacuación, el aparato de estabilización y fijación, el aparato de metrología y el aparato de hidratación. Sin embargo, las subsecciones también funcionan como un aparato completo y esto debe considerarse a la luz de las formas de realización de la subsección.

Aparato óptico de litografía basada en voxel

20 El aparato óptico de litografía basada en voxel es el componente que utiliza radiación actínica para crear formas de lente y Precursores de Lente. El aparato toma radiación de intensidad muy uniforme y controla la irradiación sobre la superficie de un óptico de formación en numerosos puntos específicos por la superficie del óptico de formación, esencialmente Voxel a Voxel. Este control permite que este componente controle el grado de reacción que se produce en la Mezcla Reactiva a lo largo de la trayectoria de la luz de una ubicación de Voxel particular; determinando en última instancia el volumen de material reaccionado en ese punto y por lo tanto, la forma de un Precursor de Lente formado en el mismo.

25 Los componentes principales del aparato óptico de litografía basada en voxel se representan en una forma de realización ejemplar en la Fig. 5. Cada componente indicado se analiza detalladamente en una sección posterior. En este punto, se ofrece una visión de conjunto ejemplar para las funciones de subsección.

30 En relación a continuación a la Fig. 5, el aparato de formación 500, en este funcionamiento ejemplar puede comenzar funcionalmente en la fuente luminosa 520. En tales formas de realización, la luz generada en esta fuente 520 surge como luz en una banda definida de longitudes de onda pero con cierta variación espacial en la intensidad y dirección. El elemento 530, un colimador o regulador de intensidad espacial, condensa, difunde y, en algunas formas de realización, colima la luz para crear un haz de luz 540, que es muy uniforme en intensidad. Además, en algunas formas de realización, el haz 540 impacta en un dispositivo digital de microespejos DMD 510 que divide el haz en elementos píxel de intensidad, cada uno de los cuales puede asignarse un valor digital activado o desactivado. En realidad, el espejo en cada píxel simplemente refleja la luz en una de dos trayectorias. La trayectoria "ACTIVADO", elemento 550, es la trayectoria que conduce a fotones que avanzan hacia un medio químico reactivo. Por el contrario, en algunas formas de realización, un estado "DESACTIVADO" incluye una luz que se refleja a lo largo de una trayectoria diferente que se encontrará entre las trayectorias representadas como los elementos 516 y 517. Esta trayectoria "DESACTIVADO" dirige los fotones para que impacienten en un colector de haz 515 que ha sido cuidadosamente elaborado para absorber y atrapar cualquier fotón dirigido hacia ella. Volviendo a la trayectoria "ACTIVADO" 550, la luz representada en esta trayectoria incluye en realidad los potencialmente muchos valores de píxel diferentes que se han establecido en el valor "activado" y se dirigen espacialmente a lo largo de la trayectoria individual apropiada correspondiente a su ubicación de píxel. Una intensidad promediada temporalmente de cada uno de los elementos píxel a lo largo de sus respectivas trayectorias 550, puede representarse como un perfil de intensidad espacial 560, por la rejilla espacial definida por el DMD 510. Como alternativa, impactando en cada espejo una intensidad constante, el elemento 560 puede representar un perfil de exposición espacial temporal.

50 Seguidamente, cada elemento píxel en el estado activado tendrá fotones dirigidos a lo largo de su trayectoria 550. En algunas formas de realización, el haz puede enfocarse mediante un elemento de enfoque. A modo de ejemplo, la Fig. 5 500 representa una forma de realización en la que se capturan las trayectorias de luz 550 para que impacten de forma esencialmente vertical sobre la superficie óptica de un óptico de formación 580. La luz capturada avanza a continuación a través del óptico de formación 580, y en un volumen de espacio que contiene mezcla reactiva de lente en un depósito 590. Es la interacción de esta luz para una determinada ubicación de píxel lo que define un elemento voxel en estado activado en el volumen en el depósito 590, y alrededor del óptico de formación 580. Estos fotones en este volumen pueden ser absorbidos y precipitar una reacción actínica en la molécula que la absorbe, lo que conduce a un cambio de estado de polimerización del monómero en las inmediaciones.

60 Es de esta manera general para una forma de realización concreta que puede entenderse que funciona la óptica de litografía basada en voxel. Cada uno de estos elementos tiene por derecho propio características y formas de realización que describen los modos funcionales de este aparato. Puede obtenerse mayor comprensión de la invención subyacente profundizando en las complejidades individuales.

65

5 Siguiendo a continuación en la comprensión básica de la función del aparato presentado anteriormente, se analizará el sistema total en su conjunto. En algunas formas de realización se utilizan sistemas de litografía basada en vóxel en conjunto para generar lentes oftálmicas. (En la Fig. 4 se ilustra una representación gráfica de la superficie del frente de onda de una lente formada de este tipo).

10 En algunas formas de realización, puede controlarse el entorno ambiental, incluidas la temperatura y la humedad, que abarca el aparato 500. Otras formas de realización pueden incluir entornos compatibles con un entorno de laboratorio y por lo tanto pueden variar.

15 Puede controlarse la naturaleza del entorno gaseoso ambiental, por ejemplo, mediante el uso de gas nitrógeno de purga. La purga puede realizarse para aumentar o reducir la presión parcial de oxígeno a niveles predeterminados. La humedad también puede mantenerse a niveles relativamente predeterminados, tal como a niveles relativamente más bajos que un entorno de oficina.

20 El nivel de energía vibratoria que se permite que interaccione con los componentes individuales del aparato es otro parámetro ambiental que puede controlarse en algunas formas de realización. En algunas formas de realización, unas grandes estructuras macizas de soporte definen un entorno vibratorio relativamente bajo. Otras formas de realización pueden incluir que parte de o la totalidad del sistema de litografía basada en vóxel 500 sea soportado sobre soportes vibratorios activos. Sin limitar la generalidad de posible solución, es bien sabido en la técnica que los pistones de soporte de vejiga de aire pueden reducir significativamente la transferencia de la vibración en un sistema aislado. Otros medios convencionales de aislamiento vibratorio pueden ser también coherentes con el alcance de la invención.

25 El material particulado en el entorno del aparato puede introducir modos de defecto no deseados de diversos tipos, incluida la incorporación en el producto Precursores de Lente y lentes. Por ejemplo, en la trayectoria óptica, el material particulado puede modular la intensidad real de uno o más elementos vóxel y/o influir en la función de un elemento espejo particular. Por ello, como mínimo, está totalmente dentro del alcance de la invención proporcionar un medio de controlar el material particulado en el entorno. Un ejemplo de una forma de realización para conseguirlo sería la incorporación de filtros de partículas de aire de alta eficacia (HEPA) en el cuerpo del entorno del aparato y un medio para hacer pasar el aire a través de los filtros suficiente para establecer un régimen de flujo laminar en las partes expuestas del aparato. Sin embargo, cualquier forma de realización para limitar significativamente los niveles de material particulado en y alrededor del aparato pertenece al alcance pretendido de la invención.

30 Otro aspecto del soporte ambiental detallado para el aparato óptico según la presente invención, incluye la luz ambiental y las maneras de controlarla. En algunas formas de realización, la iluminación ambiental proporciona radiación actínica y, por lo tanto, es prudente limitar las fuentes huérfanas de energía fotónica.

35 Por consiguiente, en algunas formas de realización, el aparato 500 puede estar encerrado en materiales opacos en consonancia con las necesidades ambientales analizadas anteriormente. Una forma de realización preferente puede emplear el uso de fuentes de luz filtrada en el entorno del aparato, que puede ser suficiente para evitar la exposición de las partes activas del aparato a la iluminación ambiental contaminante.

40 En relación a continuación a la Fig. 6, considérese la fuente luminosa como se representa en una forma destacada 600. Los aspectos específicos de la energía luminosa pueden considerarse un aspecto fundamental de cualquier sistema de litografía y en las formas de realización de la presente invención que utilizan el aparato óptico de litografía basada en vóxel, la naturaleza de la fuente luminosa para el sistema puede ser importante.

45 En algunas formas de realización, resulta deseable que una fuente luminosa 620 proporcione luz en una banda estrecha del espectro. Los componentes de un sistema de iluminación ejemplar 600 proporcionan los medios para lograr dicho carácter estrecho del espectro. En una forma de realización preferente, una fuente luminosa incluye un diodo emisor de luz 620, que existe en un recinto y soporte ambiental 610. A efectos de ejemplo, en algunas formas de realización una fuente de diodo emisor de luz 620 puede incluir la fuente luminosa modelo AccuCure ULM-2-365 con regulador de Digital Light Lab Inc. (Knoxville, TN EE.UU.) Esta modelo emite una banda estrecha de luz en torno a 365 nm y que tiene además las características de una anchura total a la mitad del máximo de aproximadamente 9 nm. Por lo tanto, este componente de fuente luminosa disponible en el mercado ya emite luz en una banda estrecha deseable sin un aparato adicional. Es evidente que también puede utilizarse cualquier LED u otro producto emisor de luz de características similares.

50 Como alternativa, también pueden utilizarse fuentes luminosas con espectro más ancho, tales como, por ejemplo, lámparas de arco de carbono o lámparas de xenón 620. En esta alternativa, puede utilizarse una fuente de banda ancha 620. La luz emite fuera del recipiente ambiental 610 y avanza a través de una rueda de filtros 630 configurada en la fuente luminosa 620. La rueda de filtros 630 puede contener múltiples filtros distintos 631, en diferentes ubicaciones operativas y estos filtros 631, pueden, por ejemplo, incluir un filtro pasa banda que transmitirá la luz centrada a 365 nm con una anchura total a la mitad del máximo de un rendimiento a 10 nm similar. En esta forma de realización, la rueda de filtros puede ser accionada por un actuador motorizado 610 que puede indexar la

rueda de filtros a diferentes filtros; y permitir por lo tanto que la forma de realización del sistema de litografía Vóxel ejemplar 500 funcione en múltiples longitudes de onda seleccionables.

5 Es evidente que pueden derivarse fácilmente numerosas formas de realización alternativas que incluyen, en una perspectiva no limitativa, el hecho de que el filtro 631 puede estar montado de manera fija próximo a la fuente luminosa de banda ancha 620 y proporcionar una forma de realización apropiada. En otro aspecto, una capacidad de longitud de onda múltiple puede derivarse de una forma de realización alternativa en la que hay múltiples fuentes luminosas LED 620, en el entorno 610 que se activan individualmente para una longitud de onda diferente.

10 De manera más general, se pondrá de manifiesto que algunas formas de realización pueden incluir diversas fuentes luminosas, incluidas, por ejemplo, incandescentes, láser, emisoras de luz y otros productos análogos, con o sin filtros de diversos tipos. Además, en algunas formas de realización, pueden utilizarse fuentes luminosas capaces de emitir luz en una banda del espectro controlada y pertenecen al alcance de la presente invención.

15 La fuente luminosa 600, puede tener además la característica de ser estable, uniforme y relativamente intensa. En algunas formas de realización preferentes, una fuente luminosa LED AccuCure 620, emite luz intensa e incluye un circuito de retroalimentación de control interno para mantener una intensidad estable durante períodos de tiempo.

20 Una fuente luminosa 620 puede incluir medios para modular la intensidad de forma controlada; incluida modular la fuente activada y desactivada con un ciclo de servicio definido. Por lo tanto, durante un período de tiempo integrado, este modo de control de la intensidad dará como resultado niveles seleccionables de intensidad promediada temporalmente. Como alternativa, en una forma de realización operativa adicional, la fuente LED puede modular la intensidad mediante un modo de funcionamiento controlado por voltaje, en el que el cambio de intensidad se produce para el nivel independiente del tiempo de la intensidad emitida.

25 Para la estabilidad de la salida de cualquier componente de la fuente luminosa 620, los rasgos adicionales en el entorno de la fuente luminosa pueden incluir definiciones de forma de realización adicionales. Los ejemplos de este aspecto pueden incluir medios de control de la temperatura mediante sistemas de refrigeración. Otros controles ambientales pueden incluir diferentes definiciones de forma de realización coherentes con el propósito de la presente invención.

30 En un aspecto diferente, el aparato de fuente luminosa 600 proporciona una forma de realización alternativa para la modulación de la intensidad. Puede hacerse funcionar la fuente luminosa individual 620 para que emita una determinada intensidad y la rueda de filtros 630 puede ser accionada por un elemento motorizado 610, para interceptar la luz emitida con un filtro de densidad neutra 631. Por lo tanto, la intensidad de la luz proporcionada al resto del sistema de litografía de Vóxel 500 se modulará a una menor intensidad. Desde una perspectiva de generalización, puede advertirse que el diseño de los filtros individuales de luz 631 puede implicar numerosos grados de libertad e incluir por sí mismos diferentes aspectos de la forma de realización. A modo de ejemplo no limitativo, puede diseñarse un filtro para modular la intensidad de manera espacialmente definida de manera que defina una mayor intensidad a lo largo de una trayectoria por su cuerpo que en otra trayectoria. En un segundo ejemplo no limitativo, puede diseñarse una rueda de filtros para modular la intensidad de tal manera que se sincronice con el funcionamiento del DMD, permitiendo así la coordinación de píxeles e intensidades definidos por los valores de densidad de cada segmento de la rueda de filtros. Las combinaciones de estos modos de funcionamiento proporcionan formas de realización alternativas, y también debe quedar claro que pertenece al alcance de la invención cualquier medio de control de la intensidad de luz de las características así descritas.

35 Independientemente de la forma de realización del componente de fuente luminosa 620, y de su entorno, una forma de realización que incluye una rueda de filtros 630 puede permitir una forma de realización de un modo de funcionamiento para obturar un elemento de filtro 631 que actúa para bloquear completamente la irradiación del resto del sistema óptico 500. Pueden existir numerosas ventajas a la incorporación de una función de este tipo, incluidas la estabilidad y la longevidad de los componentes ópticos aguas abajo. Además, en algunas formas de realización, puede mejorarse la estabilidad de un componente de fuente luminosa 620 si se le permite funcionar de manera continua. Un filtro de bloqueo 631 puede permitir medios para llevar a cabo las etapas en el resto del sistema operativo que requieren ausencia de la luz de la fuente luminosa 600. Es evidente para un experto en la materia que aunque se ha descrito una ubicación concreta de la rueda de filtros 630, puede haber diferentes ubicaciones apropiadas a lo largo de la trayectoria óptica que incluirían formas de realización aceptables dentro del alcance de la invención.

40 Un componente adicional de un aparato óptico de litografía basada en vóxel incluye un óptico homogeneizador y colimador. Este aparato está diseñado para tomar la emisión luminosa de la fuente luminosa 520 y producir radiación de salida 540 que tiene una intensidad más uniforme y se enfoca sobre el DMD 510. Desde una perspectiva de generalización, puede ser posible conseguir el propósito de la invención en ausencia de estos componentes, especialmente si la fuente luminosa tiene componentes de propósito similar.

65

La forma de realización preferente se representa en la Fig. 7 700. Como se ha mencionado, el fin de esta sección del aparato es colimar la luz de la fuente luminosa y también homogeneizar esa luz con respecto a la intensidad. Resulta que en la forma de realización preferente, la fuente luminosa LED de 365 nm AccuCure 620 tiene componentes ópticos fijados para realizar la colimación de su emisión luminosa. En una forma de realización más generalizada, tal aparato de colimación incluiría el primer componente de este componente de colimación y homogeneización. Sin embargo, en la forma de realización preferente la luz que está siendo suficientemente colimada por la fuente luminosa 620 avanza a 700 e impacta en un conjunto de óptica de enfoque de aproximadamente 1 pulgada 710. Esta óptica incluye componentes de lente comerciales disponibles por ejemplo en CVI Laser, Inc, (Albuquerque, N. M. EE.UU.)

Estas dos lentes 710 enfocan la luz de la fuente sobre el conductor de luz 720. Este componente 720 tiene la función principal de homogeneizar la luz de entrada, en el proceso.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención proporciona métodos para formar un Precursor de Lente oftálmica. En las siguientes secciones se proporcionarán descripciones detalladas de las formas de realización de la invención. La descripción de las formas de realización preferentes y de las alternativas, aunque minuciosa, son formas de realización de ejemplo solamente, y se entiende que para los expertos en la materia pueden resultar evidentes variaciones, modificaciones y modificaciones. Por lo tanto, debe entenderse que dichas formas de realización ejemplares no limitan la amplitud de los aspectos de la invención subyacente.

GLOSARIO

En la presente descripción y las reivindicaciones que se refieren a la invención presentada, pueden utilizarse diversos términos para los cuales se aplicarán las siguientes definiciones:

"Radiación actínica" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a la radiación que es capaz de iniciar una reacción química.

"Arqueado" tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a una curva o torsión en forma de arco.

"Ley de Beer" tal como se contempla en el presente documento y a veces denominada "Ley de Beer-Lambert" es: $I(x)/I_0 = \exp(-\alpha cx)$, en la que $I(x)$ es la intensidad en función de la distancia x desde el superficie irradiada, I_0 es la intensidad incidente en la superficie, α es el coeficiente de absorción del componente absorbente, y c es la concentración del componente absorbente.

"Colimar" tal como se utiliza en el presente documento se refiere a limitar el ángulo del cono de radiación, tal como la luz que avanza como salida desde un aparato que recibe la radiación como entrada; en algunas formas de realización puede limitarse el ángulo del cono de manera que los rayos de luz que avanzan sean paralelos. Por consiguiente, un "colimador" incluye un aparato que realiza esta función y "colimado" describe el efecto de la radiación.

que resuelve las faltas de uniformidad en la intensidad espacial. El conductor de luz 720 incluye un conducto óptico con forma hexagonal hecho de material acrílico de calidad UV. Aunque se han descrito detalles específicos de la forma de realización, debería resultar obvio que cualquier forma de realización alternativa que proporcione un aparato óptico para homogeneizar la uniformidad espacial de la fuente luminosa incluye las soluciones previstas en el alcance de la invención.

La emisión luminosa homogeneizada del conductor de luz 720, se enfoca mediante un elemento óptico de calidad comercial 730 de nuevo del tipo disponible en CVI Laser Inc. (Albuquerque, nm EE.UU.) por ejemplo. A continuación, la luz enfocada avanza a través de un diafragma de apertura 740, sobre un conjunto de elementos de enfoque de aproximadamente 2 pulgadas 750. De nuevo, estos elementos de enfoque son una óptica de calidad comercial convencional como la disponible a través de Thorlabs Inc. (Newton NJ EE.UU.), a modo de ejemplo. El propósito de la óptica de enfoque 750, a continuación, es dirigir la luz a una ubicación focal en el dispositivo digital de microespejos (DMD) 510. Esto completa la trayectoria de la luz en la sección de iluminación del sistema de litografía basada en vóxel. Puede haber numerosas formas de realización que pueden modificar aspectos de los componentes del colimador y homogeneizador para conseguir el mismo objetivo de iluminar el DMD 510 con luz intensa y uniforme de un ancho de banda del espectro y longitud de onda central deseados, que pertenecen al alcance de la invención.

En la forma de realización preferente, el sistema de iluminación de los elementos 520 y 530 proporcionan luz, (identificada como 820 en la Fig. 8 800) sobre y justo alrededor de los elementos activos que comprenden un dispositivo digital de microespejos de Texas Instruments 510. El DMD utilizado en la forma de realización preferente se obtuvo con un DMD Developer Kit: DMD Discovery 3000 disponible en DLI (Digital Light Innovations, Austin, Texas, EE.UU.). El kit contiene una placa DMD Discovery 3000 de DLI con un chip DLP™ XGA DMD de Texas

Instruments (768 x 1.024 espejos), diagonal de 0,7", con opción de ventana transmisiva de UV. También se incluye una placa procesadora de luz de alta velocidad ALP-3 unida a la placa D3000 para actuar como enlace desde un ordenador a la D3000. Juntos, estos componentes incluyen 810 en la Fig. 8 800 de los componentes del sistema de formación de imágenes de esta forma de realización preferente del sistema de litografía basada en vóxel. Una descripción detallada del TI DLP™ XGA DMD puede obtenerse de TI como manual de referencia técnica del DMD Discovery™ 3000 Digital Controller (DDC3000) Starter Kit.

El dispositivo DMD 810 puede funcionar para proporcionar la modulación espacial en la intensidad de la luz que sale del sistema de iluminación. El DMD de Texas Instruments realiza esta función de manera digital, reflejando la luz fuera de los componentes de microespejos que componen una única ubicación direccionable en la rejilla espacial de la zona activa del dispositivo. Por lo tanto, la intensidad de la luz que es reflejada desde el DMD 810 y más abajo del sistema de formación de imágenes 800, *per se*, no se cambia sin embargo controlando el ciclo de servicio de los espejos en a un estado activado o a un estado desactivado, puede modificarse la intensidad promediada temporalmente que se refleja desde una única ubicación de píxeles.

En otras formas de realización puede utilizarse un modulador espacial de luz (SLM), tal como los disponibles en Fraunhofer Institut Photonische Microsysteme de Alemania, para controlar la radiación vóxel a vóxel y puede incluir la modulación espacial en la función de intensidad 810. La superficie de tipo espejo del SLM puede estar compuesta en realidad por múltiples (es decir, miles) de diminutos espejos móviles, teniendo cada espejo su propio acumulador dentro del circuito integrado. A medida que se envía al SLM la imagen del perfil de intensidad deseado, los espejos individuales se flexionan o permanecen planos (a diferencia del TI DMD que rota o inclina los microespejos). La luz reflejada por los espejos flexionados se dispersa de manera que no pasa a través de y expone la mezcla química actínicamente reactiva.

En relación a continuación de nuevo a la Fig. 8, como se ha mencionado anteriormente, el elemento de formación de imágenes activo DMD 810 procesa la luz de manera digital, reflejándola en una de dos direcciones. En el estado desactivado, la trayectoria de reflexión de la luz está concebida para no se dirija nunca a la ubicación con la mezcla química actínicamente reactiva. Para asegurarse de que la luz dirigida en la dirección desactivada no lleve nunca esta trayectoria, parte de un sistema de formación de imágenes 800 puede incluir un colector de luz 830. Este colector incluye superficies muy absorbentes que absorben significativamente cualquier luz que impacta sobre ellas y se refleja sólo en mayores profundidades del propio colector. En la forma de realización preferente, a modo de ejemplo no limitativo, estas superficies incluyen láminas de vidrio ND absorbente como el que puede obtenerse en Hoya Inc. (Tokio, Japón).

La luz que se refleja desde los elementos espejo en la posición "activada" toma una trayectoria diferente y se dirige hacia los elementos de enfoque 840. Al igual que con las demás ópticas, estas lentes de enfoque de aproximadamente pulgadas son componentes comerciales que pueden estar disponibles, por ejemplo, en Thorlabs Inc. (Newton NJ EE.UU.). Estas lentes de enfoque 840 enfocan la luz en estado "activado" que procede del DMD 810 como un objeto sobre el óptico de formación donde se produce la reacción de la luz con la mezcla monomérica reactiva.

En algunas formas de realización, resulta deseable proporcionar un medio para la formación de imágenes y la supervisión del estado de la trayectoria óptica directamente, en lugar de la deducción a partir de los resultados en las lentes producidas. En la forma de realización preferente del aparato óptico de litografía basada en vóxel, se proporciona la prestación para esta supervisión directa. La luz que se enfocaría sobre el óptico de formación 580, es interceptada con un espejo 850, que puede cambiarse dentro y fuera de la trayectoria del haz. La luz que así se dirige impacta a continuación sobre un aparato de formación de imágenes fotodetector 860.

Siguiendo a continuación a la Fig. 9, los componentes del aparato de formación 900 hacen impactar el haz en la zona diana final de la Mezcla Reactiva. Como se ha mencionado anteriormente, en algunas formas de realización, esta luz se ha enfocado en una orientación normal con la superficie del óptico de formación 930, en sí. En la forma de realización ilustrada 900, la luz puede impactar de manera aproximadamente vertical a la superficie del óptico de formación 930. En formas de realización alternativas, puede mantenerse una lente en la placa mediante un anillo de retención u otro dispositivo de sujeción, mostrado como 921, que puede mantener la orientación correcta de dicha lente con respecto al óptico de formación 930. Desde una perspectiva amplia, cabe señalar que la invención incluye numerosas formas de realización relacionadas con la trayectoria que tomará la luz, Vóxel a Vóxel, por la superficie óptica 930.

Siguiendo con la Fig. 9, dado que la orientación relativa del depósito y el óptico de formación con respecto al haz de luz es importante, puede definirse un mecanismo para su ubicación bloqueada en algunas formas de realización como se muestra mediante la interacción de los elementos un elemento de retención del óptico de formación 970 y el depósito para contener la mezcla monomérica reactiva 950. La alineación entre estos dos elementos también proporcionará un control positivo del centrado del depósito 950, con respecto a la superficie del óptico de formación 930. El control de la posición puede mejorarse también en algunas formas de realización con la función del anillo separador 951. Asimismo, esta separación controlará el volumen de mezcla monomérica reactiva que puede añadirse al depósito 950.

