

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 400**

21 Número de solicitud: 202090037

51 Int. Cl.:

G02C 7/02 (2006.01)

G03F 7/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

15.02.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.09.2020

71 Solicitantes:

**INDIZEN OPTICAL TECHNOLOGIES OF
AMERICA, LLC (100.0%)**

**2925 California Street
90503 Torrance CA California US**

72 Inventor/es:

QUIROGA, Juan Antonio;

CANGA, Ignacio;

ALONSO, Jose y

CRESPO, Daniel

74 Agente/Representante:

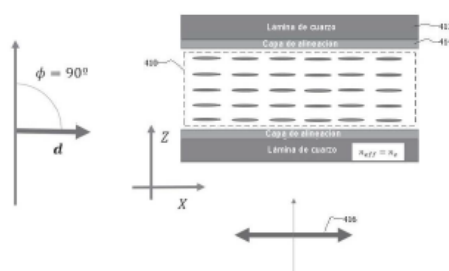
LÓPEZ CAMBA, María Emilia

54 Título: **CREACIÓN DE LENTES REGRABABLES**

57 Resumen:

Se describen procedimientos para la configuración de lentes. Un procedimiento incluye el borrado de una lente calentando la lente a una temperatura de borrado definida y grabando una distribución espacial del índice de refracción en la lente utilizando un patrón de exposición de luz ultravioleta (UV) dirigida. La lente puede utilizarse como lente oftálmica o como lente de uso industrial. La lente comprende un material regrabable que incluye, por ejemplo, cristales líquidos. La lente puede borrarse utilizando calor de una temperatura definida. La lente puede regrabarse aplicando otros patrones de exposición a la lente mediante luz UV.

FIG. 4A



DESCRIPCIÓN

Creación de lentes regrabables

ANTECEDENTES

5

[0001] Campo

[0002] Esta divulgación se refiere al campo de la óptica. En particular, esta descripción se refiere a lentes que tienen características modificables y regrabables.

[0003] Descripción de la técnica relacionada

10 **[0004]** Las lentes oftálmicas están diseñadas para proporcionar una potencia óptica correctiva para mejorar la vista al corregir las aberraciones o defectos ópticos del ojo. Aumentan la calidad de vida mediante la mejora del rendimiento visual. Las lentes oftálmicas de potencia fija se conocen desde hace años, y los avances técnicos les permiten corregir los errores de visión con mayor precisión. Sin embargo, la corrección visual necesaria para un
15 individuo cambia con el tiempo debido a los cambios fisiológicos relacionados con la edad, tales como la aparición y la progresión de la presbicia. Además, la corrección necesaria de un individuo puede cambiar debido al estrés, la enfermedad, los accidentes, los tratamientos médicos, las condiciones ambientales y las preferencias personales. Por lo tanto, existe una necesidad de lentes que permitan variar la potencia óptica, ya sea en su valor total y/o en la
20 distribución de la potencia o la colocación en la lente.

[0005] Del mismo modo, las lentes se utilizan en ciencia y la industria para muchos fines, incluidas las guías de luz, placas de retardo, formadores de haz, telescopios, microscopios, etc. En este caso, como en el de las lentes oftálmicas, cuando hay requisitos cambiantes, siempre se ha sustituido la lente. Muchos de estos incluyen o requieren desmontar y volver
25 a montar una lente. Esto deriva en un aumento de los costes de adquisición de una lente que cumpla con los nuevos requisitos, así como la desinstalación y reinstalación de la lente, lo cual, dependiendo de la aplicación, puede no ser fácil. Por lo tanto, existe una necesidad de lentes que permitan variar la potencia óptica, ya sea en su valor total y/o en la distribución de la potencia o la colocación en la lente, ya sea independientemente de una ubicación instalada o en un estado instalado.
30

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0006] La figura 1 es un diagrama de flujo de las acciones realizadas para crear y regrabar una lente regrabable.

35 **[0007]** La figura 2 es un diagrama de flujo de las medidas adoptadas para crear y regrabar una lente oftálmica regrabable cuando cambia la graduación, incluido el borrado de la lente.

[0008] La figura 3 es un diagrama de flujo de las acciones realizadas para configurar y reconfigurar una lente oftálmica regrabable cuando cambia una graduación.

[0009] La figura 4A es un diagrama de bloques de cristal líquido en una lente regrabable después de la creación inicial.