La Fig. 9 muestra también un aspecto de la forma de realización adicional relacionado con el control de los gases ambientales en las cercanías de la mezcla monomérica reactiva. Dado que en algunas formas de realización la presencia de oxígeno puede modificar la fotoquímica de los monómeros y actuar como eliminador de radicales libres fotogenerados, en algunas formas de realización tiene que ser excluido del gas que rodea el depósito 950. Esto se logra en la Fig. 9 900 mediante el recipiente de contención 990. Haciendo fluir un gas inerte, tal como nitrógeno, a través de 960, puede excluirse el oxígeno del entorno. En aún otra forma de realización, puede mantenerse el nivel de oxígeno a cierto nivel controlando su dilución en el gas 960, que fluye a través del recipiente de contención 990. Los medios convencionales, mediante la utilización de reguladores de flujo másico de gas para conseguir un nivel de dilución constante del oxígeno en el gas 960 son bien conocidos en la técnica e incluyen formas de realización dentro del espíritu de la invención.

El depósito 950, que contiene la Mezcla Reactiva, debe llenarse con un volumen adecuado de dicha Mezcla Reactiva. En algunas formas de realización, este llenado podría realizarse antes de colocar el óptico de formación 930 con respecto al depósito 950. En otras formas de realización, el óptico de formación 930 y el depósito 950 pueden colocarse dentro de un recipiente de contención 990 y someterse a purga con un flujo de gas 960. También puede emplearse el filtrado de la Mezcla Reactiva antes de su uso. Después de ello, puede introducirse cuantitativamente en el depósito 950 un volumen de la Mezcla Reactiva 945.

Puede haber numerosos medios para transferir la Mezcla Reactiva 945, incluido el llenado a mano, la transferencia cuantitativa de líquido por medios automáticos o el llenado hasta que un detector de nivel mide el nivel apropiado de Mezcla Reactiva 945 en el depósito 950. Desde una perspectiva general, resultará obvio para un experto en la materia que pueden ser factibles numerosas formas de realización para transferir una cantidad apropiada de Mezcla Reactiva 945, y tales técnicas están dentro del alcance de la invención.

En las formas de realización en las que el nivel de oxígeno es crítico para las etapas de fotoprocesamiento, es evidente que el oxígeno puede estar presente como especie disuelta en la mezcla monomérica reactiva 945. En una forma de realización de este tipo, se necesitan medios para establecer la concentración de oxígeno en la mezcla monomérica reactiva 945. Algunas formas de realización para llevar a cabo esta función incluyen permitir que la mezcla permanezca en el entorno gaseoso a través del cual está fluyendo el gas de purga 960. Formas de realización alternativas pueden incluir la purga a vacío de los gases disueltos en un suministro de la mezcla monomérica y la reconstitución de una cantidad deseada de oxígeno durante una dispensación de la mezcla a través de la membrana de intercambio de gas con el líquido a dispensar. Dentro del alcance de la invención, se pondrá de manifiesto que resulta aceptable cualquier medio para establecer el gas disuelto necesario a una concentración apropiada. Además, en un sentido más general, otros materiales pueden actuar como inhibidores apropiados en presencia o ausencia del oxígeno disuelto. Desde una perspectiva aún más general, se prevén formas de realización que incluyen un aparato para establecer y mantener un nivel apropiado de inhibidor.

En relación a continuación de nuevo a la Fig. 10, se ilustra una forma ejemplar de un óptico de formación y su aparato de sujeción y posicionamiento 1000. La estructura que sujeta el óptico de formación puede incluir un disco de vidrio plano 1040. El óptico de formación puede estar situado y sujeto por medio de un adhesivo ópticamente uniforme 1020 utilizando una plantilla de montaje para asegurar la alineación entre el disco y el óptico de formación. La superficie plana del disco proporciona una orientación positiva en la dirección vertical, mientras que una muesca de posicionamiento 1030 y otras superficies planas no ilustradas pueden permitir un control de la posición radial y horizontal.

En relación a continuación a la Fig. 11, en tales formas de realización, un disco 1000 puede acoplarse al sistema de depósito 1100. Las superficies planas están sobre tres superficies de acoplamiento 1130. Algunas formas de realización pueden incluir además un pasador de posicionamiento accionado por resorte 1120 que localiza y se acopla con seguridad al elemento 1030. Dos pasadores estáticos de posicionamiento (no ilustrados) enganchan otras dos superficies planas en el conjunto de óptico de formación y la combinación actúa para situar cinemáticamente el conjunto de óptico de formación, en todos los grados de libertad, asegurando así un medio repetible y estable de situar el óptico de formación en la trayectoria óptica de la luz. En algunas formas de realización también puede incluirse un depósito para contener el monómero reactivo 1110. Desde una perspectiva más general, hay numerosas formas de realización, coherentes con la técnica de la invención descrita en el presente documento, que resultarán obvias para un experto en la materia para las maneras de centrar un óptico de formación, para situar tal óptico cerca de un depósito que contendrá la Mezcla Reactiva y situar una o más de tales funciones en un entorno ambiental controlado.

El óptico de formación 1010 es al menos parcialmente transmisivo a un espectro deseado de radiación actínica. Por consiguiente, en diversas formas de realización, el óptico de formación 1010 puede incluir, a modo de ejemplo, uno o más de entre: cuarzo, plástico, vidrio, u otro material transmisivo de longitudes de onda luminosas eficaces para curar una RMM utilizada. Además puede advertirse que la forma del óptico de formación 1010 incluye una de las superficies 1011 con las características a conferir a una lente o Precursor de Lente, formada a lo largo de la superficie 1011 mediante la polimerización resultante de la radiación actínica de formación que pasa por el óptico de formación 1010. Numerosas formas de realización de la forma pueden incluir la técnica de la invención del presente documento.

Dentro de las diversas formas de realización que pueden emplearse para el diseño y las características de un óptico de formación 1010, los ejemplos individuales de tales piezas pueden tener aspectos únicos relacionados, por ejemplo, con su material de reserva, fabricación, historial de uso y/u otros motivos. Estos aspectos pueden interaccionar o no con la función global del sistema de litografía Vóxel 500, creando compensaciones ópticas únicas para el perfil de intensidad Vóxel a Vóxel necesarias para conseguir un objetivo de producto final. Por lo tanto, algunas formas de realización pueden emplear medios para tratar el óptico de formación 1010, mantenerlo y realizarle un seguimiento. A modo de ejemplo, una forma de realización puede ser para codificar una marca de identificación en formato legible por máquina en la superficie plana de una pieza de óptico de formación 1040. Las formas de realización adicionales pueden incluir, por ejemplo, la fijación de un dispositivo de identificación RF junto con dicha marca de identificación para que sea legible por máquina. Puede haber muchas otras formas de realización para identificar piezas de óptico de formación 1040 individuales, que pueden incluir el propósito de la presente invención.

El producto de salida del equipo óptico de litografía basada en vóxel 500 puede incluir numerosas formas de realización. En una forma de realización, como se muestra en 900 se formará un producto reactivo 940 en la superficie del óptico de formación 930 mientras se encuentra en la mezcla química reactiva residual 945. La acción de sacar de la mezcla química 945 el óptico de formación 930 con producto reactivo 940 puede incluir formas de realización adicionales del aparato. En algunas de tales formas de realización, el óptico de formación 930 y el producto reactivo adherido 940 podrán sacarse de la mezcla química 945 bajo la acción de automatización robótica, por ejemplo.

En algunas formas de realización, un artículo de fabricación que se obtiene del proceso analizado puede ser una entidad llamada Precursor de Lente. El Precursor de Lente estar adherido al óptico de formación tras la formación. Se presenta una representación esquemática 1700 de lo que puede estar incluido en un precursor sin el sustrato u óptico de formación al que puede estar adherido el Precursor de Lente. Sin embargo, esta representación aproximada ilustra los rasgos clave de un Precursor de Lente. El producto reactivo tiene un componente sólido, denominado Forma de Precursor de Lente, en este caso identificado como 1740. En esta forma de realización, la cara fijada (sin el óptico de formación ilustrado) se representa con una superficie óptica como 1750. La Forma de Precursor de Lente 1740 tendrá en este caso una superficie 1730 que se ha definido por el funcionamiento del sistema de litografía basada en vóxel 500. Adherida a esta superficie 1730, hay una Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1745. En tales formas de realización, el medio 1745 permanecerá en el óptico de formación, en el que pueden exponerse a procesamiento adicional tal como se describe en el presente documento.

Aparato de eliminación de material dispersable

El Precursor de Lente 1700 que en algunas formas de realización se ha producido mediante un sistema óptico de litografía basada en vóxel 500 descrito anteriormente, define una entidad novedosa. Un Aparato de Eliminación de material Dispersable (a veces denominado aparato de evacuación) es un aparato que puede actuar sobre un Precursor de Lente 1700, y se describe detalladamente más adelante.

En relación a continuación a la Fig. 12 1200, se muestra una representación esquemática de algunos aspectos de una forma de realización de un aparato de eliminación de producto químico dispersable. El Precursor de Lente se muestra en este caso fijado a un óptico de formación 1250, y una placa de alineación 1260 fijada en el mismo. La combinación se muestra como una forma de realización en la que la superficie del Precursor de Lente está orientada hacia abajo. La Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1240 se moverá bajo diversas fuerzas, incluida la de la gravedad. Hay un capilar de evacuación 1210 situado muy cerca de la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1240, alrededor y en el producto químico fluente que se ha acumulado en un punto bajo a lo largo de la superficie de la lente. En una forma de realización preferente, el capilar de evacuación puede incluir un modelo de evacuación polimérico hecho de un Safecrit, tubo microhematocrito de plástico no tratado Modelo HP8U. A modo de ejemplo alternativo, el capilar también puede incluir vidrio, metal u otro material compatible con los requisitos físicos y químicos/materiales de eliminación de producto químico fluente.

El producto químico fluente 1240 es aspirado en el capilar 1210, y forma un volumen 1241 que es apartado del Precursor de Lente. En una forma de realización, puede repetirse el proceso varias veces. Después del procesamiento, el Precursor de Lente 1200 sigue teniendo una cantidad reducida de Mezcla Reactiva de Lente Fluente adherida a la Forma de Precursor de Lente 1750.

Diversos aspectos de la Mezcla Reactiva de Lente Fluente pueden verse influidos por este procesamiento; incluido, por ejemplo, que puedan separarse y quitarse los componentes menos viscosos en la Mezcla Reactiva de Lente Fluente. Se pondrá de manifiesto para los expertos en la materia que hay muchas opciones diferentes de forma de realización relacionadas con la forma en que puede realizarse el proceso de eliminación de producto químico, todas coherentes con el alcance de la presente invención.

En general, las opciones de forma de realización pueden incluir numerosos diseños físicos para apartar el producto químico de la superficie. Un ejemplo de una forma de realización diferente puede ser el accionamiento de un componente de sistema de vacío 1220 para ayudar a apartar la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1240. A modo

de ejemplo no limitativo, otra forma de realización puede incluir copias redundantes del aparato de capilaridad 1210, que se configuran de manera que sus puntas imiten la forma de la superficie del óptico de formación 1250. Además, la eliminación del producto químico podría realizarse con un material de elevada área superficial, como esponja, o materiales a nanoescala con elevada área superficial, como ejemplo. Repitiendo un concepto descrito anteriormente, una forma de realización alternativa puede incluir controlar la velocidad de remoción de un Precursor de Lente en un óptico de formación 930, de la Mezcla Reactiva 945. Las fuerzas de tensión superficial, en esta forma de realización pueden incluir una forma de eliminación de producto químico, con similitud a una etapa de absorción capilar; y dar como resultado la reducción de la cantidad de Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 que queda cuando se obtiene el Precursor de Lente. Desde una perspectiva de generalización, las numerosas formas de realización del aparato que podría realizar la función de eliminación de cantidades de la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1240 incluyen la técnica dentro del alcance.

El componente de sistema de vacío 1220, en la forma de realización preferente, tiene una función alternativa a la definida anteriormente. En el procesamiento de múltiples Precursores de Lente, el aparato de eliminación de producto químico 1200 realizará la eliminación de producto químico numerosas veces. Puede utilizarse el componente de sistema de vacío 1220 para limpiar y evacuar el aparato de capilaridad 1210. Una forma de realización diferente puede incluir hacer fluir un disolvente limpiador a través del aparato de capilaridad 1210, junto con el componente de sistema de vacío 1220.

Generalmente las formas de realización 1200 representadas en la Fig. 12 ilustran cómo podría actuar un sistema de eliminación de producto químico, y se centran en los detalles y en una vista en primer plano, sobre los elementos implicados. En comparación, la Fig. 13 representa una visión más global de algunas formas de realización de una forma de realización de un sistema de eliminación de producto químico 1300 para facilitar la descripción del equipo empleado en una forma de realización preferente y algunas modificaciones. Fig. 13 1300 incluye un componente de eliminación por capilaridad 1305 y un Precursor de Lente montado en un óptico de formación y una placa de óptico de formación 1306 en una configuración similar y apuntando el Precursor de Lente directamente hacia abajo.

En relación a continuación de nuevo a la Fig. 13, es evidente que la colocación del capilar de evacuación 1306 puede situarse, en formas de realización alternativas, en una posición descentrada respecto al punto central del Precursor de Lente de óptico de formación 1305. El elemento 1330 indica una única dimensión, de una tabla de traducción xy, en la que se utiliza el ajuste para desplazar el capilar a la alineación central del óptico de formación. A modo de ejemplo, el 1330 se representa en una forma de realización preferente en forma de ajuste manual mediante nonio. Sin embargo, es evidente para un experto en la materia que el ajuste puede realizarse mediante automatización que comprende motores paso a paso, por ejemplo; y, más generalmente, se prevén diversos niveles de sofisticación creciente de los equipos de automatización para la ubicación de la tabla de traducción XY. Desde un nivel aún más alto de generalización, y para simplificar el siguiente análisis, puede suponerse que cualquier capacidad de movimiento en el aparato puede tener libertad similar en las posibilidades de forma de realización.

El elemento 1320, un aparato de sujeción del óptico de formación, incluye un aparato para sujetar de manera flexible un óptico de formación en una ubicación firme deseada. La pieza de óptico de formación, representada como 1000 en un análisis anterior, puede emplear esquemas de ubicación similares, como cuando se encuentra en el aparato de litografía basada en vóxel 500 en esta forma de realización. Formas de realización alternativas pueden permitir la transferencia del aparato de sujeción de óptico de formación 1000 con medios automatizados. Se pondrá de manifiesto que numerosas alternativas en maneras de sujetar el óptico de formación y bloquearlo en una ubicación apropiada en un aparato de eliminación de producto químico dispersable incluyen aspectos coherentes de la presente invención.

Hasta ahora, el análisis ha representado generalmente formas de realización con el eje del óptico de formación situado de manera que sea perpendicular a un plano horizontal y en la dirección de las fuerzas gravitacionales. Formas de realización alternativas pueden permitir una rotación del eje un cierto ángulo alrededor de esta orientación perpendicular. El elemento 1350 incluye un medio de ajuste para modificar el ángulo que hace el eje del óptico de formación con respecto a la gravedad. El efecto fundamental de un cambio de este tipo sería que la materia fluente 1710 en el Precursor de Lente tendería a acumularse en una ubicación descentrada respecto al centro del óptico de formación. En algunas formas de realización, extraer el medio fluente en una ubicación descentrada puede tener ventajas.

Varios elementos indicados en la Fig. 13 se refieren a la ubicación de manera vertical de un aparato de absorción capilar 1306 respecto al medio fluente en el Precursor de Lente. Por ejemplo, 1340 puede incluir un ajuste total o aproximado de esta dimensión moviendo la plataforma fijada al capilar de evacuación 1306 a lo largo del eje vertical. Además, 1345 incluye un ajuste fino de nivel para la misma posibilidad de movimiento. Es igualmente posible ajustar la plataforma de montaje del óptico de formación 1310 con respecto al aparato de absorción capilar 1306 a lo largo del mismo eje. El elemento 1370 incluye un aparato de ajuste fino con este fin.

Con el objeto de mover el capilar de evacuación a diferentes orientaciones, se incluye un dispositivo de movimiento rotatorio 1360. Por ejemplo, una forma de realización de este tipo puede permitir una capacidad simplificada y automatizada de cambiar el dispositivo de evacuación 1306.

5 Como se ha mencionado, puede haber numerosas formas de realización que se refieren a la automatización de los movimientos entre los diversos componentes del aparato de eliminación de producto químico
 10 fuente 1300. Además, sin embargo, está totalmente dentro del alcance de la invención que las formas de realización alternativas incluyan mediciones ópticas para controlar el proceso de eliminación de producto químico. Otras formas de realización alternativas para tal supervisión pueden incluir, por ejemplo, sensores de nivel de líquido de diversos tipos. A modo de generalización, resulta obvio para un experto en la materia que el proceso de eliminar de manera controlada en parte una mezcla química fuente de un soporte sólido puede requerir numerosos aparatos de detección y metrología.

15 El espíritu de las formas de realización relacionadas con un aparato para la eliminación de producto químico reactivo de lente fuente analizadas hasta ahora incluye métodos y aparatos para eliminar una cantidad del producto químico 1710 de la superficie de la Forma de Precursor de Lente 1730. Es evidente para un experto en la materia, que las etapas de limpieza de producto químico pueden incluir formas de realización con opciones de limpieza más agresivas. Mediante el uso de las técnicas de limpieza convencionales de la industria, el producto químico reactivo de lente fuente 1710 puede eliminarse en parte o casi totalmente. Por definición, el aparato con tal acción limpiadora transformaría el Precursor de Lente 1700 en una forma diferente. Sin embargo, en algunas formas de realización, puede ser posible reconstituir un Precursor de Lente después de dicha técnica de limpieza aplicando de nuevo una Mezcla Reactiva sobre la superficie de la Forma de Precursor de Lente 1730, tal como, por ejemplo, mediante deposición, pulverización, aplicación de chorro de tinta o efecto de mecha.

25 Otras formas de realización de eliminación de producto químico pueden no utilizar un equipo externo a una Forma de Precursor de Lente 1740. Como alternativa, dado que la forma de la Forma de Precursor de Lente 1740, puede ser definida por numerosas formas de realización, hay diseños de una Forma de Precursor de Lente que pueden incluir canales o depresiones topográficas (el elemento 440 de la Fig. 4 400 incluye algunas formas de realización ejemplares de tales rasgos y se analiza en otras secciones del presente documento) en determinadas ubicaciones de la Forma de Precursor de Lente 1740. Guiando la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 al interior de los canales puede obtenerse una reducción de la cantidad de la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 en la Forma de Precursor de Lente 1740 y puede incluir dicha forma de realización alternativa de eliminación de producto químico. En general, es evidente que en las formas de realización de este tipo, la forma real de los rasgos de relieve topográfico para funcionar de esta manera puede variar y generarse en forma de superficie de forma libre.

35 Aparato de estabilización y fijación

40 El Precursor de Lente 1700 incluye una base para formas de realización adicionales de aparato para la formación personalizada de una lente oftálmica. La capa fuente del Precursor de Lente, que se muestra en la representación de una forma de realización como capa 1710, proporciona maneras novedosas para formar una superficie de lente oftálmica de calidad óptica. Cuando se coloca en posición vertical un Precursor de Lente, el medio fuente puede moverse con el tiempo. En determinadas condiciones, por ejemplo, el período de tiempo, la capa fuente puede extenderse bajo la fuerza de la gravedad y la fuerza superficial para conseguir una entidad estable. La superficie de Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 estabilizada puede representarse mediante 1720. En determinadas formas de realización, una superficie resultante 1720, puede incluir una superficie ópticamente superior en comparación con la superficie 1730 de la Forma de Precursor de Lente 1740. Numerosos aparatos pueden proporcionar la capacidad funcional de estabilizar la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710.

50 Pasando a continuación a la Fig. 14, se representa un aparato de estabilización 1400 en una forma de realización preferente. Un aspecto permite aislar el sistema fuente de movimientos o energía vibracional. Esto se logra en 1400 con el componente 1450. Una mesa relativamente maciza 1450 puede estar soportada sobre un sistema de aislamiento de vibraciones 1440. Como también se emplea la fuerza de gravedad en tales formas de realización, puede resultar preferente que la mesa maciza 1450 tenga una superficie plana que sea plana. Puede fijarse un Precursor de Lente 1410 a un elemento de sujeción de óptico de formación 1430 que puede fijarse con un aparato de sujeción 1451. En algunas formas de realización, puede utilizarse un equipo temporizador automatizado para controlar una cantidad mínima de tiempo para que el medio fuente alcance un estado relativamente estable.

60 En algunas formas de realización, el aparato utilizado para la estabilización incluye componentes fijados que permiten la exposición del Precursor de Lente a una etapa de irradiación actínica con el fin de fijar en forma de lente oftálmica formada el Precursor de Lente 1700. En algunas formas de realización, la radiación de fijación hace que las reacciones fotoquímicas se produzcan sólo en la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710. En formas de realización alternativas, otras partes de un Precursor de Lente, tal como, por ejemplo, una Forma de Precursor de Lente 1740, pueden experimentar una o más modificaciones químicas bajo la radiación de fijación. Otras formas de realización que constituyen variaciones basadas en la naturaleza de los materiales que comprenden el Precursor de Lente resultarán obvias para un experto como coherentes según la presente invención.

65

En 1400, la fuente de radiación de fijación se identifica como 1460. A modo de ejemplo, puede emplearse una fuente luminosa similar a la analizada anteriormente en el contexto del sistema óptico de litografía basada en vóxel 520. Por ejemplo, en algunas formas de realización, una fuente luminosa AccuCure ULM-2-420 con regulador de Digital Light Lab Inc. (Knoxville, TN EE.UU.) 1460 puede constituir una fuente aceptable de la radiación de fijación 1461. Después de haber realizado los parámetros apropiados para la estabilización, el regulador de la fuente luminosa de fijación 1460 se cambia a una posición "activado" que expone al Precursor de Lente y cercanías a la radiación de fijación 1461, y formando una lente oftálmica de una forma de realización. Desde una perspectiva general, puede haber numerosas formas de realización relacionadas con estabilizar o bien mover la Mezcla Reactiva de Lente Fluente por la superficie de la Forma de Precursor de Lente 1730 y, a continuación, de alguna manera irradiarla con la radiación de fijación.

A modo de ejemplo, algunas formas de realización alternativas para el procesamiento en el aparato de fijación pueden incluir una Forma de Precursor de Lente en la que el material fuente puede haber sido lavado en un sistema de lavado. Como esta Forma de Precursor de Lente en forma fija puede incluir una lente de determinadas características por sí misma, pertenece al alcance de la invención prever formas de realización que implican el uso del aparato de fijación de manera que no necesite el aparato de estabilización *per se*. En un sentido más general, la invención puede prever numerosas formas de realización de materiales y formas en los que el aparato de fijación puede fijar los materiales que no requieren un flujo anterior de un material fuente en la superficie a fijar. A modo de ejemplo, una Forma de Precursor de Lente que se ha formado con el sistema óptico de litografía basada en vóxel y que está limpia de Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 todavía puede incluir una forma de realización en la que el aparato de fijación es capaz de fijar en forma de lente el Precursor de Lente.

Un conjunto de formas de realización incluye maneras alternativas de provocar el movimiento de la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710. A modo de ejemplo, en algunas formas de realización, la agitación de una superficie del Precursor de Lente que incluye Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 puede permitir el movimiento de la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710. Además, por ejemplo, puede ser deseable en algunas formas de realización hacer rotar un Precursor de Lente alrededor de un eje central a la manera de un recubrimiento centrífugo común al procesamiento de películas.

Otras formas de realización más pueden incluir minimizar la fuerza gravitacional experimentada por la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 dejando caer el Precursor de Lente 1410 de manera controlada a lo largo de una determinada distancia. Las formas de realización adicionales pueden modificar el efecto de la gravedad cambiando el nivel de la superficie 1450 sobre la que están apoyados el Precursor de Lente 1410, el óptico de formación 1420 y el elemento de sujeción 1430. Con un nivel de la superficie diferente, las fuerzas sobre la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710 en la región óptica central pueden variar y provocar el movimiento.

En otro aspecto, algunas formas de realización pueden incluir cambios químicos o físicos en la Mezcla Reactiva de Lente Fluente 1710. A modo de ejemplo, una forma de realización alternativa puede incluir la introducción de un material disolvente en y alrededor del producto químico reactivo fuente de tal manera que cambie su naturaleza fuente. Además, dicho material añadido puede tener efecto sobre las propiedades de energía superficial de los componentes en el sistema de Precursor de Lente 1700. Las propiedades del producto químico reactivo fuente 1710 pueden modificarse parcialmente mediante el uso de la irradiación de fijación 1461, para modificar la naturaleza fuente de manera que sea distinta de la fijación. Numerosas formas de realización alternativas de carácter general referentes a la modificación de las propiedades del sistema químico fuente pueden ser previstas por la naturaleza de la presente invención.

En un nivel significativamente fundamental, la naturaleza de la mezcla química reactiva 945 puede interaccionar con las diversas formas de realización del aparato para permitir resultados diferentes. Se pondrá de manifiesto que la naturaleza del aparato de estabilización y fijación 1400, y la variación en las formas de realización que se derivan de cambiar los componentes químicos fundamentales en la mezcla química reactiva incluyen formas de realización dentro del alcance de la invención. A modo de ejemplo, esto podría incluir, por ejemplo, cambios en la longitud de onda empleada para la radiación de fijación y puede introducir formas de realización del aparato que tengan flexibilidad en dicha longitud de onda de la radiación de fijación.

Como los materiales del Precursor de Lente pueden incluir parte de una lente formada, resulta obvio para un experto en la materia que los controles ambientales en y alrededor del aparato de estabilización y fijación incluyen aspectos importantes de la forma de realización. Por ejemplo, el control del material particulado con, por ejemplo, el flujo de aire filtrado con HEPA puede incluir una forma de realización de control ambiental. Como el medio fuente es todavía sensible a la radiación actínica, los controles sobre la luz parásita que entra en el entorno incluyen opciones de formas de realización adicionales. Además, la humedad y otros contaminantes gaseosos pueden tener efecto sobre la calidad de la lente y el control sobre estas condiciones ambientales puede incluir formas de realización alternativas. Los numerosos aspectos del control ambiental que resultan evidentes para un experto en la materia incluyen la técnica dentro del alcance de la presente invención.

El producto de tratar un Precursor de Lente de alguna forma de realización con el aparato de estabilización y fijación puede incluir dispositivos que son similares a o formas de lentes oftálmicas. En muchos sentidos este

material tiene características que se relacionan directamente con una lente oftálmica hidratada final. Sin embargo, muchas formas de realización después de la estabilización y fijación de la lente crean una entidad, todavía en el óptico de formación y elemento de sujeción 1430, que en la forma no hidratada puede someterse a diversas formas de metrología.

5

Aparato de metrología

Siguiendo a la Fig. 15, se muestra una representación de una forma de realización de un aparato de metrología capaz de medir características ópticas y materiales. Es obvio que la metrología puede ser posible con lentes "secas", como sería el resultado después del procesamiento con el aparato de fijación 1400 anteriormente mencionado; y con lentes hidratadas. Sin embargo, esta forma de realización se centra en la metrología de lentes secas que idealmente todavía están fijadas al óptico de formación. Haciendo referencia a la Fig. 15, la lente seca 1520 sigue estando fijada al óptico de formación 1530 y sus componentes de sujeción apropiados 1540. Por ejemplo, este componente de sujeción 1540 está fijado a un par de bases 1550 y 1560, que conjuntamente permiten el movimiento rotatorio controlado de la lente alrededor de un eje central.

10

15

En algunas formas de realización, la interacción de la luz láser 1515, desde un sensor de desplazamiento láser 1510 tal como uno fabricado por Keyence (Osaka, Japón) Modelo LT-9030, con la superficie de la muestra de lente 1520 se produce a medida que la muestra 1520, el óptico de formación 1530 y la abrazadera de sujeción 1540 rotan axialmente. Un servomotor rotativo 1570, impulsa una plataforma cinemática de cojinete giratorio sobre la que está colocado el conjunto de muestra. Para la estabilidad de la rotación, el centro de masa del conjunto de muestra de lente se coloca, en algunas formas de realización, tan cerca del punto central como sea posible. A medida que gira la plataforma, el sensor de desplazamiento láser 1510 mide el desplazamiento de múltiples puntos a lo largo de anillos axiales de la superficie de la lente 1520. Después que la plataforma gira una vuelta completa, el sensor de desplazamiento 1510 se mueve de manera azimutal. Cada movimiento crea un nuevo perfil circular alrededor de la superficie de la lente. El proceso en esta forma de realización se repite hasta que se haya perfilado toda la superficie de la lente. Midiendo un óptico de formación 1530 particular, sin la muestra de lente 1520, puede obtenerse la ubicación superficial del óptico de formación en un formato de notación esférica equivalente. Restar este resultado del resultado con la lente sobre el óptico da como resultado un mapeo del espesor del producto de lente. Una vez más, la identificación única de un óptico de formación en un formato electrónico, a través de un RFID fijado o mediante algún otro medio, puede incluir otra forma de realización para el aparato.

20

25

30

En algunas formas de realización de este tipo, un desplazamiento vibracional libre de la superficie de la muestra 1520 con respecto al sensor 1510 puede incluir un error significativo en la medición de desplazamiento obtenida por el sistema. Por lo tanto, pueden incluirse el aislamiento y la amortiguación de la vibración. Por consiguiente, en algunas formas de realización, puede utilizarse una mesa maciza de soporte 1580 colocada sobre unas bases de aislamiento vibratorio 1590 para minimizar los efectos vibratorios. Algunas formas de realización pueden ser menos sensibles que otras al ruido vibracional; sin embargo, por lo general, diversos métodos para minimizar los modos de transferencia de energía vibracional al entorno alrededor de las diversas formas de detectores y el aparato de posicionamiento de la muestra incluyen formas de realización dentro del alcance.

35

40

Otras formas de realización pueden emplear diferentes sistemas de medición, en algunos casos además del primer sensor de desplazamiento láser descrito, para extraer características de la lente. A modo de ejemplo no limitativo, también puede utilizarse un sensor de frente de onda Shack-Hartmann disponible en Thorlabs Inc (Newton, NJ, EE.UU.) en algunas formas de realización para determinar el espesor del cuerpo de la lente formada.

45

Desde una perspectiva general, puede haber una diversidad significativa en los dispositivos de metrología que se prevén, incluidas en parte y por ejemplo, técnicas para caracterizar el índice de refracción, la absorción de la radiación y la densidad. También pueden preverse aspectos relacionados con los controles ambientales, incluida por ejemplo, la detección de partículas. Estas diversas técnicas pueden estar situadas en el mismo entorno y ubicación que el dispositivo de metrología ejemplar 1500, o en formas de realización alternativas pueden incluir ubicaciones adicionales dentro o fuera del entorno del sistema generalizado.

50

La recogida, el almacenamiento y la comunicación de los datos logísticos de metrología y relacionados con componentes y muestras particulares utilizados en la producción de muestras particulares incluyen un principio de forma de realización general de la invención. Estos diversos datos pueden ser útiles para establecer bucles de retroalimentación para controlar las características de la lente. En una forma de realización ejemplar y preferente, la salida desde el aparato de metrología basado en sensor de desplazamiento láser 1500 para una muestra de lente 1520 se registra y se almacena en un sistema informático. La pieza de óptico de formación individual, en una forma de realización 1530, puede haber tenido la metrología de desplazamiento láser similar realizada en ella antes de ser utilizada en la producción de dicha muestra 1520. Mediante el uso del sistema de tratamiento de datos, pueden procesarse los datos de desplazamiento de alguna manera para generar una representación del espesor de la muestra de lente producida de este modo.

60

Dentro del sistema informático un modelo deseado para la muestra de lente, útil para proporcionar puntos de referencia de parámetro inicial para los diversos componentes en el sistema de fabricación de lentes, puede

65

compararse con la manipulación de los datos de desplazamiento para la muestra 1520 y el óptico de formación 1530. En algunas formas de realización, diversos puntos de ubicación en un modelo pueden mapearse o correlacionarse de nuevo con los componentes individuales del sistema de formación de imágenes; en la forma de realización preferente, un elemento vóxel particular en el sistema óptico de litografía basada en vóxel. Mediante el ajuste de los parámetros para ese Vóxel, pueden producirse una siguiente lente o muestra de Precursor de Lente con un rendimiento ajustado en comparación con la muestra anterior. Dentro de las numerosas formas de realización de la metrología y los diversos aparatos y algoritmos de cálculo, deberá quedar claro para un experto en la materia que muchas formas de realización alternativas de obtención, procesamiento, modelización, retroalimentación y comunicación de datos incluyen elementos dentro del alcance de la presente invención:

En algunas formas de realización, los datos de metrología de un sistema particular relacionado con el espesor de una muestra de lente producida 1520 pueden mejorarse mediante el uso de rasgos de alineación diseñados en el perfil de una Forma de Precursor de Lente 1720. En la Fig. 4, 400 ejemplar, se obtuvo una metrología del espesor obtenida de manera similar a la descrita anteriormente. Se realizarán otros análisis acerca de este 400 en otra parte de la presente descripción; pero a fin de comprender una forma de realización de alineación, puede considerarse el 440. El elemento 440 puede incluir un rebaje del perfil relativamente profundo en la superficie de una muestra de lente 1520. El diseño de un rasgo de este tipo puede ser útil para orientar numerosas etapas de procesamiento en el aparato. En una forma de realización, la señal relacionada con 400 puede extraerse o reconocerse mediante un algoritmo o manipulación de los datos de metrología. Una extracción de este tipo puede ser útil para localizar las partes de los diversos aparatos que se encuentran próximas a o que proporcionan el procesamiento en una ubicación relacionada con el rasgo de alineación 440. Es evidente para un experto en la materia que son posibles numerosas formas de realización diferentes de los rasgos de alineación, incluido el uso de diseños y materiales marcadores de los rasgos de perfil entre otros e incluyen la técnica dentro del alcance de la presente invención.

El uso de algunas formas de realización alternativas de los datos de metrología producidos por un sistema de metrología 1500 puede utilizar estos datos con fines de diagnóstico y control para todo el sistema de producción de lentes oftálmicas o sus diversos aparatos, en las mismas. A modo de ejemplo no limitativo, el almacenamiento de la medición anteriormente mencionada de un óptico de formación 1530, puede dar como resultado un historial de tales mediciones. Mediante procesamiento algorítmico y cálculo alternativo podrían compararse las características de la superficie a lo largo del tiempo y los cambios en esas características, ya sea de manera abrupta o constante, podrían utilizarse para señalar una necesidad de intervención de diagnóstico de algún tipo. Un ejemplo, en las muchas posibles causas de un cambio de señal de este tipo podría incluir que un óptico de formación haya recibido un rasguño superficial de algún tipo en su superficie. En formas de realización adicionales podrían utilizarse algoritmos de control de procesos basados en estadística para establecer límites aceptables en los resultados de metrología obtenidos y para señalar en un sentido automatizado un cambio válido en la medición. Otras formas de realización adicionales pueden proporcionar medios para la automatización dentro del sistema para que reaccione a estos indicadores en un medio automatizado. Sin embargo, desde una perspectiva general, el alcance de la invención prevé estas y otras numerosas formas de realización de utilización de los datos de metrología de, por ejemplo, un sistema 1500 para diagnosticar y controlar el sistema global.

Las formas de realización para el aparato de metrología analizado hasta ahora pueden haber estado relacionadas generalmente con la metrología en una muestra de lente "seca" 1520 o su óptico de formación 1530. Sin embargo, desde una perspectiva más general, pueden derivarse formas de realización de la metrología similares o adicionales a partir de las características de medición de otras formas en el sistema total. A modo de ejemplo no limitativo, la lente "seca" puede, en algunas formas de realización, continuar el procesamiento y llegar a hidratarse. La metrología en una muestra recién definida 1520 de este tipo puede incluir un ejemplo del análisis de la forma de realización más general. Un ejemplo adicional puede incluir realizar la metrología en una muestra de Precursor de Lente 1700. Por lo tanto, en un sentido general, hay numerosas formas de realización que se prevén en el alcance de la invención para realizar la metrología en las diversas formas de material utilizado en el procesamiento o la constitución de un producto en un sistema de producción de lentes oftálmicas de este tipo.

Aparato de hidratación y remoción

Otra subsección del aparato para la producción de una lente oftálmica incluye las etapas de separar una lente o Precursor de Lente de su óptico de formación, limpiarla e hidratarla. En algunas formas de realización, estas etapas pueden realizarse de manera esencialmente simultánea. Continuando a la Fig. 16 1600, se representa una forma de realización de aparato para llevar a cabo estas etapas, denominado aparato de hidratación por razones de simplicidad. El aparato está incluido de un recipiente para contener el líquido de hidratación 1610. Un baño de líquido 1620, en el que están sumergidos una lente 1630 y el elemento de sujeción de óptico de formación 1640 y una unidad de control térmico 1650 para mantener el baño a una temperatura constante.

En una forma de realización preferente, el baño de líquido 1620 incluye agua desionizada (DI) a la que se ha añadido un tensioactivo. Hay numerosas formas de realización para este baño que se ponen en práctica en la técnica. En una forma de realización alternativa, el baño de líquido 1620 puede incluir una mezcla de un alcohol orgánico, a veces en una mezcla con agua desionizada y un tensioactivo. Por lo tanto, algunas formas de realización

del recipiente 1610, pueden incluir materiales que son compatibles con el hecho de contener un volumen de agua o alcoholes orgánicos y también transmitir energía térmica entre una unidad de control de la temperatura 1650 y el baño de líquido 1620. Desde una perspectiva de generalidad, puede haber numerosas formas de realización alternativas, que comprenden materiales de los recipientes, diseños de los recipientes y medios de llenado y vaciado de los recipientes que pertenecen al alcance de la hidratación y limpieza de una lente e incluyen las formas de realización de la presente técnica.

En algunas formas de realización, se eleva la temperatura del baño para acelerar la operación de hidratación, limpieza y remoción. En una de tales formas de realización, la temperatura puede mantenerse por la presencia de una placa caliente con aparato de detección interna 1650. Las formas de realización más avanzadas pueden incluir maneras alternativas de calentar el líquido que incluyen un aparato y materiales conductores e irradiantes alternativos. Y las formas de realización adicionales pueden incluir diferentes maneras de supervisar la temperatura del baño y mantenerla controlada dentro de una zona de temperatura. Otra forma de realización adicional y más avanzada podría incluir la capacidad de variar o programar la temperatura del baño de líquido en el tiempo. Resulta obvio para un experto en la materia que existen numerosas formas de realización para controlar la temperatura de un baño de hidratación.

A medida que continúa la exposición de la lente 1630, y el óptico de formación 1640 al baño de líquido y la lente se hidrata, en algunas formas de realización el cuerpo de la lente se hinchará y finalmente se desprenderá del óptico de formación 1640. Por lo tanto, algunas formas de realización pueden incluir medios de recoger la lente desprendida para montarla en medios de almacenamiento y envasado apropiados. Otras formas de realización pueden incluir localizar y recoger la lente desprendida del medio de baño de líquido 1620. Como alternativa, las formas de realización pueden proporcionar la capacidad de filtrar dicho medio de baño de líquido 1620 durante un proceso de drenaje para aislar una lente a partir del líquido. Desde una perspectiva general, numerosas maneras de localizar una lente y llevarla a un medio de almacenamiento incluyen formas de realización coherentes dentro del alcance de la presente invención.

Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, una lente en forma hinchada puede incluir las características ópticas que mejor coincidan con el rendimiento de la lente mientras la lente está siendo utilizada por un paciente. Por lo tanto, en algunas formas de realización pueden llevarse a cabo una o más etapas de metrología en la lente hinchada. Tales formas de realización pueden incluir aspectos similares de retroalimentación, control y diagnóstico como se han analizado con otras medidas de metrología, y otras formas de realización adicionales resultarán evidentes para un experto que derivan del hinchamiento de la lente en el aparato de hidratación.

Estas subsecciones incluyen las cinco subsecciones principales de un aparato para la formación de una lente oftálmica. En una forma de realización preferente, cada una tiene su propia forma de realización para definir el aparato. Sin embargo, es evidente que puesto que cada subsección del aparato puede contener numerosas formas de realización alternativas, incluso a un nivel mayor pueden existir alternativas que tengan una organización diferente de las subsecciones o que, como alternativa, puedan omitir una o más subsecciones.

Métodos

La metodología descrita puede incluir esencialmente cinco subsecciones principales, y por lo tanto, el análisis de algunas formas de realización de los métodos se organizará en análisis lógicos a nivel de subsección. Las subsecciones son la metodología concerniente a la producción de Precursores de Lente por litografía basada en vóxel, una metodología más generalizada de producción de Precursores de Lente, las diversas metodologías de procesamiento de Precursores de Lente, el procesamiento posterior de las lentes y los Precursores de Lente, y la metodología de la metrología y la retroalimentación entre las diversas secciones. Cabe señalar que las siguientes etapas y descripción de la metodología son ejemplares y no pretenden limitar el alcance de la invención tal como se presenta o se establece por lo demás en las reivindicaciones adjuntas al presente documento.

Hay formas de realización de la metodología que incluyen todas las subsecciones, o también un subconjunto de las mismas. Haciendo referencia a la Fig. 1, se identifican bloques de metodología subseccionales 100, e incluye: una metodología de litografía basada en vóxel 110; una metodología de formación alternativa 120; una metodología de procesamiento del Precursor de Lente 130; una metodología de procesamiento posterior 140; y una metodología de metrología y retroalimentación 150. En la Fig. 1, se identifican dos entidades en los elementos de forma ovalada; éstas son el Precursor de Lente, elemento 160; y la lente oftálmica como elemento 170. Las flechas con un único sentido puede incluir la dirección general que pueden adoptar algunas formas de realización, y las flechas con dos puntas representan que parte de o todos los materiales, datos e información pueden fluir desde las diversas secciones de metodología hacia y desde la sección central de medición y retroalimentación.

Metodologías de litografía basada en vóxel.

Los métodos de producción de Precursores de Lente a partir del aparato de litografía basada en vóxel incluyen numerosas formas de realización relacionadas con las numerosas formas de realización del aparato, así como numerosos métodos para utilizar estas formas de realización del aparato en el procesamiento de Precursores

de Lente. Haciendo referencia a la Fig. 1, elemento 110, los métodos de litografía basada en vóxel, hay una etapa de comienzo mostrada como recuadro 115 que puede incluir la etapa inicial en la fabricación de una lente a partir de este sistema. Pueden introducirse los parámetros de lente deseados en un cálculo algorítmico. En algunas formas de realización estos parámetros pueden haberse obtenido midiendo las aberraciones ópticas en las superficies ópticas de un paciente de oftalmología. Estas mediciones pueden convertirse en las características de frente de onda necesarias para la lente que se fabricará. En otras formas de realización puede haber características teóricas de frente de onda de la lente que pueden introducirse en el algoritmo para determinar los parámetros de producción de la lente. Resulta obvio para un experto en la materia que puede haber numerosas formas de realización del método relacionadas con la etapa inicial de definir las características deseadas de la lente de salida.

Siguiendo con el elemento 115, un algoritmo toma los parámetros de entrada mencionados anteriormente, y en algunas formas de realización correlaciona los parámetros con las lentes producidas anteriormente. A continuación, puede determinarse una serie de "fotogramas" para el guión o "película" de exposición que se comunicará al modulador espacial de luz. Es obvio que puede haber una multitud de formas de realización relacionadas con la metodología que define el tratamiento algorítmico de los parámetros necesarios que se introducen en un algoritmo.

De manera similar, puede haber numerosas metodologías que pueden utilizarse para convertir una salida algorítmica para un elemento vóxel particular en el perfil de reflexión de luz planeado en el tiempo que incluiría el guión "DMD". A modo de ejemplo, el valor de intensidad total deseado por el algoritmo puede enviarse a una ubicación vóxel en la mezcla reactiva como una serie de etapas temporales en las que la intensidad de entrada de la luz : sistemas de iluminación se refleja durante todo el tiempo. La intensidad integrada de estas etapas "activadas" completas puede a continuación ser complementada por otra etapa temporal en la que se escribe un valor parcial en el elemento de espejo y por lo tanto el espejo tiene un nivel "activado" de ciclo de trabajo no del todo activado, para las etapas temporales restantes que serán expuestas a la mezcla reactiva en su totalidad, este elemento vóxel particular podría entonces estar "desactivado" durante el tiempo restante. Una metodología alternativa puede incluir tomar el valor medio de intensidad para el número de etapas o "fotogramas" que se enviarán y utilizar ese valor para establecer la mayoría de los valores de fotograma que se envían al DMD. Es evidente para un experto en la materia que la generalidad de los moduladores espaciales de luz analizados en el análisis del aparato anteriormente indicado, también, tienen formas de realización de la metodología que se correlacionan con el propósito de crear este control de exposición temporal e intensidad.

Mientras que los métodos descritos anteriormente son ejemplos dados relacionados con la modulación de una intensidad fija aplicada al dispositivo de iluminación espacial mediante la acción del dispositivo de iluminación espacial, pueden derivarse metodologías más avanzadas si la intensidad de la fuente luminosa es modulada en la fuente o en el sistema óptico con filtración de la luz. Pueden derivarse otras formas de realización de la combinación de control de intensidad, en los componentes del sistema de iluminación y en el modulador espacial de iluminación. Pueden derivarse otras formas de realización más del control de la longitud de onda de iluminación.

El método de formación del guión "DMD", que desde un sentido general debe considerarse que se refiere a las señales de control a cualquier modulador espacial de luz de cualquier tamaño y también a las señales de control de cualquier componente del sistema, como por ejemplo la fuente luminosa, la rueda de filtros y similares, puede por tanto incluir en general la creación de una serie de secuencias de órdenes programadas en el tiempo. Resulta obvio para un experto en la materia que hay numerosas formas de realización relacionadas con el método de creación de un programa de señal de control que abarcan las muchas formas de realización de los detalles de la radiación actínica, de los detalles del sistema óptico empleado y de los detalles de los materiales que comprenden la mezcla monomérica reactiva.

Puede advertirse que los detalles del guión "DMD" y los algoritmos pueden tener relación con los resultados obtenidos después del procesamiento. La retroalimentación de los parámetros críticos se analizará más adelante, y por lo tanto se posterga tal análisis detallado. Sin embargo, en términos del método de creación de un guión DMD tal como se muestra en el recuadro 115, las flechas de dos puntas que apuntan hacia y desde la metodología de litografía basada en vóxel y la metodología de metrología y retroalimentación se refieren en parte a una función en este intercambio de información en los métodos para crear un guión DMD.

Se incluye otra entrada a la metodología de formación de Precursores de Lente mediante los diversos métodos en la formulación y preparación de una mezcla reactiva para el sistema. En la Fig. 1, el elemento 111 es una representación en recuadro de las diversas metodologías incluidas en la mezcla reactiva. Es evidente para un experto en la materia que las formas de realización del aparato analizadas incluyen un alto grado de flexibilidad en cuanto al tipo de y composición de los componentes dentro de la mezcla reactiva y se prevé como parte de la invención que la abundancia de formas de realización del elemento mezcla reactiva incluya el alcance de la invención.

Sin pérdida de generalidad, por ejemplo, los componentes químicos que actúan como unidades de monómero en la mezcla reactiva pueden incluir productos químicos que sean fotorreactivos a la luz en el espectro ultravioleta, como se ha descrito en algunas de las formas de realización. Sin embargo, estos monómeros podrían elegirse igualmente de manera que absorban de manera fotorreactiva la radiación en el espectro visible. Los

componentes dentro del sistema pueden adaptarse asimismo para su coherencia con otra porción del espectro electromagnético. Por lo tanto, puede entenderse que la metodología de materiales relacionada con la presente invención puede incluir moléculas sensibles a la radiación actínica a lo largo de gran parte del espectro electromagnético.

5 En algunas formas de realización, la mezcla monomérica es en realidad una mezcla de uno o más tipos de monómeros actínicamente reactivos que también se mezcla con otros componentes químicos. A modo de ejemplo no limitativo, pueden incluirse otros productos químicos como compuestos absorbentes. Un aditivo de este tipo a la mezcla monomérica puede ser importante, por ejemplo, en formas de realización que operan la litografía basada en
10 vóxel de tal manera que la intensidad de la radiación actínica a lo largo de la trayectoria definida por un elemento vóxel puede modelizarse mediante la ley de Beer-Lambert-Bouguer. Este componente puede definir en gran medida la sensibilidad al espesor del proceso de formación dentro del elemento vóxel. Resulta obvio para un experto en la materia que una cantidad abundante de formas de realización pueden incluir la técnica dentro del alcance de la presente invención para añadir un componente a la mezcla monomérica que absorba luz dentro de una región del
15 espectro pertinente.

En otras formas de realización, el componente absorbente de la mezcla monomérica puede incluir una complejidad adicional a la recién analizada. Por ejemplo, puede estar dentro del alcance de la presente invención que un método defina que el componente absorbedor incluya múltiples moléculas que absorban la luz de diferentes
20 maneras. Pueden derivarse formas de realización adicionales a partir de elementos absorbedores compuestos por moléculas que tengan ellas mismas bandas de absorción múltiples y pertinentes. Otras formas de realización más de la metodología pueden incluir la adición de componentes a la mezcla monomérica que tengan una función combinada de absorbedor y monómero. Esta función combinada puede a su vez, en algunas formas de realización, permitir también una función de absorbancia continuada incluso después de que el monómero experimente una
25 reacción química. Y el caso contrario puede incluir formas de realización del método en las que se añadan productos químicos con la propiedad de absorbancia modificada a medida que se producen las reacciones actínicas. Desde una perspectiva general, es evidente que muchas formas de realización para la metodología de comprender una mezcla monomérica reactiva con un componente para absorber la radiación en una o más bandas del espectro pertinentes puede estar dentro del alcance de la invención.