40 **[0010]** La figura 4B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial inicial de la lente de cristal líquido en la figura 4A.

[0011] La figura 5A es un diagrama de bloques de cristal líquido en una lente regrabable en un estado intermedio después de la aplicación de luz ultravioleta a una porción de la lente.

[0012] La figura 5B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial de la lente de cristal líquido en la figura 5A.

[0013] La figura 6A es un diagrama de bloques de cristal líquido en una lente regrabable después de la aplicación de luz ultravioleta a una porción de la lente para configurar la lente.

5 **[0014]** La figura 6B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial de la lente de cristal líquido en la figura 6A.

[0015] La figura 7A es un diagrama de bloques de cristal líquido en una lente regrabable después de la aplicación de calor a la lente para borrar la lente.

10 **[0016]** La figura 7B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial de la lente de cristal líquido en la figura 7A.

[0017] Las figuras 8A, 8B, 8C y 8D son imágenes circulares de campo oscuro de lentes regrabables de cristal líquido de ejemplo en la configuración, borrado, reconfiguración y borrado, respectivamente.

15 **[0018]** La figura 9 es un diagrama de bloques que muestra un dispositivo y un entorno informático utilizados para implementar los procedimientos para crear y regrabar una lente regrabable descrita en esta invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 **[0019]** Se pueden utilizar nuevas e innovadoras aplicaciones de los cristales líquidos para crear lentes regrabables para abordar las necesidades cambiantes de los usuarios que utilizan lentes y usuarios de lentes. El procedimiento descrito en esta invención detalla cómo fabricar lentes regrabables que permitan la reconfiguración de la lente para su modificación y reutilización. Las lentes descritas en esta invención permiten la reutilización de una lente existente. Esta reutilización reduce los desechos físicos del producto. Además, la lente regrabable descrita en esta invención puede reconfigurarse o regrabarse rápidamente, lo que
25 resulta en una mayor satisfacción del cliente. Por ejemplo, si un usuario tiene lentes hechas conforme a una graduación oftálmica, las lentes pueden regrabarse para ajustarse a la nueva graduación oftálmica más reciente cuando la graduación del paciente cambia. Por ejemplo, si se trata de un entorno industrial, de laboratorio o técnico, una lente puede regrabarse para cumplir con los nuevos requisitos de las propiedades de la lente.

30 **[0020]** Los procedimientos presentados en esta invención se basan en el uso de cristales líquidos. Las lentes descritas en esta invención están hechas de cristales líquidos. El término «cristal líquido» se denomina en la presente invención como LC. La lente puede estar construida a partir de e incluir tanto un material regrabable como un material pasivo e inalterable. El material pasivo es opcional. El material regrabable está hecho de LC. Los
35 materiales basados en LC utilizados para las lentes descritas en esta invención incluyen un cristal líquido disperso en polímero, un cristal líquido estabilizado en polímero, un cristal líquido encapsulado, un cristal líquido biestable, un cristal líquido biestable disperso en polímero, un cristal líquido biestable estabilizado en polímero, un cristal líquido biestable encapsulado. Los LC utilizados en la preparación de la lente descrita en esta invención pueden ser mezclas de LC que tienen una alineación polar inducida por exposición (EPA) reversible por calor. En algunas implementaciones, por ejemplo, se utilizan los LC MLC2132, MLC2171 o MLC2172 comercializados por Merck KGaA, con sede en Darmstadt (Alemania); los LC QYPDLC-142 y QYTN802 comercializados por Qingdao QY Liquid Crystal Co., Ltd., con sede en Shandong (China); o el LC 5CB comercializado por SYNTHON Chemicals GmbH & Co. KG, con sede en Wolfen (Alemania). MLC2132, MLC2171, o MLC2172 son mezclas de
40 LC que tienen la alineación polar inducida por exposición (EPA) reversible por calor. Los LC QYPDLC-142, QYTN802 y 5CB se mezclan con un componente adicional que añade la propiedad EPA al LC. El componente adicional que se añade es un monómero de LC de
45

bifenil-tolano de alta birrefringencia con alta respuesta a la luz UV. Cuando los LC «no EPA» como, por ejemplo, QYPDLC-142, QYTN802 y 5CB se mezclan con los monómeros de LC de bifenil-tolano, la actividad EPA aparece con la exposición a los rayos UV. Entre los ejemplos de estos componentes se encuentran los monómeros de cristal líquido PT3F, PT401 y PT502 comercializados por LCC Corporation, con sede en Fujiyoshida City (Japón).