Pueden derivarse formas de realización adicionales si se incluye la adición de un componente inhibidor en el método de preparación de una mezcla monomérica. En este sentido, un compuesto inhibidor sería importante en la reacción con un producto químico que se haya formado en la mezcla monomérica reactiva. En algunas formas de
30 realización, la absorción de la radiación actínica puede generar una o más especies químicas radicales libres. Un inhibidor puede actuar en la reacción con la especie radical libre y, de ese modo, terminar una vía de reacciones de polimerización. Uno efecto de una forma de realización de este tipo sería limitar la duración de una reacción de polimerización fotoquímica, o limitar de otras maneras la distancia a la que puede producirse una reacción de polimerización lejos del evento iniciador de la fotoabsorción original. Por lo tanto, es evidente que algunas formas de
35 realización de la adición de inhibidor a la mezcla monomérica pueden tener pertinencia sobre la resolución espacial que un grupo de fotones en un elemento vóxel reflejará en última instancia en la localización espacial de las reacciones que inician. En general, la acción del inhibidor puede incluir numerosas formas de realización pertinentes para la técnica.

Los tipos de componentes o especies químicas de la mezcla reactiva que pueden actuar de manera
40 inhibidora incluyen muchas otras formas de realización de la técnica. Al igual que con el absorbedor, pertenece al alcance de la invención que un inhibidor tenga una doble función, en la inhibición de múltiples vías de polimerización. Además, el propio inhibidor puede incluir una porción de un monómero. Y en otras maneras de generalidad, el propio inhibidor puede tener una sensibilidad térmica o fotorreactiva. Pueden derivarse otras formas de realización más a partir de la naturaleza del inhibidor en su estado químico puro, ya que puede incluir una forma disuelta en la mezcla pero presentar características gaseosas, líquidas o sólidas en su forma pura.
45
50

El método de preparación de una mezcla monomérica puede tener formas de realización adicionales con respecto a la adición de un componente iniciador. El iniciador puede incluir un componente fotoabsorbente que al absorber un fotón genera una especie química que precipita una reacción de polimerización. El iniciador puede
55 incluir una molécula que absorba significativamente en una banda particular. Pueden producirse otras formas de realización con moléculas iniciadoras que sean fotoabsorbentes en múltiples bandas pertinentes para el aparato. Su absorción puede incluir una banda relativamente ancha de frecuencias pertinentes también. Resultan posibles otras formas de realización más si el componente iniciador de la mezcla monomérica se deriva de la reactividad del iniciador químico que se encuentra en uno o más de los tipos de monómero en la mezcla monomérica también.
60 Dentro del alcance de la invención, resulta obvio para un experto en la materia que numerosas formas de realización alternativas pueden incluir la metodología de comprender una mezcla monomérica con un componente que actúe como iniciador.

En algunas formas de realización, la función de estos aditivos descritos incluye la funcionalidad hacia el
65 método de formación de una lente oftálmica. En una forma de realización de ejemplo la mezcla monomérica utilizada fue Etafilcon A, una mezcla monomérica reactiva de uso general en la producción de lentes oftálmicas. Haciendo

referencia de nuevo a la Fig. 3, Etafilcon A incluye un componente monomérico que bajo polimerización formará sólidos o geles. Etafilcon A también incluye una molécula absorbidora, Norbloc, que absorbe la radiación UV en una banda que comprende las longitudes de onda más bajas en el elemento 300 y representada por ejemplo como el elemento 310. Además, Etafilcon A también incluye un componente que actúa como iniciador, y su absorbancia está representada por el elemento 340. En la mezcla, la presencia de oxígeno gaseoso disuelto incluye una función inhibidora. Por lo tanto, la metodología de formación de una mezcla monomérica reactiva en esta forma de realización incluye la formulación de una mezcla de componentes sólidos y/o líquidos e incluye adicionalmente controlar un nivel de oxígeno disuelto. La descripción de esta forma de realización es ejemplar, y, por lo tanto no pretende limitar el alcance de la invención.

Es evidente que pueden derivarse otras formas de realización del método para formar la mezcla monomérica reactiva en la presente invención mediante el control de los aspectos físicos de la mezcla monomérica. En algunas formas de realización, esto puede implicar la adición de disolventes o diluyentes para modificar la viscosidad de la mezcla. Pueden derivarse otras formas de realización a partir de otros métodos que den como resultado una viscosidad modificada de la mezcla.

En la metodología de la preparación de la mezcla monomérica pueden definirse formas de realización adicionales a partir de tratamientos realizados en la mezcla naciente. A modo de ejemplo no limitativo, la mezcla puede someterse a un entorno de vacío que puede dar como resultado la desorción de determinadas especies gaseosas disueltas. En otra forma de realización, la mezcla monomérica puede tratarse exponiendo la mezcla a granel a una exposición de radiación actínica, modificando así el grado y la distribución poblacional de los componentes multiméricos en la mezcla antes de utilizarla en una etapa de procesamiento actínico posterior. Resulta obvio para un experto en la materia que numerosas formas de realización adicionales puede ser posibles con el fin de tratar una mezcla monomérica que dé como resultado una característica modificada; siendo útil la mezcla resultante con el fin adicional de producir Precursores de Lente y lentes oftálmicas.

Desplazándose a lo largo de la flecha en la Fig. 1, hasta el recuadro 112, resultan pertinentes los métodos para la dosificación y deposición de la mezcla monomérica reactiva. En algunas formas de realización, debe equilibrarse una cantidad de la mezcla reactiva para que tenga una concentración deseada de oxígeno disuelto. En algunas formas de realización, el equilibrado puede lograrse almacenando un recipiente que contiene una cantidad significativa de la mezcla monomérica en un recinto en el que el ambiente incluye la cantidad deseada de oxígeno que se equilibre a la concentración deseada cuando se disuelve. Una forma de realización adicional puede incluir equipos automatizados que puedan intercambiar la cantidad correcta de oxígeno en la mezcla reactiva fluente mediante la tecnología de membranas. Resulta obvio para un experto en la materia que puede haber numerosas maneras de modificar o dosificar la mezcla reactiva a un nivel deseado de gas incorporado coherente con el alcance de la invención.

En algunas formas de realización, puede transferirse a continuación un volumen de la mezcla monomérica reactiva dosificada en un medio manual al depósito que comprende el recipiente para contener la mezcla cerca de la superficie del óptico de formación. Otras formas de realización pueden incluir mecanismos automatizados para llenar el depósito con la mezcla monomérica reactiva. Otras formas de realización más de la invención pueden incluir llenar recipientes desechables que pueden utilizarse cuando sea necesario para el proceso de formación de la lente. El alcance de la invención incluye el uso de una metodología de algún tipo para llenar el depósito cerca de la superficie del óptico de formación con al menos una cantidad de mezcla monomérica reactiva que sea superior a la cantidad de material que incluirá una lente formada después de todo el procesamiento.

Es evidente para un experto en la materia que con la descripción de las diversas formas de realización del aparato, formas de realización materiales de la mezcla monomérica reactiva, formas de realización físicas de la naturaleza de la radiación actínica y formas de realización de formalismo de control del guión y el aparato que incluye, pueden describirse a continuación algunas de las formas de realización que formarán la salida de la metodología de litografía basada en vóxel. Desplazándose en el diagrama de flujo del proceso, Fig. 1, el elemento 116 indica los métodos de formación que utilizarán estas diversas formas de realización. Es evidente para un experto en la materia que pueden existir formas de realización alternativas para cada uno de los componentes mencionados anteriormente y que la descripción de los métodos relativos a tales formas de realización no limita el alcance de la invención del presente documento.

Puede ser útil considerar parte de la metodología del elemento 116 a escala microscópica. Considérese, a modo de ejemplo no limitativo, un método de formación global en el que una mezcla monomérica incluye un elemento absorbente de manera que haya una reducción significativa de la absorción de la intensidad en función de la profundidad que la radiación actínica capturada haya atravesado; ya que puede modelizarse en algunas formas de realización con un formalismo de ley de Beer. Y, por ejemplo, considérese la forma de realización representada en la Fig. 3, en la que la longitud de onda de la radiación actínica dirigida sobre un elemento vóxel particular es tal que está en la región de longitud de onda absorbida activamente para el iniciador incluido en la mezcla reactiva y se encuentra en una región de absorción que cambia rápidamente para el absorbedor. Considérese también, a modo de ejemplo no limitativo, que la mezcla monomérica incluye un inhibidor. Para facilitar la referencia y descripción,

para este análisis esta combinación de metodología puede denominarse Ejemplo 3. Aunque se presenta a modo de forma de realización de apoyo, no pretende limitar el alcance de la invención y pueden utilizarse otros modelos.

5 En una forma de realización del Ejemplo 3, el inhibidor puede encontrarse a una concentración significativa en la mezcla monomérica. A nivel microscópico, esta forma de realización de ejemplo puede tener la característica de que la irradiación actínica incidente define una región local muy limitada alrededor de sí misma en la que la reacción química iniciada por la radiación actínica en un elemento particular se produce a una velocidad que rebasa la capacidad del inhibidor altamente concentrado de inhibir su fomento. Debido al hecho de que algunos sistemas de modificador espacial de luz tendrán una porción de su superficie entre cada elemento de modulación individual como espacio "muerto", que no refleja la luz de la misma manera que el elemento de modulación, es evidente que en esta forma de realización el material resultante que se forma sobre la superficie del óptico de formación puede adoptar la forma de elementos en columna basados en vóxel aislados, que en extremo pueden no conectarse entre sí.

15 A modo de continuación de ejemplos no limitativos de formas de realización del Ejemplo 3, la concentración de inhibidor puede encontrarse a una concentración algo menor y en esta forma de realización puede estar, por ejemplo, a una concentración en la que la propagación espacial para un conjunto determinado de parámetros de iluminación actínica esté sólo lo suficientemente lejos para que cada uno de los elementos vóxel defina la actividad actínica que avanza hasta solapar cualquier frontera entre elementos vóxel. En tal caso a nivel microscópico, los elementos en columna individuales pueden tender a mezclarse entre sí para condiciones de iluminación en las que los vóxeles cercanos definen condiciones de intensidad significativas. En algunas formas de realización, el sistema óptico de formación de imágenes puede hacer funcionar en un modo en el que esté desenfocado como otra forma de realización del método para llevar a los elementos en columna individuales a que se mezclen. En otras formas de realización más, un movimiento de vibración o bamboleo del elemento de sujeción y óptico de lente de formación en el espacio puede inducir un efecto similar en el que los elementos vóxel se solapan entre sí formando una pieza de forma continua.

25 Puede ser útil seguir describiendo los efectos de la metodología de formación a nivel microscópico en la dimensión de profundidad del elemento vóxel. Puede ser evidente, a partir de la condición del Ejemplo 3, que el "guión DMD" de un elemento vóxel particular puede definir un tiempo de exposición o intensidad integrada que hace que se produzca la reacción en la profundidad del elemento vóxel lejos de la superficie del óptico de formación. A cierta profundidad ejemplar particular, esta condición puede incluir una condición de reacción activada por la intensidad en la mezcla monomérica en la que el grado de reacción define un punto de gelificación. A profundidades que son menores que esta profundidad el producto de reacción puede haber formado un aspecto tridimensional; sin embargo a profundidades mayores que esta profundidad, el producto de reacción puede no haber alcanzado el punto de gelificación y puede incluir todavía una mezcla de componentes que sea más viscosa que la mezcla monomérica reactiva naciente circundante debido a que se ha producido un cierto nivel de reacción monomérica. En esta forma de realización, como está claro, había suficiente volumen de la mezcla reactiva naciente para incluir al menos estas dos regiones; es decir, las regiones en las que se ha producido la reacción a un grado superior al punto de gelificación, y la región en la que el material incluye una capa no gelificada que puede ser una mezcla de mezcla monomérica parcialmente reaccionada y sin reaccionar. En algunas formas de realización, parte de esta capa puede incluir lo que se denomina medio reactivo de lente fluente. A nivel microscópico se está formando dentro del espacio de volumen de la mezcla reactiva.

30 En otras formas de realización, el "guión DMD" puede ser útil para definir elementos de diseño local en la capa definida por vóxel que ha reaccionado más allá del punto de gelificación. Esta entidad puede considerarse una Forma de Precursor de Lente en algunas formas de realización. A modo de ejemplo no limitativo, considérese el efecto de incorporar un rasgo esencialmente lineal en el guión DMD que tenga varios elementos vóxel de ancho y muchos elementos vóxel de longitud y tenga la propiedad de una intensidad integrada baja para todos los elementos vóxel que incluye. Mediante las formas de realización analizadas para el Ejemplo 3, a modo de ejemplo no limitativo, puede concebirse que un rasgo lineal de este tipo quede definido físicamente en la Forma de Precursor de Lente. A escala microscópica, los elementos vóxel cercanos pueden incluir intensidad para definir su espesor en la Forma de Precursor de Lente a un nivel significativo. En el primer elemento vóxel cercano del rasgo lineal, el espesor de la forma disminuirá dando como resultado un rasgo de perfil relacionado con el rasgo lineal definido en el guión DMD.

35 40 45 50 55 60 65 A modo de ejemplo, haciendo referencia al elemento 400 en la Fig. 4, se presenta una representación del espesor de una lente formada con una forma de realización entera de la presente invención. En este ejemplo, el espesor de la lente muestra algunos de los rasgos que tienen la característica del rasgo lineal así descrito. El elemento 440, por ejemplo, es un rasgo lineal que se prolonga durante muchos elementos vóxel en una lente. Resulta obvio por inferencia que los aspectos de la invención incluyen muchas formas de realización diferentes de las formas y rasgos de perfil que pueden definirse, además de las definiciones de superficie óptica de las lentes. Entre las numerosas formas de realización posibles, a modo de ejemplo, puede haber rasgos de alineación, como por ejemplo el intento de forma de realización del rasgo 440. Formas de realización adicionales pueden incluir rasgos de perfil que definen canales de drenaje, rasgo lineal que se prolonga a lo largo de una trayectoria esencialmente radial hacia el borde de la Forma de Precursor de Lente; pocillos u orificios con fondo con diversas formas y tamaños; subidas y bajadas bruscas en comparación con la topología media cercana; y mesetas o rasgos esencialmente planos en un subconjunto de la región de definición de la lente. Estos ejemplos son sólo algunas de

las numerosas formas de realización que resultarán evidentes para un experto en la materia relacionada con la metodología de la etapa de formación.

5 Continuar a la etapa 117 de la Fig. 1, en algunas formas de realización se describe la metodología relacionada con la remoción del material, resultante de la etapa 116, lejos del entorno de la mezcla monomérica reactiva. En algunas formas de realización, un método para esta remoción puede incluir el proceso de subir un óptico de formación con su pieza de sujeción y con la Forma de Precursor de Lente desde el depósito de mezcla monomérica reactiva. En otras formas de realización, el depósito puede bajarse alejándolo del óptico de formación con la Forma de Precursor de Lente fijada. Pueden derivarse otras formas de realización más de la automatización de la etapa de bajada o subida con equipos capaces de controlar la velocidad de tal remoción con cierta precisión. En formas de realización alternativas puede drenarse el depósito de mezcla monomérica reactiva de alguna manera que dé como resultado la separación del óptico de formación con la Forma de Precursor de Lente fijada de la mezcla monomérica reactiva. Desde una perspectiva general, resulta obvio para un experto en la materia que hay numerosas formas de realización que incluyen la etapa 117, de sacar el producto de la etapa 116 de la mezcla monomérica reactiva; comprendiendo estas formas de realización la técnica dentro del alcance de la presente invención.

20 En la Fig. 1, los productos y los productos intermedios se indican en un patrón en forma ovalada. Por lo tanto, el Precursor de Lente 160 en algunas formas de realización incluye una entidad de dispositivo. A efectos de la comprensión de otras secciones con un análisis sobre la metodología, se justifica una revisión de los aspectos de un Precursor de Lente. El Precursor de Lente 1700 puede incluir dos capas; la Forma de Precursor de Lente 1740 y el medio reactivo de lente fluente, elemento 1710. Estas capas corresponden en algunas formas de realización al análisis anterior sobre la metodología de formación. En algunas formas de realización, la Forma de Precursor de Lente es el material que ha sido definido por el sistema de litografía basada en vóxel y ha reaccionado más allá del punto de gelificación. Puede tener las diversas formas de realización estructurales analizadas anteriormente. En la Fig. 17, se retrata la forma de realización en la que las columnas de vóxeles se habrán solapado entre sí durante la metodología de formación.

30 El medio reactivo de lente fluente 1710 en algunas formas de realización es la capa que se forma mediante el proceso de litografía basada en vóxel que es más profunda que el punto en el que se ha producido el punto de gelificación en el medio reactivo. Cuando se sacan de la mezcla monomérica reactiva el óptico de formación y el material reaccionado, puede haber un material viscoso que se adhiere a la superficie de la Forma de Precursor de Lente. En la técnica de la invención del presente documento, esta película fluente puede, en algunas formas de realización, procesarse adicionalmente con métodos que se describen más adelante. Esta combinación de una Forma de Precursor de Lente y el material fluente en ella, que se convierte después de un procesamiento adicional en parte de la lente, es lo que constituye un Precursor de Lente. Es evidente que en algunas formas de realización el Precursor de Lente adopta una estructura única. Tiene un componente que incluye una forma tridimensional, sin embargo, debido a la naturaleza fluente del medio reactivo adsorbido, la entidad no tiene una forma tridimensional fija. Resulta obvio para un experto en la materia que el alcance de la presente invención incluye todas las diversas formas de realización de la forma que incluyen los métodos de formación, elemento 116, así como las diferentes formas de realización relacionadas con los métodos de remoción del óptico de formación desde la mezcla monomérica reactiva y su efecto sobre la naturaleza del medio reactivo de lente fluente.

45 En algunas formas de realización, el elemento 131 incluye la forma de realización de la metodología para eliminar del Precursor de Lente cantidades del medio reactivo de lente fluente. Como resulta evidente a partir de las secciones anteriores acerca del aparato que comprende algunas formas de realización para llevar a cabo esta metodología, existen varias posibles formas de realización del método con este fin. A modo de ejemplo no limitativo, el medio reactivo de lente fluente puede eliminarse por capilaridad. En algunas formas de realización, la metodología puede incluir una etapa de permanencia para permitir que parte del medio reactivo de lente fluente se agrupe antes de llevar a cabo la etapa de capilaridad. En otras formas de realización más, puede colocarse la superficie de la lente de manera que su eje de la superficie quede inclinado con respecto a la dirección de la gravedad. Es evidente que resultan posibles numerosas formas de realización relacionadas con los métodos para eliminar el medio reactivo de lente fluente con un aparato basado en capilaridad e incluyen la técnica dentro del alcance de la presente invención.

55 En otras formas de realización, la metodología para eliminar el medio reactivo de lente fluente incluye un aparato alternativo al equipo de absorción capilar. Por ejemplo, un método que comprende el uso de una superficie absorbente para quitar el medio fluente puede incluir algunas formas de realización. Formas de realización adicionales pueden referirse a métodos que utilizan aparatos con más puntas de capilar en lugar del que se ha descrito detalladamente. Otras formas de realización más pueden incluir métodos para procesar por rotación el Precursor de Lente para eliminar el material fluente. Cualquiera de los numerosos métodos para utilizar un aparato para eliminar parte del material fluente, como resulta obvio para un experto en la materia, puede incluir aspectos dentro del alcance de la presente invención.

65 Un tipo diferente de forma de realización para eliminar material de la superficie superior del Precursor de Lente puede incluir el método de definir rasgos de relieve en el cuerpo de la lente con este fin. En estos tipos de

- 5 formas de realización, pueden diseñarse rasgos tales como los canales de drenaje mencionados en la sección anterior con el fin de crear una ubicación para permitir que el medio fluente con viscosidad relativamente baja salga por los mismos creando un espacio por debajo del nivel de la superficie para que fluya a su interior la viscosidad relativamente mayor. En formas de realización adicionales, utilizar la rotación del cuerpo de lente también puede incluir formas de realización para eliminar material de lente junto con diseñar rasgos de relieve para que el material fluya a su interior. Resulta obvio para un experto en la materia que las formas de realización que comprenden las diversas formas de realización de diferente diseño de superficie con relieve también incluyen la técnica dentro del alcance de la presente invención.
- 10 En algunas formas de realización, puede ser posible eludir la eliminación del medio reactivo de lente fluente y continuar a etapas de procesamiento adicionales. En la Fig. 1, este aspecto puede ser retratado por la flecha de puntos que va desde el elemento 160 alrededor del recuadro 131.
- 15 La siguiente etapa mostrada en las formas de realización que incluyen los métodos de formación de una lente oftálmica puede ilustrarse en la Fig. 1, el recuadro es el elemento 132, estabilización. En algunas formas de realización, esta metodología novedosa incluye la manera de procesamiento que permite que el medio reactivo de lente fluente fluya bajo diversas fuerzas para encontrar un estado estable, quizás de baja energía, a lo largo de la superficie de la Forma de Precursor de Lente. A nivel microscópico, puede ser evidente que una superficie de una forma de precursor puede tener localmente cierto nivel de rugosidad en la misma. Numerosos aspectos de las formas de realización de la formación pueden determinar la naturaleza de esta rugosidad, por ejemplo de uno de tales casos, el efecto del inhibidor para detener la reacción de manera relativamente abrupta cerca de donde se inicia. Las fuerzas superficiales del medio fluente, las fuerzas de fricción y de difusión, la fuerza de la gravedad y otras fuerzas aplicadas se combinan en muchas formas de realización para crear un recubrimiento liso que ha fluido sobre la topografía. En la metodología que determina estas fuerzas existen numerosas posibilidades de forma de realización dentro del alcance de la invención.
- 20 En una forma de realización, el Precursor de Lente puede estar configurado para permitir que el medio reactivo de lente fluente fluya bajo la fuerza de la gravedad. El método para realizarlo puede incluir el movimiento del Precursor de Lente a diferentes orientaciones para facilitar el flujo. Formas de realización alternativas pueden incluir la estrategia opuesta manteniendo el Precursor de Lente en un estado fijo con el menor movimiento posible. Otras formas de realización más pueden incluir someter el material fluente a las fuerzas relacionadas con la rotación del Precursor de Lente alrededor de un eje. En algunas formas de realización, esta rotación puede realizarse alrededor de un eje centrado en mitad del Precursor de Lente. En formas de realización alternativas, dicha rotación puede incluir rotar el Precursor de Lente alrededor de un punto del eje externo mientras mira a la parte superior del Precursor de Lente hacia o alejándose del punto del eje o en la miriada de posibles orientaciones entre tales. En otras formas de realización más, el Precursor de Lente puede procesarse en un entorno de caída libre para minimizar el efecto de la gravedad. Es evidente para un experto en la materia que puede haber numerosos métodos relacionados con la aplicación de fuerzas fluentes al Precursor de Lente durante un método de estabilización.
- 30 En otras formas de realización, puede modificarse la naturaleza fluida del medio fluente mediante la metodología. En algunas formas de realización, puede modificarse la viscosidad del medio fluente por medio de dilución o solvatación. Formas de realización alternativas pueden incluir evaporar parte del diluyente para aumentar la viscosidad. Una exposición a un cierto nivel de radiación actínica puede incluir otros métodos más para modificar dicha viscosidad de las películas fluentes. Puede haber numerosas formas de realización relacionadas con la modificación de la viscosidad del medio fluente.
- 35 En otras formas de realización, pueden modificarse las fuerzas relacionadas con la energía superficial sobre el medio reactivo de lente fluente mediante la metodología. En algunas formas de realización esto puede incluir la adición de tensioactivos a la mezcla monomérica reactiva naciente. En formas de realización alternativas, pueden añadirse aditivos o reactivos químicos al Precursor de Lente con el fin de modificar la energía superficial.
- 40 El diseño de la Forma de Precursor de Lente puede incluir métodos para crear diferentes condiciones de flujo del medio reactivo de lente fluente. Los canales, como ejemplo no limitativo, pueden incluir un medio para arrastrar el medio reactivo de lente fluente desde una región del Precursor de Lente. En formas de realización alternativas, los métodos de diseño relacionados con el cambio abrupto de perfil pueden incluir una metodología para proporcionar estados estabilizados modificados. Para un experto en la materia, es evidente que puede haber numerosos métodos de diseño del Precursor de Lente que incluyen la técnica dentro del alcance de la invención.
- 45 Desde una perspectiva general, estos diversos tipos de formas de realización no deben limitar la generalidad de los métodos para crear una naturaleza totalmente estabilizada o parcialmente estabilizada o no estabilizada del medio reactivo de lente fluente en la metodología que comprende la estabilización. Combinaciones de las diversas formas de realización por ejemplo resultarán obvias, para un experto en la materia, formas de realización adicionales para dicha metodología.
- 50 Después de haberse realizado una metodología de estabilización el material fluente puede someterse, en algunas formas de realización, a un tipo de metodología siguiente indicado como elemento 133, fijación, para
- 55
- 60
- 65

convertirlo en un estado no fluido. En algunas formas de realización, la naturaleza de la radiación actínica aplicada durante el método de fijación puede incluir alternativas. La banda o bandas del espectro aplicadas pueden ser un ejemplo de un tipo de forma de realización de la metodología. Formas de realización alternativas pueden incluir la intensidad de la radiación aplicada. En formas de realización alternativas, la aplicación de diversos aspectos de la irradiación de fijación puede incluir la dependencia del tiempo. A modo de ejemplo no limitativo, una banda de longitud de onda inicial puede incluir una primera etapa que a continuación se cambia a una banda diferente. El universo de formas de realización que resultarán obvias para un experto en la materia para el método de definir las condiciones de luz pertenecen al alcance de la presente invención.

En algunas formas de realización del elemento 133, el método de fijación puede incluir diferentes trayectorias que puede tomar la irradiación. En un ejemplo de tipo de forma realización, la irradiación puede producirse en la superficie frontal del Precursor de Lente; o, como alternativa, a través de la superficie posterior. Pueden derivarse otras formas de realización más a partir de múltiples fuentes de irradiación, algunas quizás con diferentes características luminosas para crear diferentes efectos de la radiación actínica en las entidades Precursor de Lente. Pueden derivarse otras formas de realización más a partir del método de fijación que comprende otras formas de energía distintas de la radiación. A modo de generalidad, los numerosos métodos que pueden incluir una etapa de fijación pertenecen al alcance de la invención.

En algunas formas de realización, después de haberse producido la fijación, el procesamiento del Precursor de Lente 130 queda terminado. Este producto terminado puede, en algunas formas de realización, procesarse adicionalmente. Este tipo de producto incluye un buen ejemplo del tipo de técnica indicada en el bloque 120 de la Fig. 1, formación alternativa de un precursor. A modo de ejemplo no limitativo, si el producto de la fijación se introdujera de nuevo en la metodología de litografía basada en vóxel, podría producirse una segunda capa de procesamiento. Este aspecto multipase introduce muchas opciones de metodología de forma de realización.

En algunas formas de realización, el complejo de Precursor de Lente que puede formarse a partir de múltiples pases que pueden incluir, a modo de ejemplo no limitativo, una primera etapa en la que se define la superficie de una lente oftálmica y una segunda etapa en la que se añaden a la superficie rasgos de perfil. Otras formas de realización complejas de la metodología pueden incluir, por ejemplo, un primer pase por el sistema de litografía basada en vóxel con condiciones, como algunos de los ejemplos anteriores descritos, que conducen a columnas de vóxeles aisladas a lo largo de la Forma de Precursor de Lente. A continuación, una segunda etapa de litografía basada en vóxel puede incluir rellenar los rasgos entre las columnas de vóxeles con un material de una característica diferente. Continuar un tercer pase a través del sistema puede a continuación definir una lente oftálmica. Resulta obvio que la generalización a la metodología de múltiples pases a través del sistema, cada uno de los cuales puede tener las abundantes posibilidades de forma de realización diferentes descritas, puede incluir un gran número de formas de realización diferentes, todas dentro del alcance de la invención.

En algunas otras formas de realización, el Precursor de Lente puede formarse aplicando un medio reactivo fluente sobre una Forma de Precursor de Lente. Por ejemplo, el Precursor de Lente formado mediante los métodos de litografía basada en vóxel puede someterse a un sistema de lavado como método extremo de eliminación del medio reactivo de lente fluente. Se derivará una Forma de Precursor de Lente del método de lavado. En algunas formas de realización, esta Forma de Precursor de Lente puede someterse a continuación a un método para añadir un siguiente medio reactivo de lente fluente a su superficie. La metodología de añadir el siguiente medio fluente a la superficie, en algunas formas de realización puede incluir sumergir y sacar el Precursor de Lente en métodos similares a las formas de realización descritas en el punto 117. El Precursor de Lente resultante puede tener ahora una distribución diferente de monómeros y multímeros, o en algunas formas de realización puede incluir una química de polímeros diferente de la utilizada para formar la Forma de Precursor de Lente. Es evidente para un experto en la materia que numerosas formas de realización que comprenden la metodología para aplicar el medio de lente fluente sobre diversas formas de realización de Forma de Precursor de Lente incluyen la técnica dentro del alcance de la presente invención.

En un conjunto alternativo de formas de realización, la Forma de Precursor de Lente puede formarse mediante medios distintos de la litografía basada en vóxel. En un primer ejemplo no limitativo, pueden ser posibles diversas formas de realización utilizando la estereolitografía como base para formar la Forma de Precursor de Lente. En algunas formas de realización, esta Forma de Precursor de Lente formada mediante estereolitografía puede tener medio reactivo de lente fluente de una metodología de remoción como en 117, pero otras formas de realización pueden incluir añadir un medio reactivo de lente fluente a la base formada mediante estereolitografía. Pueden ser posibles formas de realización alternativas utilizando un proceso de litografía con máscara para determinar la Forma de Precursor de Lente y, a continuación, utilizarlo en los métodos mencionados. Otras formas de realización más pueden incluir el uso de una Forma de Precursor de Lente que se forma mediante un proceso de moldeo por vaciado convencional común en la fabricación de lentes oftálmicas, y, a continuación, formar un Precursor de Lente en los métodos mencionados. Es evidente que las numerosas formas de realización que forman una Forma de Precursor de Lente pueden incluir métodos para formar un Precursor de Lente.

Después de haberse formado un Precursor de Lente mediante una de las diversas formas de realización del método y, a continuación, haberse procesado mediante una forma de realización del método, puede conformar

como resultado en algunas formas de realización una lente oftálmica. En algunas formas de realización, la lente se encontrará todavía sobre la superficie del óptico de formación. En la mayoría de las formas de realización, tendrá también que ser limpiada e hidratada para conformar una forma de producto de lente oftálmica. En los métodos que son generalmente convencionales en la técnica, la lente y en algunas formas de realización su forma fijada, puede sumergirse en un baño de solución acuosa. En algunas formas de realización este baño se calentará a una temperatura entre 60 grados y 95 grados centígrados para facilitar el método de inmersión. Dichos métodos de inmersión serán, en algunas formas de realización, limpiar el cuerpo de la lente e hidratarla. En el proceso de hidratación, la lente se hinchará y en algunas formas de realización se liberará del soporte al que está unida. Es evidente que dentro del alcance de la invención puede haber medios para coordinar el procesamiento de manera que las mismas estructuras de soporte y de manipulación química pueden incluir también formas de realización para el método de hidratación. Cabe señalar que las anteriores etapas y descripción de la metodología son ejemplares y no pretenden limitar el alcance de la invención.

El producto resultante después de la liberación en muchas formas de realización incluye la lente oftálmica formada. Es evidente que otras etapas sobre este producto son útiles en la producción de un producto aceptable de lente oftálmica. La metodología en algunas formas de realización puede incluir la técnica convencional para aislar la lente hidratada, envasarla y, a continuación, someterla a un proceso de esterilización, elemento 142. Resulta obvio para un experto en la materia que el orden en el que se incluyen estas etapas unas respecto a otras y también respecto a las etapas anteriores puede incluir diferentes formas de realización coherentes con la invención.

Las diversas formas de realización de lente oftálmica, elemento 170, resultantes del aparato y los métodos descritos en el presente documento incluyen otra dimensión de la técnica. Es evidente para un experto en la materia que el producto de Precursor de Lente puede tener formas únicas al mismo. En primer lugar, la lente a cierto nivel es un composite de dos capas endurecidas. Una de ellas, la Forma de Precursor de Lente, está formada en algunas formas de realización por las acciones de los métodos y el aparato de litografía basada en vóxel. Esta Forma de Precursor de Lente puede tener numerosas formas de realización, algunos ejemplos de las cuales resultarán evidentes a partir de anteriores análisis de la metodología.

Por ejemplo, en algunas formas de realización del método, la forma puede incluir un conjunto de elementos vóxel en columna relativamente aislados, teniendo cada uno una extensión diferente determinada por el proceso de litografía vóxel. En otras formas de realización, la Forma de Precursor de Lente puede incluir un conjunto completamente interconectado de columnas basadas en vóxel de material. Resulta obvio para un experto en la materia, que existen numerosas formas de realización relacionadas con la composición real de la mezcla monomérica. Además, como se ha mencionado anteriormente en el contexto de la metodología, la Forma de Precursor de Lente puede formarse mediante diversas técnicas distintas de la litografía basada en vóxel, incluidas pero no limitadas a estereolitografía, litografía basada en máscara y mecanizado. Existen formas de realización en las que la forma de litografía basada en vóxel tiene rasgos de perfil diseñados con la técnica basada en vóxel; éstas incluyen pero no se limitan a rasgos lineales, rasgos curvilíneos, pocillos, rasgo en altura parcial de la lente o en toda su altura, cambios bruscos en la topología, mesetas y canales.

Aún más, pueden derivarse formas de realización más complejas del aspecto de pase múltiple de la invención. Una Forma de Precursor de Lente, a modo de ejemplo no limitativo, puede ser el composite de un primer pase a través de una etapa de litografía basada en vóxel que define un perfil de tipo esférico en la superficie con rasgos abruptos en su perímetro. Un segundo pase puede definir parámetros oftálmicos personalizados en la porción visiblemente activa de la lente. A modo de generalización, está claro que hay abundantes formas de realización que comprenden múltiples pases a través del aparato de litografía basada en vóxel y métodos. Las variaciones pueden incluir diferentes medios para formar el primer pase, incluidas las opciones alternativas de litografía analizadas y, por ejemplo, una lente oftálmica moldeada. Este primer material del tipo de lente incluye un Precursor de Lente cuando se actúa sobre él en un segundo pase, y en última instancia, puede definir una nueva forma de realización de la lente.

La naturaleza del segundo componente de un Precursor de Lente, el medio reactivo de lente fluente, en algunas formas de realización, cuando se incorpora en la lente define la novedad en la forma de realización de la lente. Cuando se procesa con la metodología y el aparato analizado para algunas formas de realización, elemento 130, estas formas de realización pueden incluir una segunda capa distinguible que tiene una superficie lisa. La combinación de las numerosas formas de realización de la Forma de Precursor de Lente y las diversas formas de realización del medio reactivo de lente fluente pueden incluir formas de realización novedosas de una lente oftálmica.

Puede mejorarse la formación de una lente oftálmica mediante la metrología y la retroalimentación 150. Algunas formas de realización pueden incluir un flujo de metodología de procesamiento directo desde el recuadro 116 hasta el elemento 170. Sin embargo, pueden derivarse formas de realización superiores del uso de métodos de metrología para llevar controles de los parámetros de los diversos métodos empleados. En la Fig. 1, estos mecanismos de retroalimentación y flujo de información se indican esquemáticamente mediante las flechas de dos cabezas que fluyen hacia y desde el elemento 150. Es evidente para un experto en la materia que numerosas formas de realización de la metrología pueden incluir la técnica dentro del alcance de la presente invención.

Continuando a la Fig. 2, se representa una forma de realización ejemplar de una metodología de metrología y bucle de retroalimentación relacionada con el espesor y el rendimiento óptico de una forma de realización de la lente formada mediante los métodos de litografía basada en vóxel. En algunas formas de realización, puede haber un bucle de retroalimentación que funciona como se representa en el elemento 200, comenzando con el elemento 205 que representa la entrada de los parámetros de lente deseados desde una fuente externa. A efectos de ejemplo, el modelo de la superficie de la lente puede provenir de un dispositivo de medición ocular aplicado al ojo de un paciente. En otras formas de realización, los parámetros de entrada teóricos pueden incluir la metodología de la etapa 205. Estas entradas serán procesadas en alguna metodología para alinearlas con los requisitos de entrada de la litografía basada en vóxel 210. Las diversas formas de realización del aparato y método recibirán esta entrada y, en algunas formas de realización, con un método algorítmico la convertirá en parámetros utilizables en el sistema de litografía basada en vóxel 211.

Prosiguiendo a la Fig. 2, se prepara un Precursor de Lente en el sistema de litografía basada en vóxel como se muestra en el elemento 220. Podrá procesarse posteriormente con la metodología de procesamiento del Precursor de Lente 230 que da como resultado una forma "seca" de una lente oftálmica 240. A continuación, puede medirse esta lente oftálmica seca en una etapa de metrología 250. A efectos de ejemplo, esta etapa puede incluir el uso de un sensor de desplazamiento láser. Nuevamente a modo de ejemplo, el resultado de la topología de la superficie de esta medición puede aparecer en algunas formas de realización como se muestra en la Fig. 4, elemento 400. Los algoritmos pueden procesar estos datos, como se representa en los elementos 251 y 252 para comparar el resultado de lo que se esperaría si la lente coincidiera con los parámetros de entrada de la etapa 205. En algunas formas de realización, pueden procesarse las diferencias de los parámetros de entrada y hacerse corresponder con la necesidad de cambiar los parámetros utilizados para procesar la lente en el sistema de litografía basada en vóxel 211. Este bucle de retroalimentación de datos e información paramétrica se representa en el bucle de retroalimentación del elemento 253. Los datos también pueden procesarse y hacerse corresponder con los cambios de parámetro deseados en la metodología de procesamiento del Precursor de Lente 252. La retroalimentación de los cambios deseados a los parámetros en este sistema 252 se representa mediante el bucle de retroalimentación 254. Cabe señalar que las etapas mostradas en la Fig. 2 y la descripción de la metodología relacionada son ejemplares y no pretenden limitar el alcance de la invención.

Los resultados de la etapa de metrología 250, y los diversos procesamientos de los datos 251 y 252, en algunas formas de realización pueden incluir la capacidad de decidir si la lente producida 240, está dentro de un conjunto de límites aceptables en torno a los parámetros de entrada del elemento 205. La decisión sobre esta lente se muestra a continuación en el elemento 251, en el que la lente puede descartarse por otra lente que se producirá con los parámetros modificados. Como alternativa, la lente puede estar dentro de límites aceptables y, por lo tanto, continuar a la etapa 260 para el procesamiento en las formas de realización del aparato y la metodología de procesamiento posterior. A continuación, después de que la lente se ha hinchado y liberado, puede someterse a otra metodología de metrología como se muestra en el elemento 270. En algunas formas de realización, el resultado de esta metrología podría tener formas de realización de retroalimentación similares como se ha indicado para la etapa 250 en esta forma de realización. Después de haber realizado un producto de lente oftálmica 280, el flujo de procesamiento puede unirse al flujo en el que se rechazó la lente seca. Después de ello es posible que todo el flujo vuelva a la etapa 205 en una etapa indicada por la condición etapa de retorno de 290. Es evidente para un experto en la materia que existen numerosas modificaciones, adiciones y alternativas a la hora de realizar una etapa de metrología en los diversos productos y, a continuación, idear un bucle de retroalimentación que incorpore los resultados medidos y ajuste los parámetros del sistema.

En algunas formas de realización ligeramente diferentes, un tipo adicional de medición puede estimar los aspectos cualitativos de la lente para la retroalimentación al equipo global. A modo de ejemplo no limitativo, puede configurarse un esquema de detección de material particulado en algunas formas de realización para medir la presencia de tales defectos en el Precursor de Lente producido. Si una medición de este tipo diese un resultado que señalase un problema de material particulado, podría haber un bucle de retroalimentación que podría implicar, en algunas formas de realización, la retroalimentación a un operador del aparato y la metodología para remediar el problema señalado. Resulta obvio para un experto en la materia que numerosas formas de realización de la metrología pueden incluir la técnica dentro del alcance de la presente invención en la que un resultado de medición se retroalimenta a un operador.

En otras formas de realización más, el uso de datos logísticos puede incluir un elemento de un bucle de retroalimentación. Como se ha mencionado en los análisis sobre el aparato en algunas formas de realización, los componentes clave del aparato pueden tener identificación. Esta identificación de componente puede ser rastreada, en algunos casos, por un aparato de automatización. La retroalimentación puede incluir, por ejemplo, que un componente particular se haya utilizado durante un aspecto particular que incluye su vida útil. La retroalimentación puede, en algunas formas de realización, hacerse a un operador, o incluir respuestas automatizadas del sistema. En otras formas de realización más que utilizan la identificación de componentes, los resultados de las formas de realización de la metrología anteriores, en las que los resultados de espesor tienen efecto sobre los parámetros del sistema, la identificación única de un componente, como por ejemplo la pieza de óptico de formación, pueden permitir la adaptación individual de parámetros por lo demás globales para ese componente particular. Resulta obvio para un experto en la materia que la invención descrita en el presente documento incluye numerosas formas de

realización de diversas formas para obtener los datos logísticos y metrológicos, para procesar esos datos mediante diversos medios algorítmicos, para distinguir esos datos de los requisitos de lente de entrada y para proporcionar medios para retroalimentar esos datos al propio sistema o a los operadores externos al sistema; todos los cuales se consideran dentro del alcance de la presente invención.

5

EJEMPLO 1:

Se han puesto en práctica diversas formas de realización de la invención y se han producido productos de lente y Precusores de Lente de las formas analizadas en el presente documento. En la presente sección se proporciona como ejemplo un análisis de los resultados de un conjunto de formas de realización.

10

El aparato para llevar a cabo los resultados en este ejemplo comprendía los siguientes aspectos generales. Se utilizó un aparato óptico de litografía basada en vóxel para formar un Precursor de Lente. Este aparato, desde una perspectiva general, estaba compuesto por una fuente luminosa del tipo de la forma de realización preferente que funcionaba a 365 nm. Se utilizó un homogeneizador con un tubo óptico y óptica de enfoque, como se ha analizado, para iluminar el dispositivo digital de microespejos DLP™ XGA de Texas Instruments. El sistema de formación de imágenes comprendía adicionalmente óptica de enfoque sobre un óptico de formación del tipo representado en la Fig. 10.

15

El perfil de intensidad y los valores de píxel del DMD se calcularon en base a la absorbancia óptica y la reactividad de la mezcla monomérica reactiva que estaba compuesta por Etafilcon A. Este sistema tiene las características de absorbancia que se muestran en la Fig. 3, con el pico de irradiación 320, a 365 nm, y el pico de formación 330, a 420 nm. Estas características de absorbancia del sistema son coherentes con un formalismo de absorbancia de la Ley de Beer, y este se utilizó para hacer una estimación del programa temporal e intensidad correctos para cada uno de los aproximadamente 768 x 1.024 elementos vóxel configurados por toda la cara del óptico de formación.

20

25

Con fines ilustrativos, el formalismo de Beer-Lambert-Bouguer es lo que se utilizó para modelizar la intensidad necesaria. El modelo da como resultado una dependencia paramétrica en base a este formalismo y las variables relacionadas con los materiales, como el Etafilcon A, y el aparato. A continuación, se retroalimentan los resultados de los pases de la lente de tal manera que se refinan los parámetros del modelo y se genere una lente. La lógica del modelo es la siguiente.

30

Ley de Beer-Lambert-Bouguer:

35

La ley de Beer predice que la intensidad de la radiación actínica disminuirá exponencialmente en un material, dependiendo del coeficiente de extinción α (λ).

40

$$I(x)/I_0 = \exp(-\alpha(\lambda)cx) \quad \text{Ecuación 1}$$

La velocidad de disminución de la intensidad en función de la distancia es

45

$$dI/dx = -\alpha(\lambda)cI_0 \exp(-\alpha(\lambda)cx) \quad \text{Ecuación 2}$$

50

En la que $I(x)$ es la intensidad en función de la distancia x desde la superficie irradiada, I_0 es la intensidad incidente en esa superficie, $\alpha(\lambda)$ es el coeficiente de absorción del componente absorbente en función de la longitud de onda (λ), y c es la concentración del componente absorbente en un medio por lo demás relativamente transparente. Por lo tanto, seleccionando la longitud de onda de la radiación, puede afinarse el proceso para seleccionar el gradiente de intensidad (es decir, cuanto mayor es α , más rápido es el cambio en las propiedades y, por lo tanto, más delgada es la lente).

55

En relación a continuación a la Fig. 3, elemento 300, el espectro de transmisión de una Mezcla Reactiva, que muestra la región de transición debida al absorbedor 310, el solapamiento con el espectro de absorbancia del iniciador 340, y el espectro de emisión de las fuentes de radiación de formación 320, y fijación 330.

60

La velocidad de polimerización de la polimerización mediada por radicales en una mezcla monomérica reactiva sigue la ecuación de velocidad general en la que la velocidad de polimerización (R_p) es igual a la concentración de grupos funcionales reactivos ($[C=C]$) multiplicado por la concentración de radicales ($[•]$) y un parámetro cinético (k)

$$R_p = k[C=C][•] \quad \text{Ecuación 3}$$

65

La concentración de radicales es fuertemente dependiente de la velocidad de iniciación y del mecanismo de terminación. Por lo general, la terminación radical-radical/bimolecular es el mecanismo de terminación primario. El

cambio en la concentración de radicales en el tiempo es igual a la velocidad de iniciación (R_i) menos la velocidad de terminación.

5 Suponiendo un estado estacionario ($d[\cdot]/dt = 0$), y resolviendo la concentración de radicales, se observa que la concentración de radicales varía en función de la velocidad de iniciación elevada a la potencia $\frac{1}{2}$. Por lo tanto, la velocidad de polimerización depende de la velocidad de iniciación elevada a la potencia $\frac{1}{2}$.

10
$$[\cdot] = (R_i/k_t)^{1/2} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$R_p = k[C=C](R_i/k_t)^{1/2} \quad \text{Ecuación 5}$$

15 Considerando la energía de activación (E), la constante de los gases ideales (R), la temperatura en grados Kelvin (T), el escalado de la velocidad de polimerización (β), y el parámetro de escalado de Arrhenius (K_0), la velocidad de polimerización se expresa:

20
$$R_p = k_0 e^{-E/RT} [C=C] (R_i/k_t)^\beta \quad \text{Ecuación 6}$$

La velocidad de iniciación fotoquímica viene dada por:

25
$$R_i = k' I \quad \text{Ecuación 7}$$

En la que I es la intensidad de la radiación y k' es una constante referente al rendimiento cuántico. Suponiendo que todos los parámetros y la concentración de iniciador se mantienen constantes durante toda la reacción, la expresión puede simplificarse de manera que todos los parámetros que son constantes queden englobados en k .

30
$$R_p = k e^{-E/RT} [C=C] (I)^\beta \quad \text{Ecuación 8}$$

35 La velocidad de polimerización es la velocidad de cambio de la concentración de grupo funcional en el tiempo ($-d[C=C]/dt = R_p$), y por lo tanto la ecuación puede expresarse como:

40
$$-d[C=C]/dt = k e^{-E/RT} [C=C] (I)^\beta \quad \text{Ecuación 9}$$

Tras resolver la ecuación diferencial y sustituir la conversión, donde la conversión se expresa como $X = 1 - [C=C]/[C=C]_0$;

45
$$X = 1 - \exp[-k e^{-E/RT} (I)^\beta t] \quad \text{Ecuación 10}$$

en la que t es el tiempo de exposición en segundos.

50 Si la Mezcla Reactiva contiene un absorbedor que absorbe radiación en la longitud de onda de la radiación actínica, el grado de conversión puede variar en función de la intensidad, y por lo tanto en función de la distancia desde la superficie, según la ley de Beer. Insertando la relación de la ley de Beer en la ecuación cinética, puede predecirse el grado de conversión en función de la distancia, x , desde la superficie.

55
$$X(x) = 1 - \exp[-k e^{-E/RT} (I_0 e^{-\alpha c x})^\beta t] \quad \text{Ecuación 11}$$

60 Reconociendo que la superficie formada libremente se creará en el límite en el que el grado de conversión está en el punto de gelificación (es decir, $X = X_{gel}$), puede predecirse el espesor, x_{Thick} , de la lente reordenando la ecuación para resolver x :

65

5
$$\ln(1 - X_{gel}) = -kt \exp(-E/RT) (I_0 \exp(-\alpha c x_{Thick}))^\beta$$
 Ecuación 12

10
$$\left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{kt \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} = I_0 \exp(-\alpha c x_{Thick})$$
 Ecuación 13

15
$$x_{Thick} = \frac{-1}{\alpha c} \ln \left(\frac{1}{I_0} \left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{kt \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right)$$
 Ecuación 14

20
$$x_{Thick} = f(I_0, t)$$
 Ecuación 16

25 X_{gel} es el grado de conversión en el que la formulación pasa de un líquido a un sólido debido a las reticulaciones que se forman durante la reacción fotoiniciada. Después de reordenar la ecuación y resolver x_{Thick} a una conversión particular X_{gel} , puede calcularse el espesor de la película. Manteniendo todos los demás parámetros y propiedades constantes, puede hacerse una estimación de un espesor deseado en cualquier ubicación x , y en la superficie, modificando I_0 y el tiempo de exposición, t . También puede hacerse una estimación del espesor deseado vóxel a vóxel donde i y j representan las coordenadas de fila y columna de un Vóxel particular y $x_{Thickij}$ es el espesor formado de ese mismo Vóxel.