[0021] Tal como se utiliza en este documento, el término «grabable» significa que la lente puede ser grabada o configurada con propiedades ópticas particulares. El término «regrabable» indica que la lente puede tener propiedades ópticas grabadas en ella y, a continuación, las propiedades ópticas de la lente se pueden cambiar varias veces. Las lentes regrabables descritas en esta invención no requieren modificaciones externas o físicas tales como rectificado, corte o conformación de la lente. Las lentes regrabables descritas en esta invención permanecen estables y mantienen las propiedades ópticas grabadas en ellas a temperaturas comunes y bajo condiciones de iluminación y uso típicas. Esto se distingue de los materiales que vuelven a un estado anterior o a un estado de reposo cuando se retira una fuente de energía. Es decir, según los procedimientos descritos en esta invención, tras la configuración de una lente regrabable, las propiedades ópticas de la lente permanecen constantes y no cambian. Cuando se utiliza la lente regrabable en lentes oftálmicas, una vez que se haya configurado (o reconfigurado) una lente regrabable, las propiedades ópticas de la lente permanecen constantes y no cambian cuando un paciente la lleva o la utiliza. En este ejemplo, las lentes oftálmicas pueden ser para gafas o pueden ser lentes intraoculares. Las lentes regrabables descritas en esta invención son particularmente útiles con las lentes intraoculares implantadas, ya que la necesidad de una cirugía adicional se ve aliviada por la capacidad de lograr la reconfiguración de la lente intraocular regrabable en el ojo. Cuando la lente regrabable se utiliza en un entorno técnico o como lente «in situ» como, por ejemplo, en cámaras, microscopios, telescopios, faros, guías de ondas, placas de retardo y otros, después de que se haya configurado (o reconfigurado) una lente regrabable, las propiedades ópticas de la lente permanecen constantes y no cambian cuando se utiliza en su entorno técnico o en su ubicación in situ.

[0022] Las lentes regrabables pueden grabarse o regrabarse cuando se exponen a un patrón de exposición de luz visible o no visible. En una realización, se utiliza luz UV. La exposición es el producto de la irradiancia por el tiempo, y el cambio del índice de refracción es una función de la exposición en cada punto. La relación entre exposición e índice de refracción se calibra para el material de LC particular utilizado. El patrón de exposición incluye combinaciones de longitudes de tiempo e irradiancia UV para una pluralidad de ubicaciones en la lente. Por ejemplo, se puede obtener una exposición $H = 10 \text{ J/cm}^2$ utilizando una irradiancia $E = 10 \text{ W/cm}^2$ para un tiempo $t = 1$ segundo o, en otro ejemplo, la exposición puede obtenerse mediante una irradiancia $E = 1 \text{ W/cm}^2$ para un tiempo $t = 10$ segundos. En ambos ejemplos, la exposición $H = E \cdot t = 10 \text{ J/cm}^2$. A continuación se explican ejemplos adicionales.

[0023] Las lentes regrabables pueden borrarse (es decir, volver a su estado original o transparente) cuando se exponen al calor. Para borrar la lente utilizando calor, la lente debe alcanzar una temperatura de borrado definida para ser borrada. Es decir, la lente se calienta hasta la temperatura de borrado definida. La temperatura de borrado definida es un valor único en el intervalo de 70 a 130 grados centígrados (inclusive). Por ejemplo, en algunas realizaciones, la temperatura de borrado definida es 70, 92, 130, 75, 86 o 78 grados centígrados. Para alcanzar esta temperatura definida, la lente puede calentarse en un horno o exponerse al aire caliente, siempre y cuando la lente alcance la temperatura de borrado definida necesaria. Además del aire caliente, se puede utilizar radiación infrarroja para calentar la lente hasta la temperatura de borrado definida.