30

35
$$x_{Thick}(x, y) = f(I_0(x, y), t(x, y))$$
 Ecuación 17

40
$$x_{Thickij} = f(I_{0ij}, t_{ij})$$
 Ecuación 18

45
$$x_{Thickij} = \frac{-1}{\alpha c} \left[\ln \frac{1}{I_{0ij}} + \ln \left(\left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{kt_{ij} \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right) \right]$$
 Ecuación 19

50

55

60

65

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{-1}{\alpha c} \left[\ln \frac{t_{ij}^{-1/\beta}}{I_{0_{ij}}} + \ln \left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{k \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right] \quad \text{Ecuación 20}$$

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{1}{\beta \alpha c} \ln t_{ij} + \frac{1}{\alpha c} \ln I_{0_{ij}} - \frac{1}{\alpha c} \ln \left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{k \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta}$$

Ecuación 21

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{1}{\beta \alpha c} \ln t_{ij} + \frac{1}{\alpha c} \ln I_{0_{ij}} - \frac{1}{\beta \alpha c} \left(\frac{E}{RT} + \ln(\ln(1 - X_{gel})^{-1}) - \ln k \right)$$

Ecuación 22

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{1}{\alpha c} \left(\ln I_{0_{ij}} + \frac{1}{\beta} \left(\ln t_{ij} - \left(\frac{E}{RT} + \ln(\ln(1 - X_{gel})^{-1}) - \ln k \right) \right) \right)$$

Ecuación 23

$$x_{Thick_{ij}} = A(\ln I_{0_{ij}} + B(\ln t_{ij} - C)) \quad \text{Ecuación 24}$$

$$x_{Thick_{ij}} = A \ln I_{0_{ij}} + AB \ln t_{ij} - ABC \quad \text{Ecuación 25}$$

Puede hacerse una estimación de los valores típicos de los parámetros (Tabla 1) en la ecuación a partir del análisis de los datos cinéticos.

Tabla 1. Parámetros de la Ecuación 14

Parámetro	Unidades	Valor	Descripción
E	kJ/mol.	12,0	Energía de Activación
R	J/K mol.	8,31451	Constante del Gas
T	°K	333	Temperatura
k		1,3	Constante de Velocidad
X _{gel}		0,2	Conversión en el punto de gelificación
β		0,5	Factor Cinético
I ₀	mW/cm ²	10	Intensidad
α	μm ⁻¹	1,3	Coefficiente de Extinción
c		0,01	Concentración

Mediante este modelo y los parámetros de referencia que se muestran en la Tabla 1, en la Fig. 19 se representa gráficamente un gráfico de la distancia a la que se encuentra la superficie formada libremente de la superficie irradiada en función del tiempo y la intensidad (suponiendo un X_{gel} del 20%). La estimación de una distancia de la superficie formada libremente desde la superficie de la superficie del óptico de formación se representa como 1920, frente al tiempo de irradiación 1930. Y estos valores se presentan para el cálculo de tres intensidades incidentes diferentes 1940. Como queda claro a partir del análisis, puesto que el producto de esta irradiación será un Precursor de Lente 1700, la distancia es una estimación del espesor de la forma de precursor 1730, para una intensidad y tiempo de intensidad determinados. Después del análisis del aparato DLP[™] anteriormente indicado, puesto que este aparato funciona como un control de intensidad digital, el tiempo estaría relacionado con el tiempo integrado que pasa un elemento espejo en el estado "activado". La intensidad que en realidad se produce en una ubicación Vóxel particular puede medirse con precisión mediante alguna técnica, pero la fuerza del aparato es que puede compararse una medición del producto de lente producido de un primer pase con el espesor diana, y la diferencia puede utilizarse para deducir una diferencia de tiempo para una intensidad particular, haciendo referencia a la relación en la Fig. 19. Por ejemplo, si la intensidad que alcanza una ubicación Vóxel con el espejo "activado" es 10 mW/cm², entonces en referencia a la Fig. 19 1910, el ajuste que resultaría del modelo podría encontrarse deslizándose a lo largo de la curva 1910 hasta una nueva diana de espesor y generando un nuevo parámetro temporal. El algoritmo de control puede utilizar esta diana de tiempo calculada para ajustar el tiempo de exposición en cada una de una serie de fotogramas de la "película" a y promediar la cantidad que en total es igual al tiempo diana. O de otra manera, podría utilizarse el tiempo máximo por fotograma y, a continuación, un último fotograma intermedio podría tener una fracción del tiempo máximo por fotograma y, a continuación, los restantes fotogramas podrían tener un estado "desactivado" definido. De alguna manera, el tiempo ajustado puede utilizarse a continuación para preparar una siguiente lente y repetir el proceso.

Después de la exposición, se sacó el Precursor de Lente del depósito de Mezcla Reactiva y se procesó con el aparato de eliminación de producto químico fluente como se muestra en las Figs. 12 y 13. A continuación, se estabilizó la lente como se analiza en las secciones relacionadas. A continuación, se estabilizó la lente con una exposición radiante de 420 nm, un punto en el que el absorbedor en el Etafilcon A, Norbloc, ya no absorbe la luz incidente de manera significativa. A continuación se midió la lente y posteriormente se hidrató con el aparato mencionado anteriormente.

Se han preparado lentes reales de esta manera con Etafilcon A, mezcla monomérica reactiva y se ha medido su potencia óptica. La potencia óptica medida, en dioptrías, se presenta en la siguiente tabla para dos lentes.

Tabla 2. Datos de las lentes producidas

Número del dispositivo	Potencia óptica diana (dioptría)	Potencia óptica medida (dioptría)
1	-5,75	-5,55
2	-5,75	-5,92

En un sentido similar, se utilizaron condiciones de proceso para preparar otra lente utilizando el mismo sistema químico, Etafilcon A, y se midió la lente utilizando un aparato interferómetro de frente de onda transferido. En la Fig. 4, la señal de diferencia entre un óptico de formación y la lente producida se muestra como 400, un mapeo de la topografía de la lente producida. Es de destacar que la zona óptica de la lente muestra una topografía bien formada mediante las líneas circulares concéntricas 410. La superficie es un dispositivo de lente oftálmica de calidad.

En la producción de la lente 400 y su medición, hay rasgos que se diseñaron en la lente y se producen como rasgos en el mapeo topográfico. Por ejemplo 420 incluye canales de drenaje programados en la Forma de Precursor de Lente con intensidad baja programada durante la película de exposición. Un tipo diferente de canal se

mide como 440. Este elemento 440 incluye un canal largo, útil como marca de alineación para la superficie de la lente. Este rasgo se repite de forma similar en el otro lado de la lente y justo por encima del rasgo indicado 440 para crear una orientación clara de la parte frontal de la superficie de la lente, axialmente, en el espacio.

5 **Tabla 3. Parámetros ejemplares para la lente 1+2**

	Descripción	Parámetro
	Dosis de Mezcla Monomérica Reactiva	300 μ l
10	Mezcla Monomérica Reactiva	Etafilcon A
	Mezcla Monomérica Reactiva - O ₂	7%
	Entorno - Litografía basada en Vóxel - O ₂	7%
	Entorno - Procesamiento del Precursor - O ₂	0%
15	Exposición de Formación en el Óptico	102 μ W/cm ²
	Número de Secuencias de Imagen	128 fotogramas
	Tiempo Total de Exposición	115 seg
	Tiempo de Coalescencia – Convexa hacia Abajo	30 seg
	Etapas de Evacuación	Una
20	Tiempo Post Evacuación – Convexa hacia Abajo	60 seg
	Tiempo de Estabilización	200 seg
	Tiempo de Fijación	240 seg
	Intensidad de Fijación en el óptico	4 mW/cm ²
	Líquido de Hidratación	DI w/300ppm Tween
25	Temperatura de Hidratación	90 C
	Tiempo de Hidratación	15 min

Ejemplo 2

30 En esta sección se proporciona en la Fig. 18 1800 una descripción de una forma de realización específica alternativa para un componente óptico de formación 580. Una vez más, el óptico de formación es el soporte sobre el que puede crearse un Precursor de Lente o lente. Su representación como 1000, Fig. 10, puede ser la más directa para este análisis. La Fig. 10, en una forma de realización ya descrita, puede representar un óptico sólido de masa considerable 1010, con una superficie de calidad óptica formada sobre el mismo 1011. La forma de realización alternativa 1800 analizada en el presente documento reemplazaba el elemento masivo 1010, con una pieza de molde 1810, que puede ser muy parecida a las piezas de molde que comprenden comúnmente la producción masiva de lentes oftálmicas convencionales mediante los actuales criterios de producción. En tal caso, la pieza de molde puede haberse formado mediante moldeo por inyección hasta una forma óptica convencional.

40 La forma de plástico resultante podría tener una conformación adicional alrededor de la superficie óptica, que es similar a 1011, que comprende y rodea la superficie óptica 1860. Puede derivarse una complejidad adicional formando en el mismo formato de plástico unos tubos 1850 y 1890, que pueden ser útiles para hacer fluir los líquidos durante el uso de los diversos aparatos. De manera similar, el óptico de formación podría estar centrado dentro de una pieza de metal más grande 1840, como 1040 y sus elementos asociados. Sin embargo, en este caso ejemplar, la periferia del óptico de formación moldeado en plástico podría sellarse con un ajuste a presión entre dos piezas de metal en una forma similar de 1040. El elemento fijo de composite resultante sería útil a partir de este punto para funcionar de manera similar a algunas formas de realización de 1000; sin embargo, en una sola pieza puede estar incluida la función del óptico 1000 y la del depósito 1110 y 1140.

50 Durante el funcionamiento, ésta sola forma de pieza ejemplar del molde, pocillo y aparato de sujeción puede cargarse a continuación a una posición equivalente (alrededor de 580 en la Fig. 5) en el sistema óptico de litografía basada en vóxel 500. Algunas formas de realización de esta alternativa ejemplar pueden incluir tener una pieza de plástico superior 1830, formada sobre el óptico de formación y el pocillo. Esto definiría entonces un volumen de espacio al que los tubos anteriormente mencionados podrían hacer fluir líquidos.

55 Una forma de realización alternativa del sistema óptico de litografía basada en vóxel, puede ser para definir la trayectoria de la luz como si viniese desde una ubicación inferior a través de la superficie del óptico de formación 1810, en lugar de venir desde arriba. Esto permitiría que el pocillo alrededor del óptico de formación se llenase sobre la superficie interna del óptico de formación con la Mezcla Reactiva de formación de lente 1870, durante una etapa apropiada.

60 En base al diseño de la superficie del óptico de formación y las características ópticas de la lente deseadas pueden calcularse una serie de imágenes programadas para irradiar la Mezcla Reactiva con el óptico de formación y pocillo de la forma de realización alternativa. La Mezcla reactiva 1870 puede introducirse en el pocillo de alguna manera, hasta un nivel que desborde la superficie del óptico de formación. Los mismos tubos de llenado 1850 y 1890 pueden hacer fluir a continuación una mezcla gaseosa de pasivación sobre la parte superior de la Mezcla Reactiva de lente de una manera muy parecida a como lo hicieron en los elementos de la forma de realización 990 y

960. Después de haberse llevado a cabo la etapa de irradiación a través de esta forma de realización del óptico de formación, el tubo de salida 1890 en la forma puede cerrarse de alguna manera en este punto, y, a continuación, la presión de los gases de entrada 1850 puede a continuación obligar a la Mezcla Reactiva restante 1870 a salir del tubo de drenaje 1880. Como resultado, puede haber ahora sobre la superficie del óptico de formación un Precursor de Lente 1820, del tipo mostrado en 1700.

5

Partiendo de una perspectiva ejemplar, si el diseño del Precursor de Lente incluyese canales de drenaje suficientes para autoevacuar de la lente suficiente Mezcla Reactiva de Lente Fluente, podría permitirse que la lente se procesase en una etapa de estabilización de la lente en el óptico de plástico formado, el soporte y el pocillo que comprende esta forma de realización alternativa.

10

Dirigiendo irradiación de fijación a través de la forma de plástico, el Precursor de Lente puede modificarse hasta una lente de manera similar a la analizada anteriormente. Una etapa de metrología, si puede mirar a través de una capa de plástico entre la lente y el aparato de metrología, podría proporcionar el cumplimiento de las características de la lente para el rendimiento deseado. Los tubos de flujo pueden utilizarse a continuación para hacer fluir medio acuoso calentado con tensioactivo a través de la cámara de la lente y realizar la etapa de hidratación, limpieza y remoción. Y en algunas formas de realización, algunas o la totalidad de las formas de plástico pueden incluir un recipiente de almacenamiento en el que se introduce el medio de almacenamiento apropiado cuando se envasa la lente.

15

20

Conclusión

La presente invención, como se ha descrito anteriormente y como se define adicionalmente mediante las siguientes reivindicaciones, proporciona métodos de formación de Precursores de Lentes oftálmicas y lentes oftálmicas.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Reivindicaciones

1. Método de formación de un Precursor de Lente oftálmica (1740), comprendiendo el método las etapas de:
 - 5 colocar un único sustrato (1010) con una zona de calidad óptica (1011) en contacto con un volumen de mezcla reactiva (945), en el que la mezcla reactiva (945) comprende un componente absorbente de la radiación; y transmitir suficiente radiación actínica (550) a través del único sustrato (1010) para polimerizar una parte del volumen de mezcla reactiva (945) y formar el precursor de lente oftálmica (1740), **caracterizado porque** el Precursor de Lente oftálmica (1740) comprende una primera porción de la superficie (1750) a lo largo de la zona de
 - 10 calidad óptica (1011) y una segunda porción de la superficie (1730) que es formada libremente por el componente absorbente de la radiación que absorbe radiación suficiente a lo largo de un vector de transmitancia de radiación para cesar la polimerización en la dirección del vector, formando de ese modo la segunda porción de la superficie según una serie de vectores y una profundidad de polimerización de cada vector.
 - 15 2. Método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente las etapas de:
 - calcular un perfil de intensidad; y
 - transmitir la radiación actínica (550) a través del sustrato (1010) en base al perfil de intensidad y formar de este modo la superficie formada libremente del Precursor de Lente (1730) en base al perfil de intensidad.
 - 20 3. Método según la reivindicación 1, en el que la primera superficie (1750) de la lente formada comprende un primer módulo y la segunda superficie (1730) de la lente comprende un segundo módulo.
 - 25 4. Método según la reivindicación 3, en el que el módulo de la primera superficie (1750) es superior al módulo de la segunda superficie (1730).
 - 30 5. Método según la reivindicación 2, en el que cada vector de radiación actínica está asociado con un vóxel de material de lente polimerizado o parcialmente polimerizado y la transmisión de radiación actínica se controla vóxel a vóxel.
 - 35 6. Método según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la etapa de aclarar al menos la segunda porción (1710) en una solución.
 - 40 7. Método según la reivindicación 6, en el que la solución comprende mezcla reactiva sin reaccionar.
 - 45 8. Método según la reivindicación 6, que comprende adicionalmente la etapa de someter a ultrasonidos la solución en la que se aclara la segunda porción de la lente mientras se está aclarando la segunda porción de la lente.
 - 50 9. Método según la reivindicación 1 que comprende adicionalmente las etapas de:
 - hacer fluir una primera cantidad (1240) de material fluente que comprende la segunda superficie (1730) del Precursor de Lente (1740) durante un período de permanencia; y
 - exponer el Precursor de Lente (1740) a una exposición a una segunda radiación actínica (1460) para formar la lente oftálmica.
 - 55 10. Método según la reivindicación 9, que comprende adicionalmente la etapa de evacuar una segunda cantidad (1241) de un material fluente que comprende la segunda superficie (1730) del Precursor de Lente (1740).
 - 60 11. Método según la reivindicación 9, que comprende adicionalmente las etapas de:
 - retirar el Precursor de Lente (1740) de la mezcla reactiva (945); y
 - drenar una segunda cantidad del material fluente de la segunda superficie (1730) del Precursor de Lente (1740).
 - 65 12. Método de formación de una lente oftálmica según la reivindicación 11, en el que la primera superficie (1750) del Precursor de Lente (1740) está formada a lo largo de una zona de calidad óptica (1011) de un sustrato (1010) y la segunda superficie (1730) del Precursor de Lente (1740) se forma libremente.
 13. Método según la reivindicación 11, en el que la primera exposición de radiación actínica (550) se transmite a través del sustrato (1010) en base a un perfil de intensidad predeterminado.
 14. Método según la reivindicación 11, que comprende adicionalmente la etapa de formar una primera superficie (1750) del Precursor de Lente oftálmica con un módulo superior a un módulo de la segunda superficie de la lente oftálmica.
 15. Método según la reivindicación 11, en el que la transmisión de la primera radiación actínica (550) se controla vóxel a vóxel.

- 5 16. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 11, en el que la transmisión de la primera radiación actínica (550) se controla mediante un procesador en comunicación con un aparato con dispositivo digital de microespejos (510).
17. Método según la reivindicación 16, en el que el aparato con dispositivo digital de microespejos (510) comprende al menos tres chips de dispositivo digital de microespejos.
- 10 18. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en el que una profundidad de penetración de la primera radiación actínica (550) en la mezcla reactiva (945) desde un punto en la superficie del sustrato puede calcularse según la Ley de Beer.
- 15 19. Método según la reivindicación 2 o la reivindicación 11, que comprende la etapa de transmitir la primera radiación actínica (550) en un patrón estático durante un tiempo predeterminado.
- 20 20. Método según la reivindicación 2 o la reivindicación 11, que comprende la etapa de transmitir la primera radiación actínica (550) en un patrón dinámico.
21. Método según la reivindicación 2 o la reivindicación 11, en el que la primera radiación actínica (550) comprende luz en un espectro de entre 370 nm y 430 nm.
- 25 22. Método según la reivindicación 20 cuando depende de la reivindicación 2, o la reivindicación 21 cuando depende de la reivindicación 11, que comprende la etapa de hacer pasar el espectro de luz que comprende la primera radiación actínica (550) a través de un filtro pasa banda (630).
- 30 23. Método según la reivindicación 11, que comprende adicionalmente la etapa de aclarar la segunda superficie (1730) del Precursor de Lente (1740) en una solución.
24. Método según la reivindicación 23, en el que la solución comprende mezcla reactiva sin reaccionar.
- 35 25. Método según la reivindicación 24, que comprende adicionalmente la etapa de someter a ultrasonidos la solución en la que se aclara la segunda porción del Precursor de Lente (1740) mientras se está aclarando la segunda porción de la lente.
26. Método según la reivindicación 9, en el que el Precursor de Lente oftálmica (1740) se forma mediante un proceso que comprende procesos de estereolitografía.
- 40 27. Método según la reivindicación 11, en el que el Precursor de Lente oftálmica (1740) está formado mediante un proceso que comprende procesos de litografía en la escala de grises, o procesos de litografía basada en vóxel.
- 45 28. Método según la reivindicación 9, que comprende adicionalmente las etapas de:
 formar uno o más canales de evacuación (420) en el Precursor de Lente (1740); y
 evacuar el material fluente de la segunda superficie (1730) del Precursor de Lente a los canales de evacuación (420) durante una etapa de permanencia.
- 50 29. Método según la reivindicación 11 o la reivindicación 28, en el que la longitud de onda de la segunda radiación actínica (1461) comprende una longitud de onda que es absorbida por un absorbedor en la mezcla reactiva a una transmitancia de aproximadamente un 5% o menos.
- 55
- 60
- 65

FIG. 1

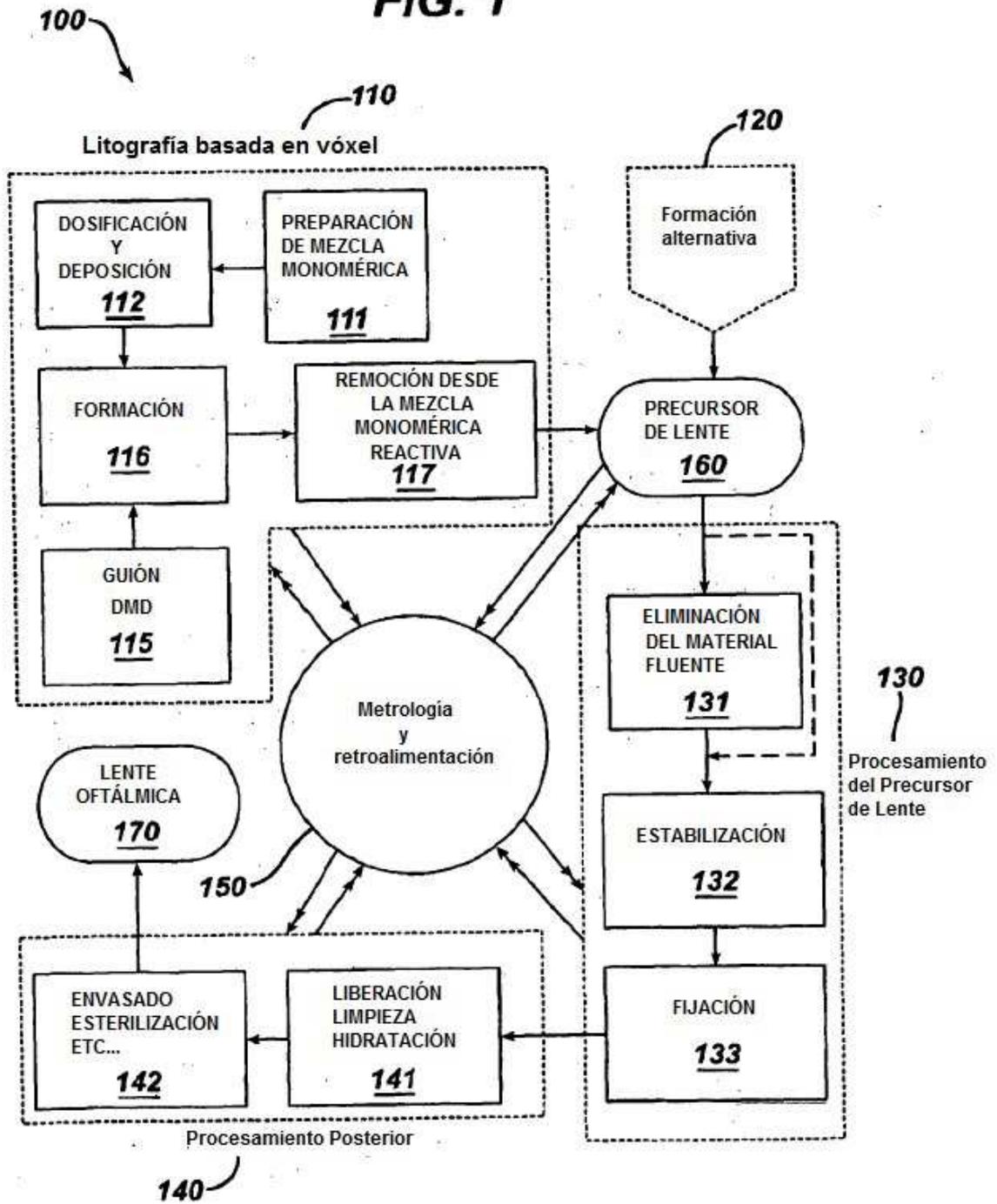


FIG. 2

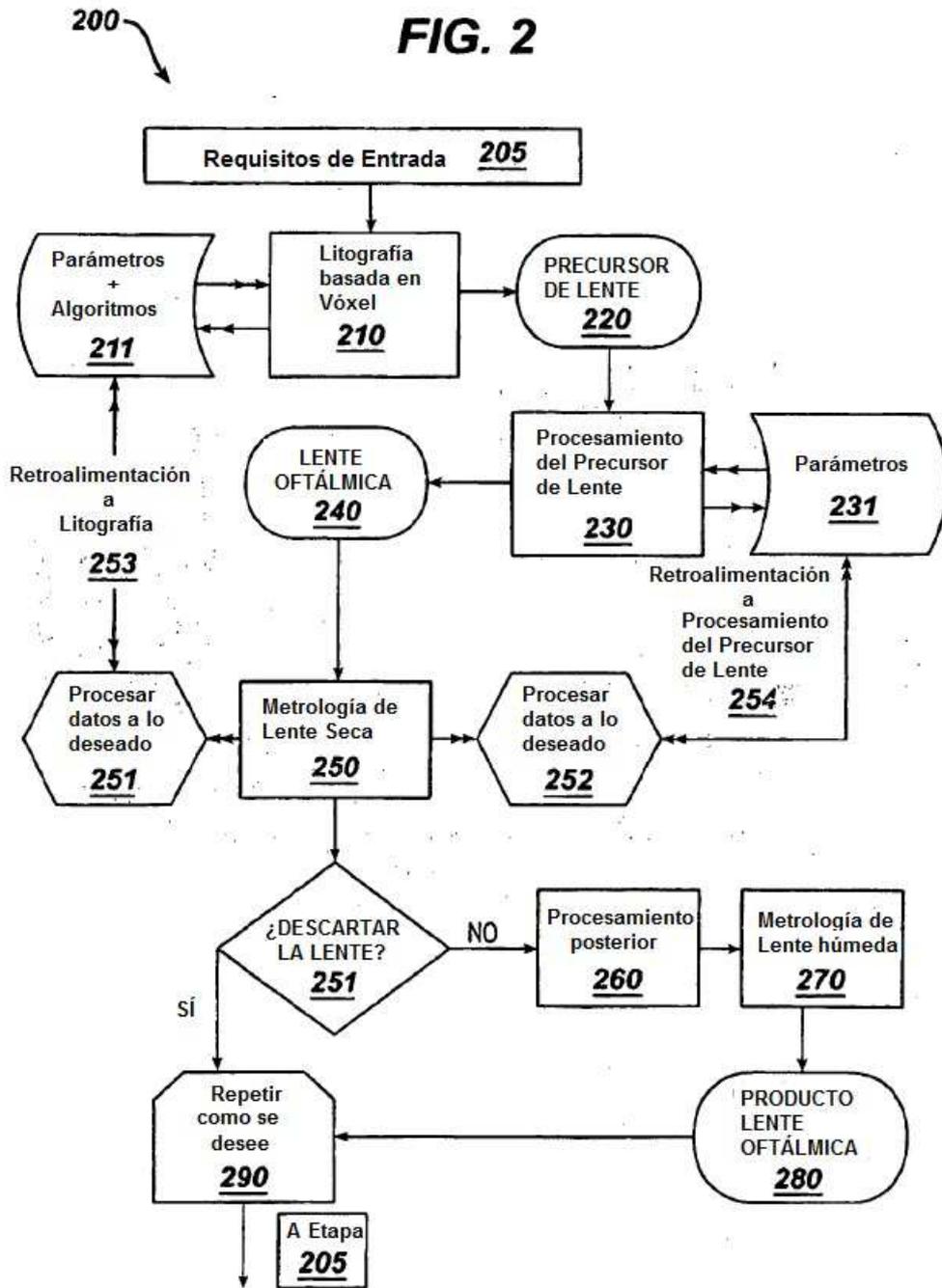


FIG. 3

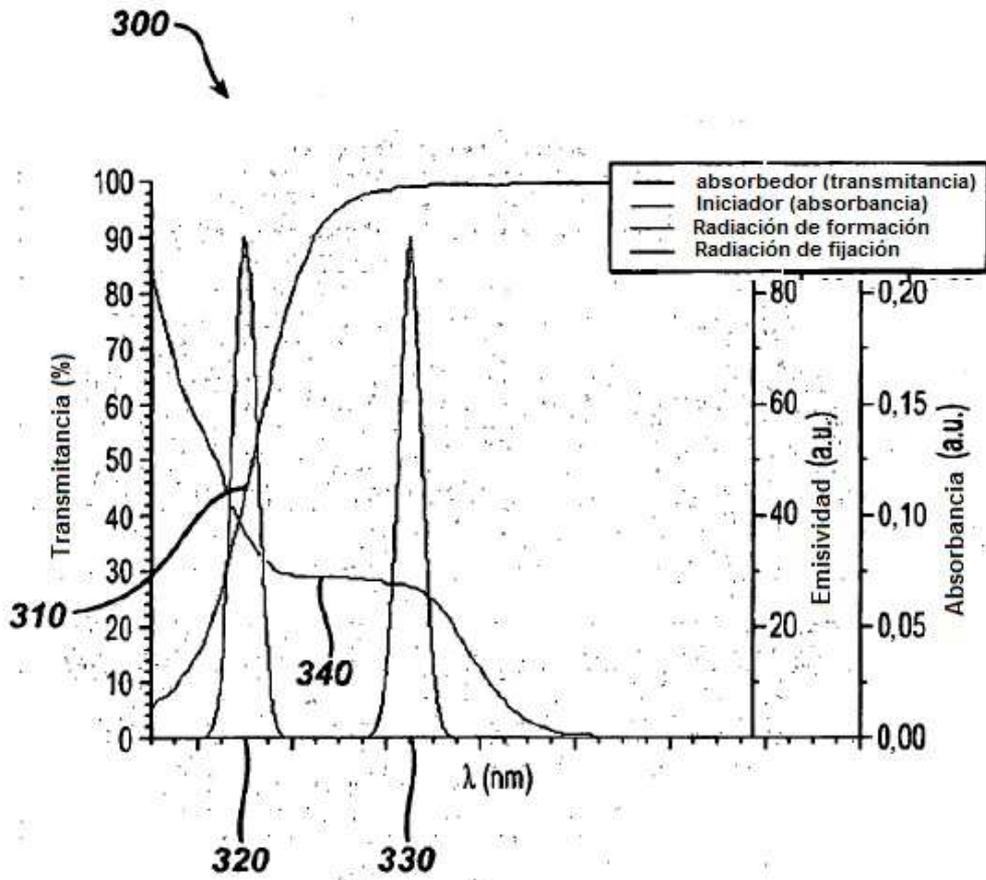


FIG. 4

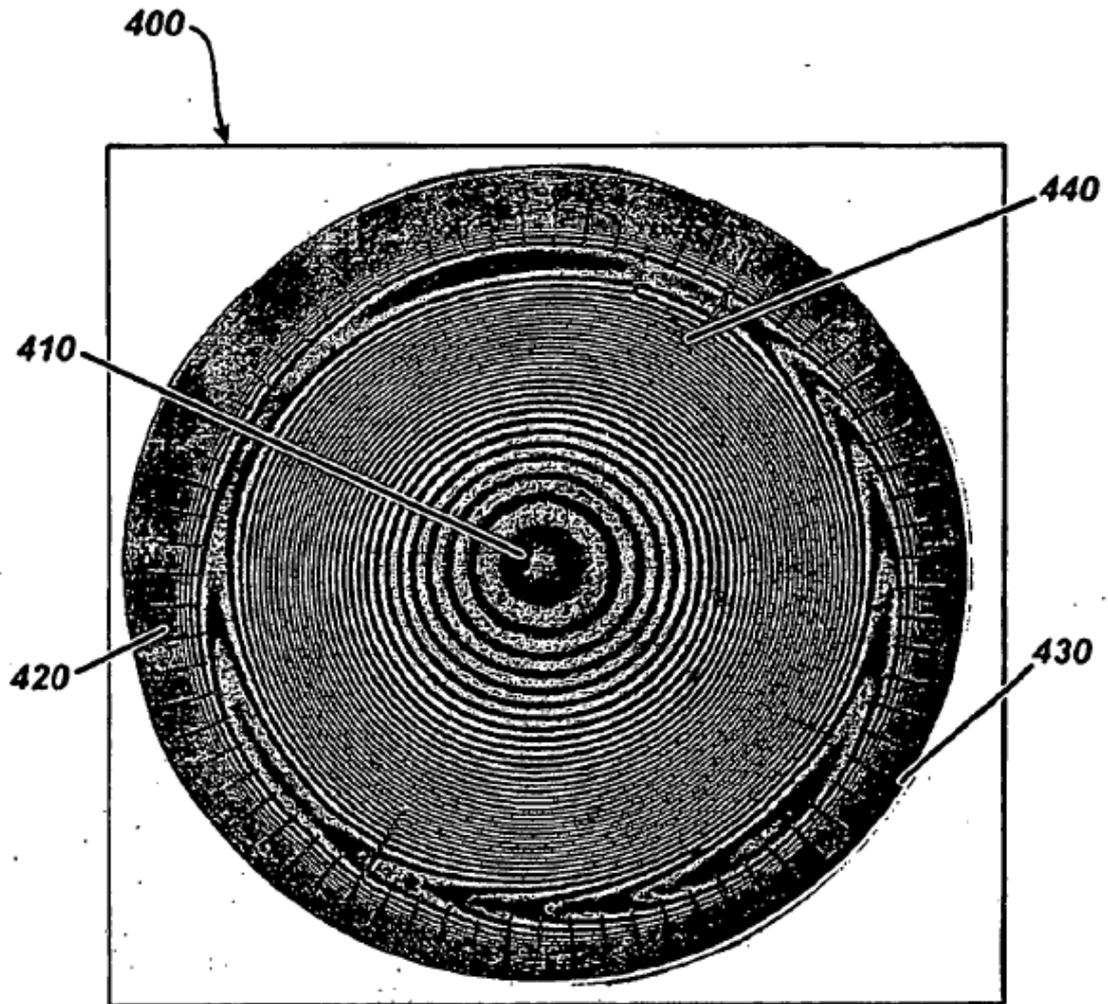


FIG. 5

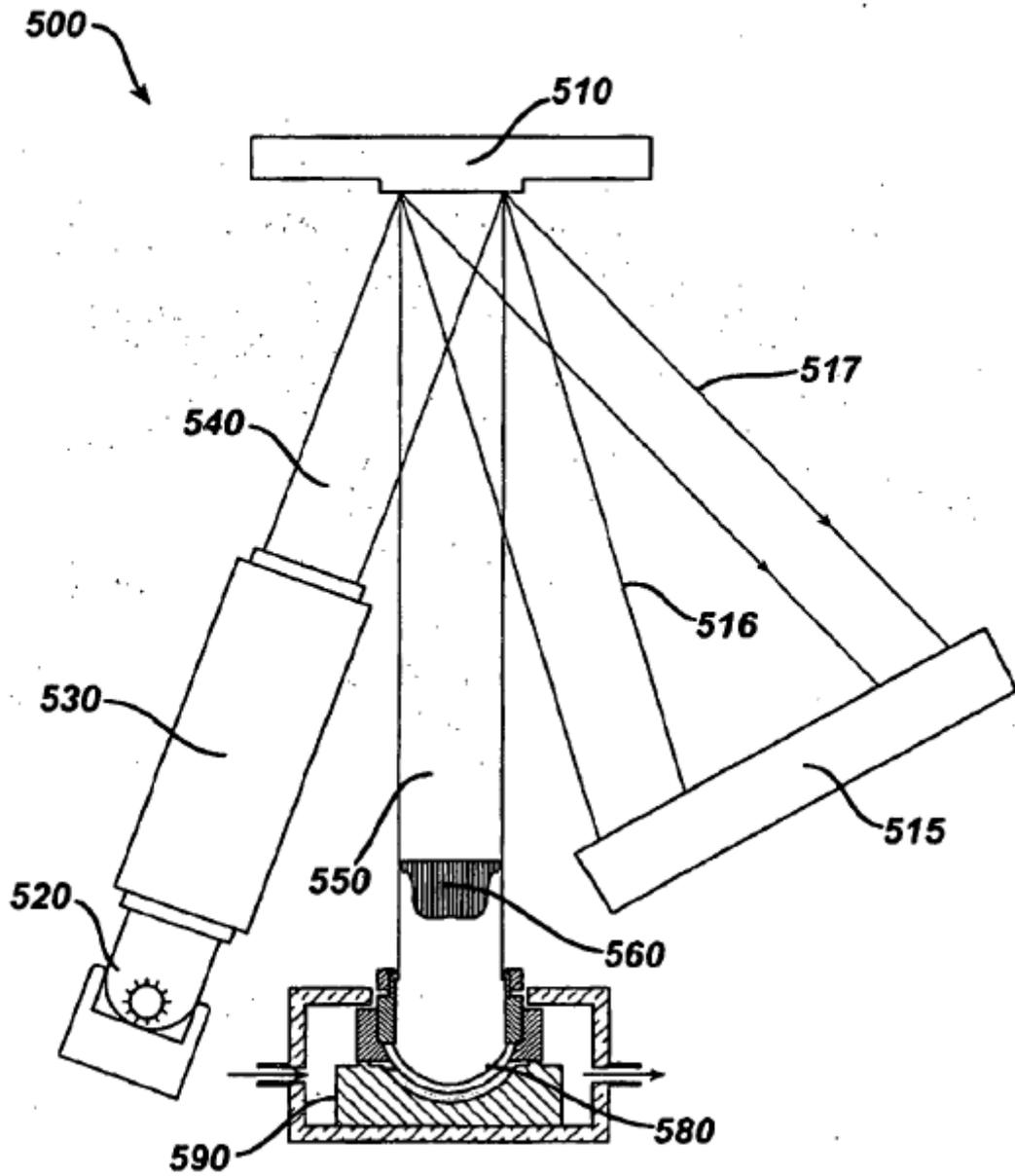


FIG. 6

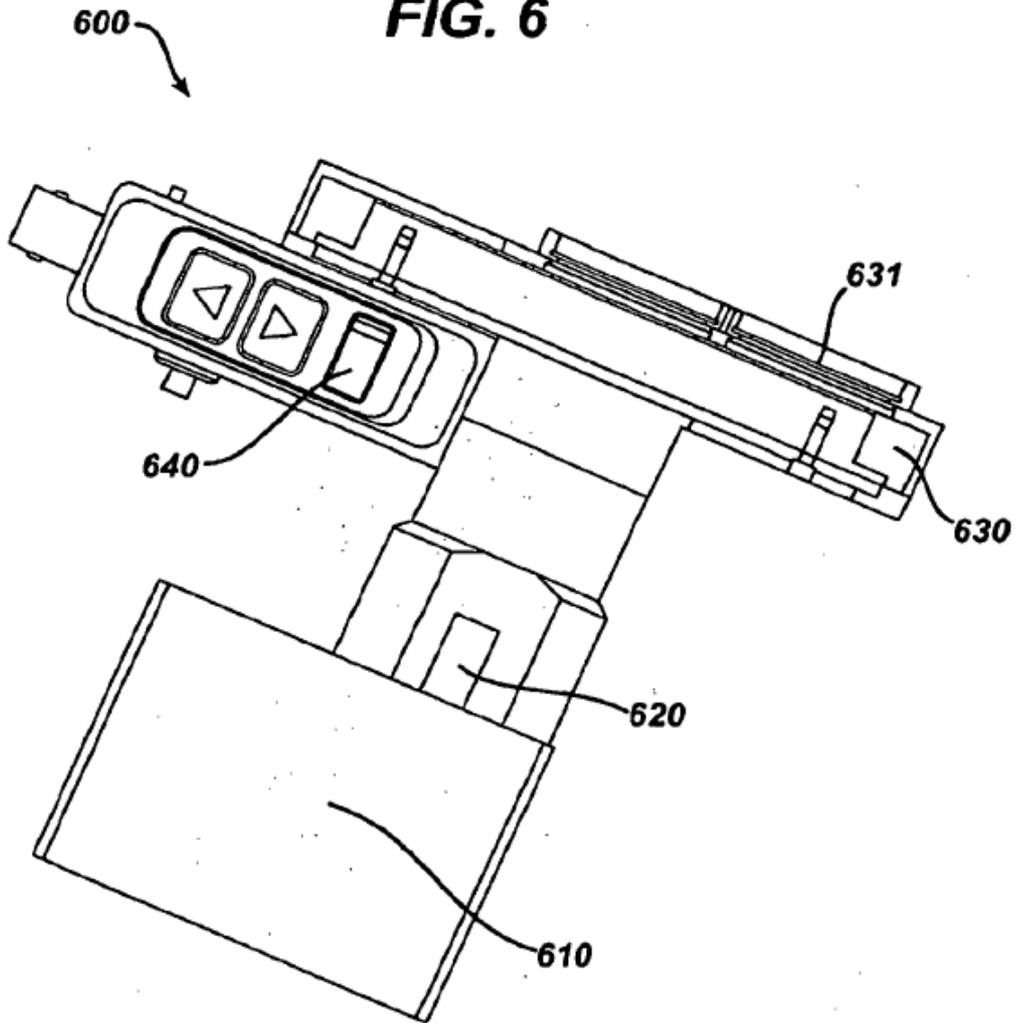


FIG. 7

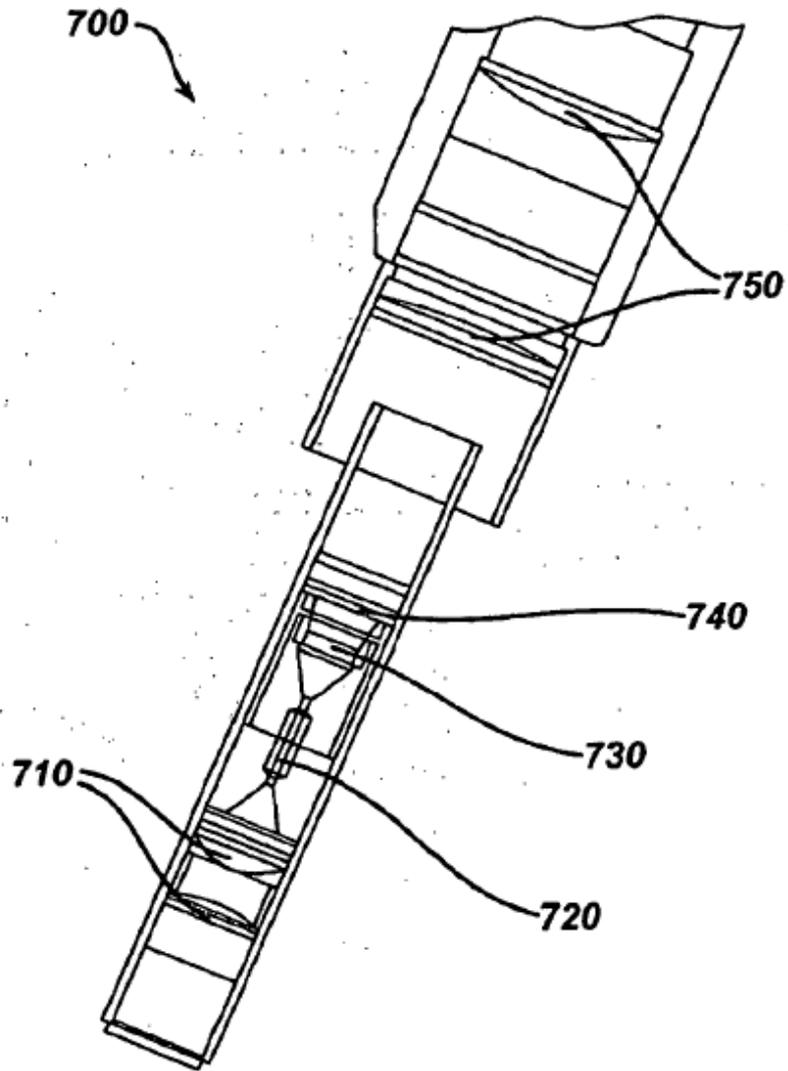


FIG. 8

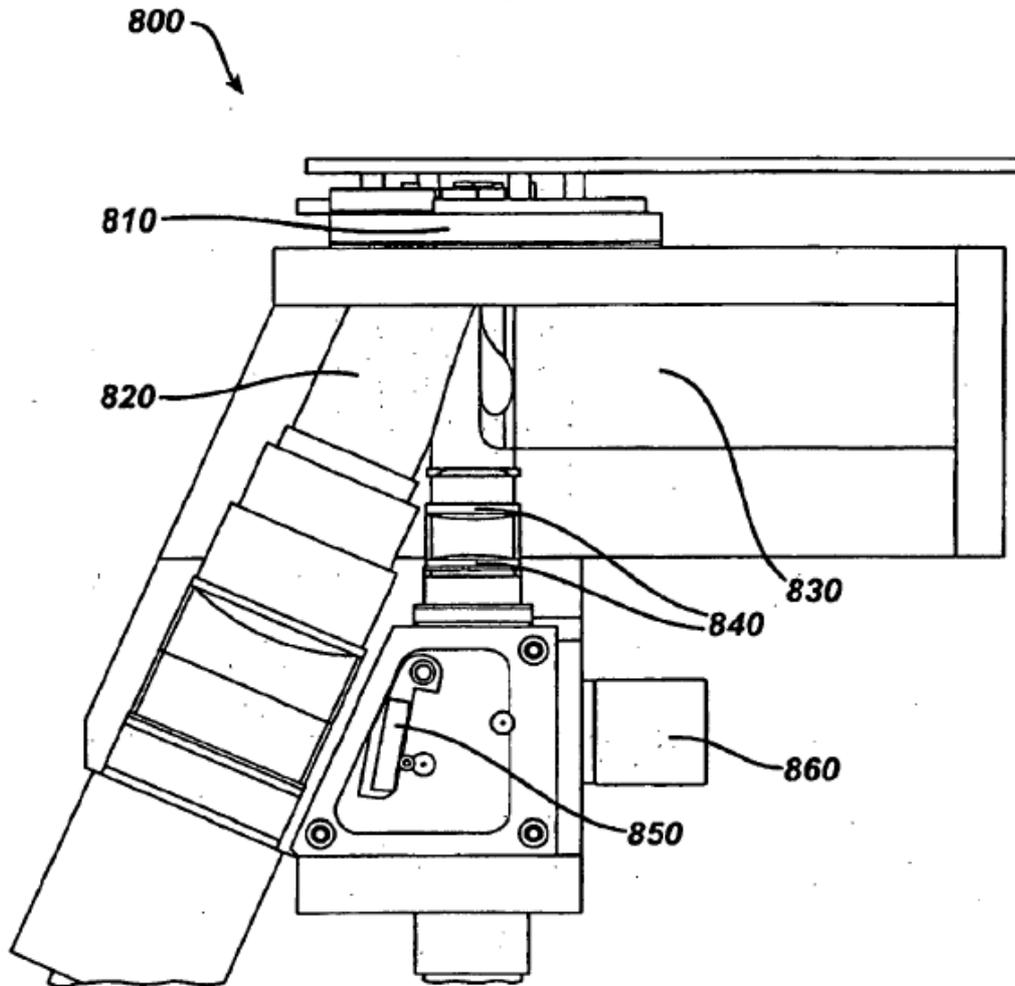


FIG. 9

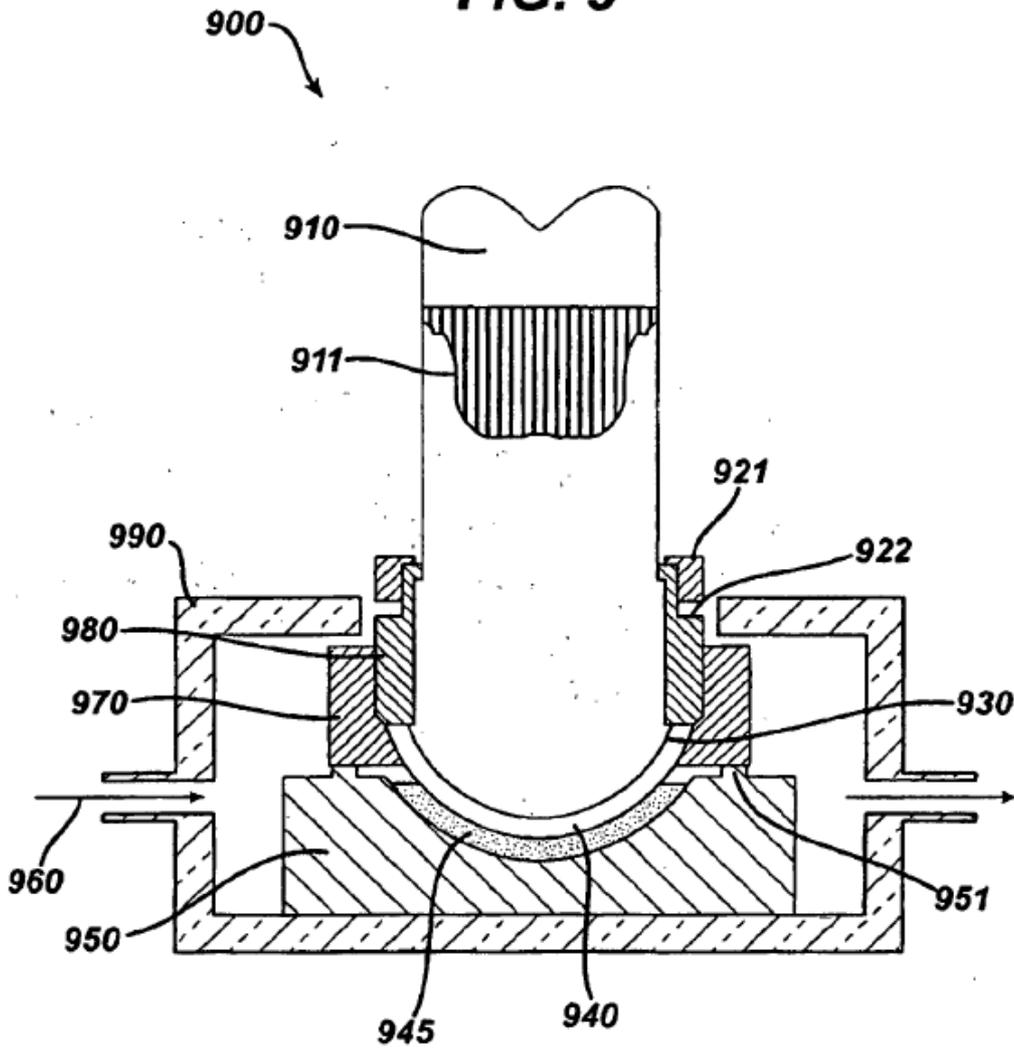


FIG. 10

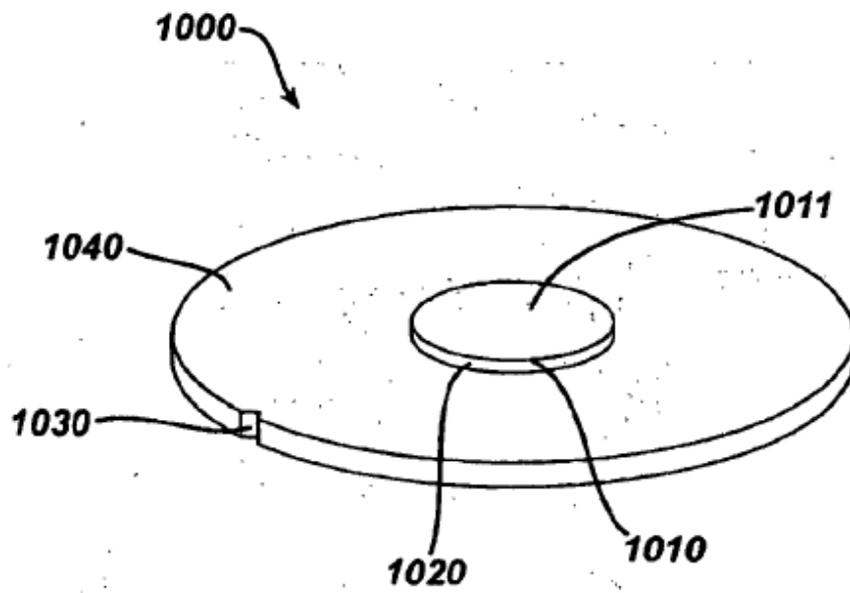


FIG. 11

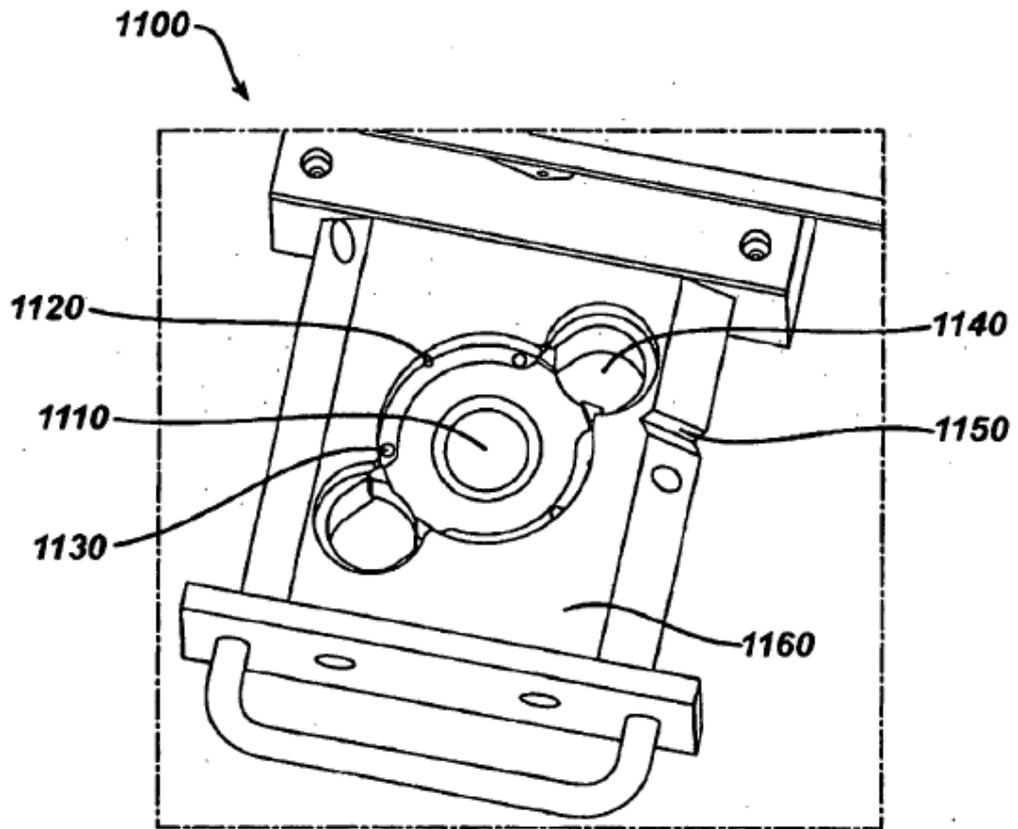


FIG. 12

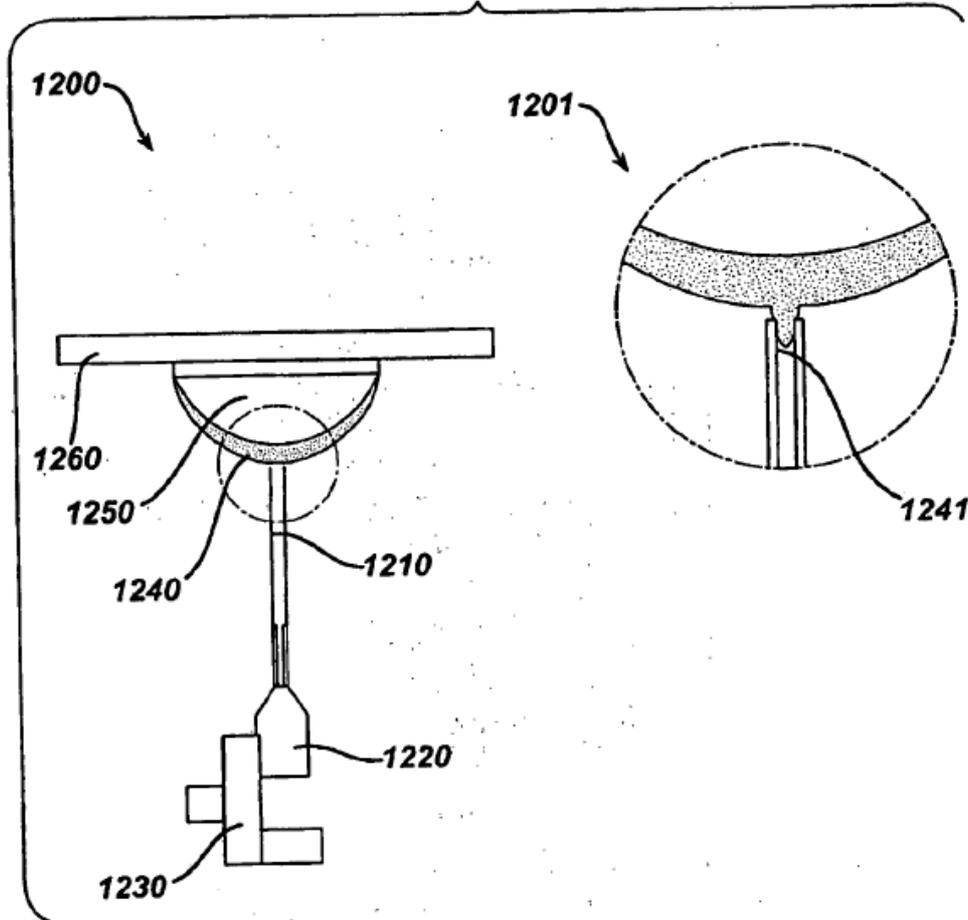


FIG. 13

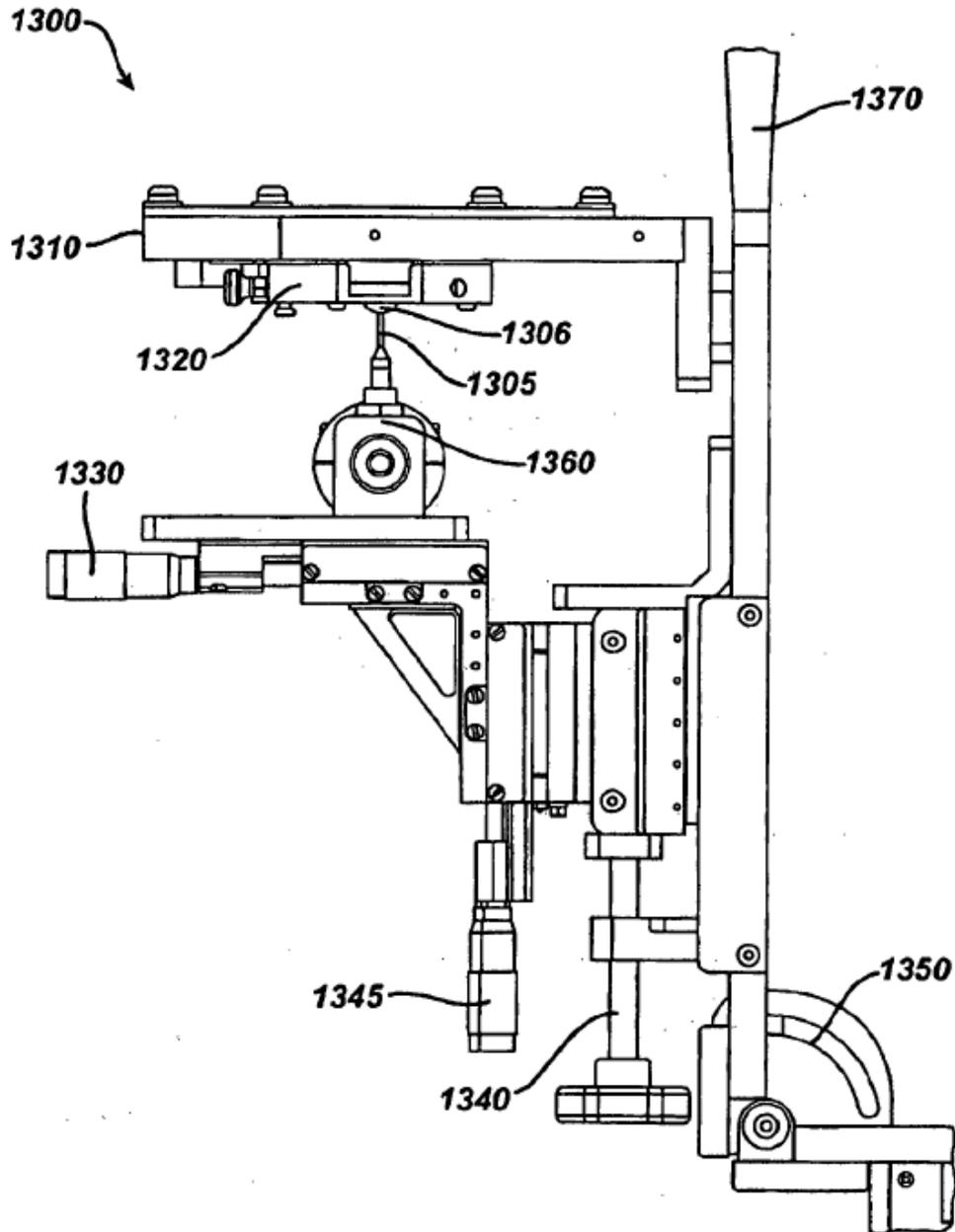


FIG. 14

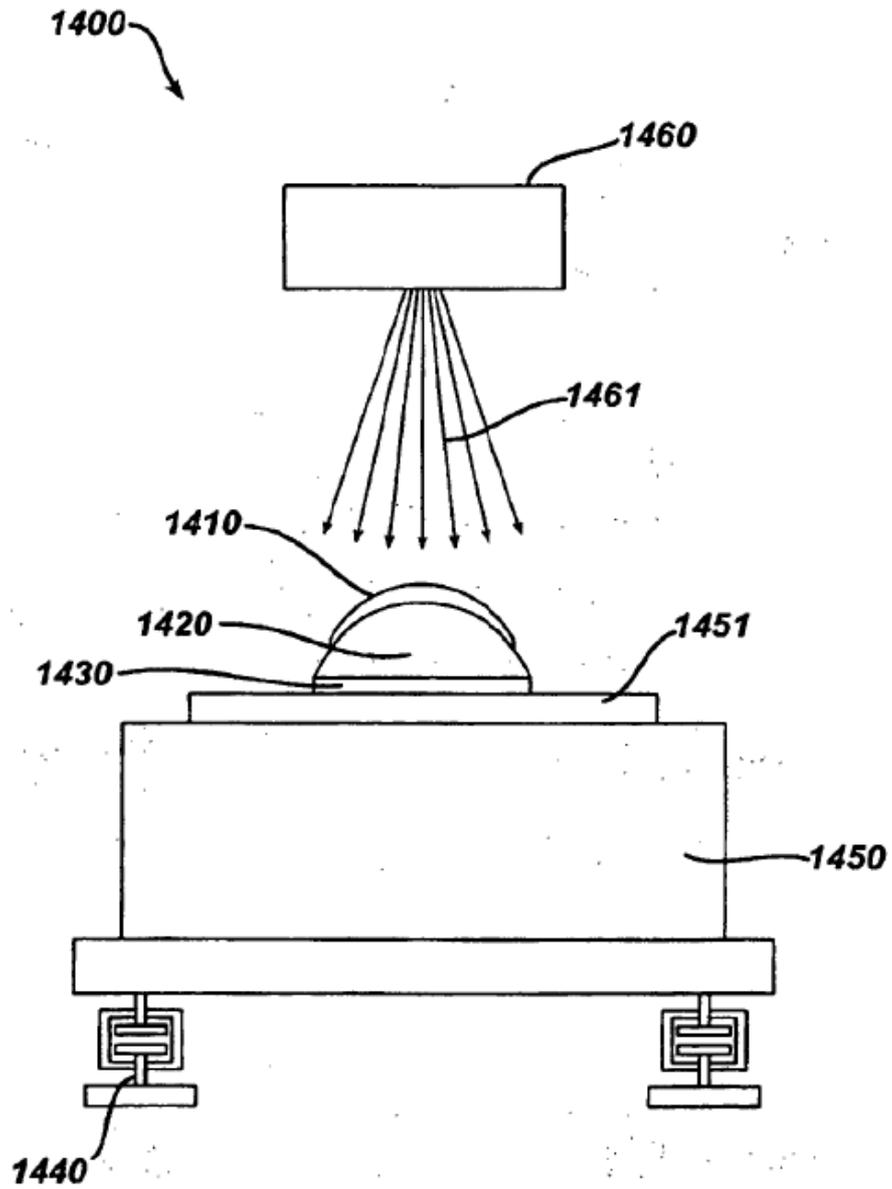


FIG. 15

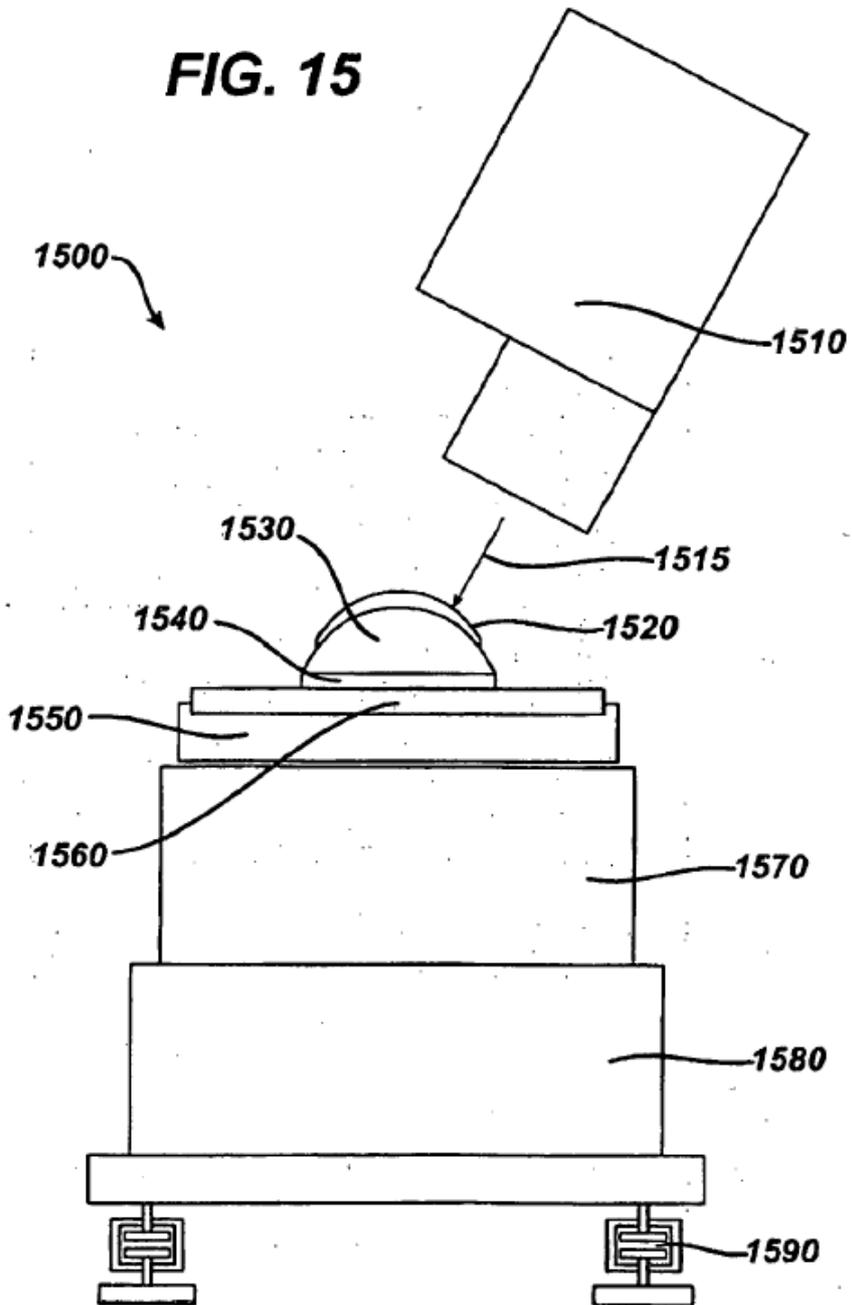


FIG. 16

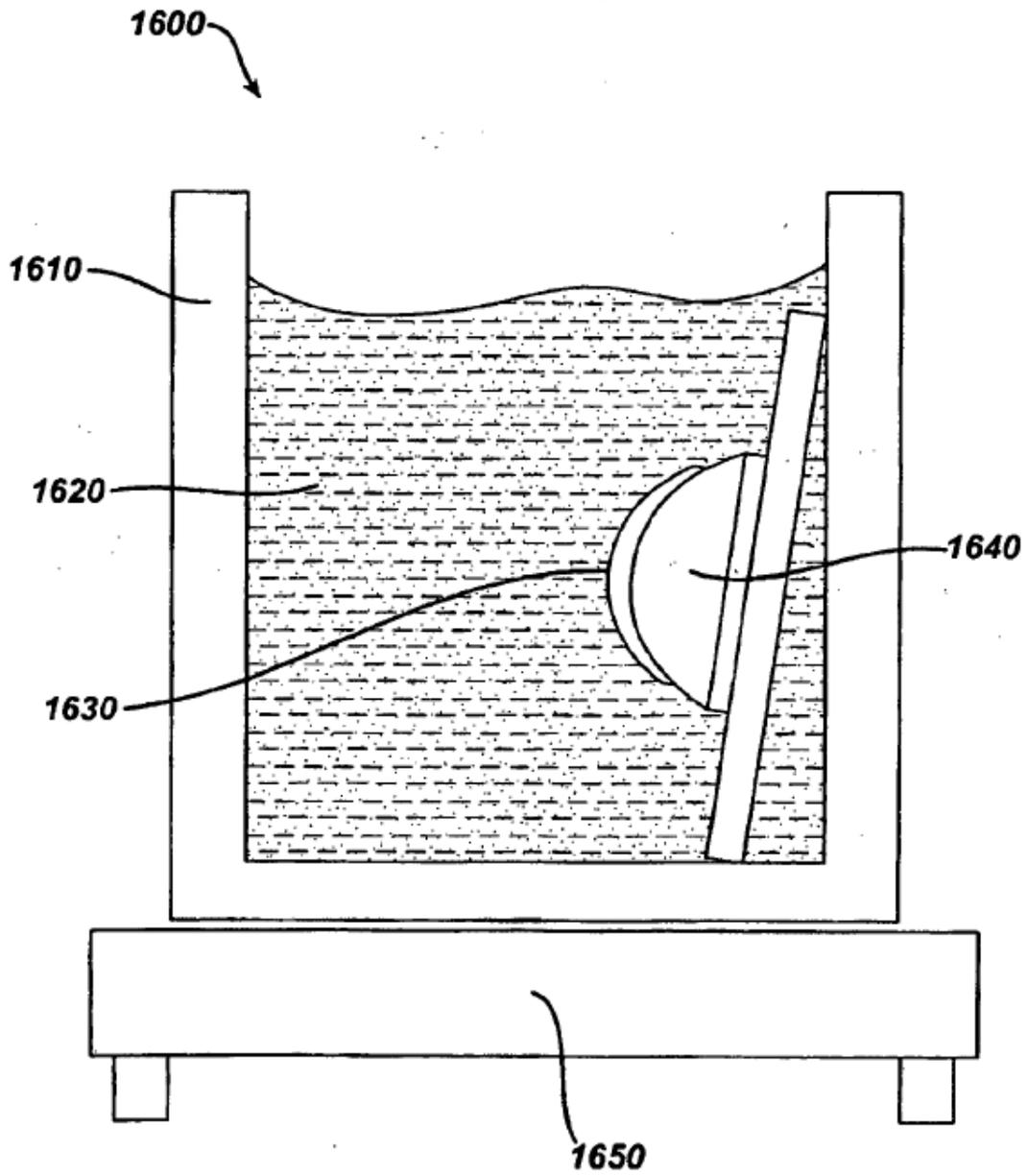


FIG. 17

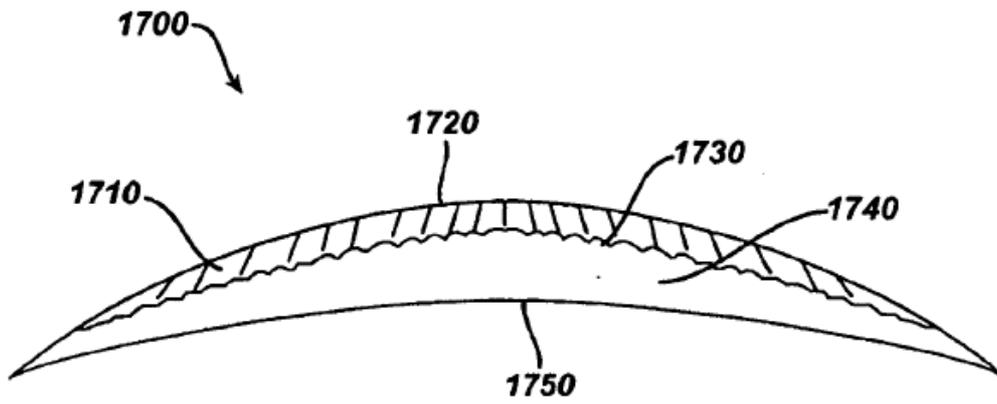


FIG. 18

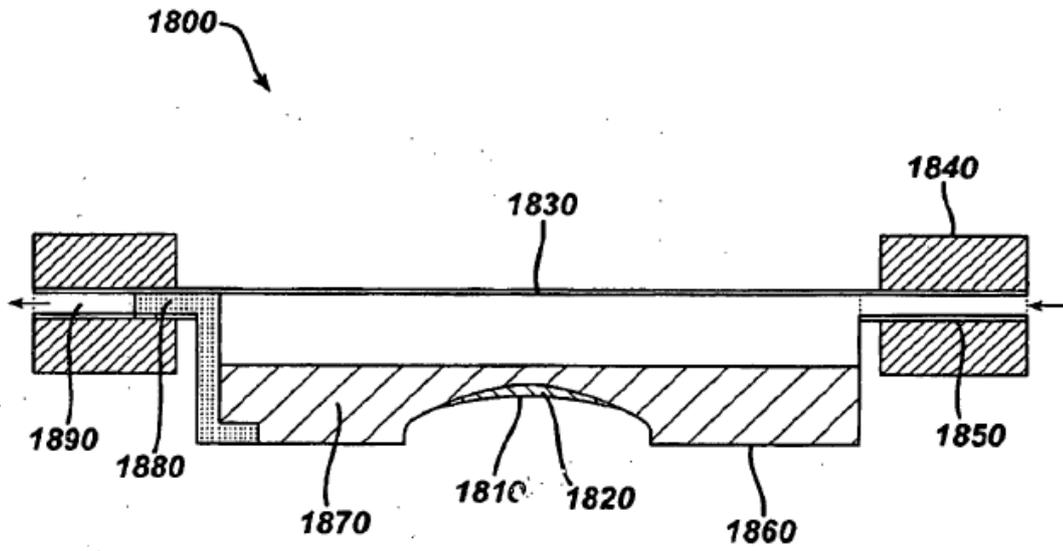


FIG. 19