[0024] Los procedimientos descritos en esta invención utilizan material basado en cristal líquido (LC) para crear y regrabar lentes y, en particular, lentes de índice de gradiente o GRIN, cambiando la distribución espacial del índice de refracción. Las propiedades ópticas que

pueden grabarse o configurarse en una lente según las técnicas descritas en esta invención incluyen el índice de refracción, la birrefringencia y la potencia dióptrica, incluida la esfera, el cilindro, la orientación del eje, el prisma y otros atributos correctores de la visión. Estas propiedades ópticas pueden ser graduadas, escalonadas o posicionadas en la lente, y pueden afectar a la totalidad o solo a una parte de una región de visualización o uso de la lente. Si se puede grabar más de una propiedad óptica, cada una de tales propiedades puede grabarse (y regrabarse) en una o más regiones de la lente, y pueden existir varias combinaciones de las propiedades ópticas grabables en diferentes regiones de la lente. Todos los cambios se realizan sin modificar físicamente la superficie externa o las partes exteriores de la lente. En cambio, el índice de refracción del material de la lente se modifica mediante el uso de un haz de rayos UV.

[0025] Haciendo referencia ahora a la figura 1, se muestra un diagrama de flujo de las acciones en un procedimiento para la creación y configuración de lentes. Primero se obtiene o se crea una lente, como se muestra en el bloque 110. A continuación, se crea una lente en blanco utilizable, como se muestra en el bloque 112. Esto puede lograrse utilizando calor o luz ultravioleta para borrar o limpiar la lente. Por ejemplo, en una implementación, se crea una lente colocando material de LC entre láminas de cuarzo o en un recipiente de cuarzo, vidrio o plástico. El recipiente está configurado y dimensionado para adaptarse a una aplicación oftálmica o técnica particular. La lente en sí puede crearse conforme a los procedimientos descritos en la publicación de patente estadounidense US20160377886. A continuación, el material de LC se alinea para formar una celda homogénea. La alineación es importante. En una realización, se aplica un campo magnético para alinear el material de LC. Esto produce una celda homogénea con el vector director alineado horizontalmente con ángulos acimutales y polares $\theta = 0$ y $\phi = 90^\circ$, respectivamente, como se muestra en la figura 4A.

[0026] Se obtienen los parámetros de la lente, como se muestra en el bloque 114. Los parámetros de la lente incluyen valores de potencia cercana, potencia lejana y prisma, y también pueden incluir adicionalmente uno o más valores del diseño de la lente para el perfil de progresión, longitud de pasillo, posición del comienzo de una progresión, posición del final de la progresión, distribución de los campos en regiones lejanas y cercanas, distribución del astigmatismo en los lóbulos astigmáticos, valor máximo del astigmatismo no deseado, distribución del inset, y otros. En una implementación oftálmica, los parámetros de la lente pueden proporcionarse y/o derivarse de una graduación de lentes oftálmicas. La lente se configura en función de los parámetros de la lente grabando una distribución espacial del índice de refracción al exponer la lente a un patrón de exposición en función de los parámetros de la lente, como se muestra en el bloque 116. El patrón de exposición puede grabarse, en una realización, utilizando luz ultravioleta (UV). La lente puede reconfigurarse de esta misma manera, de tal forma que un índice de refracción actual puede alterarse, modificarse o cambiarse de otro modo, en gran o menor medida, para ajustarse a los nuevos requisitos, aplicando luz UV según un patrón de exposición para configurar la lente conforme a un índice de refracción diferente. La lente puede borrarse utilizando calor, como se muestra en el bloque 118. En otras realizaciones, se puede utilizar radiación infrarroja para calentar la lente.

[0027] Con referencia a la figura 2, se muestra un diagrama de flujo de las acciones realizadas para crear y regrabar una lente oftálmica regrabable cuando cambia la graduación, incluido el borrado de la lente. Este procedimiento puede utilizarse en lentes técnicas o de otro tipo cuando las exigencias o requisitos del índice de refracción de la lente cambian. Cuando se utiliza en el contexto oftálmico, la lente regrabable puede utilizarse como lentes para gafas, protectores faciales, protectores oculares, gafas protectoras, lentes de inserción, lentes para respiradores, lentes para cascos, lentes intraoculares, lentes refractivas y lentes difractivas. Con referencia a la figura 2, se recibe la información de la graduación oftálmica del paciente, como se muestra en el bloque 210. La graduación oftálmica puede recibirse en papel y, a continuación, la información puede introducirse en un sistema informático o puede

transmitirse por comunicación informática. Posteriormente se generan los parámetros de la lente para la graduación, como se muestra en el bloque 212. A continuación, se graba la lente según los parámetros de la graduación oftálmica del paciente, como se muestra en el bloque 214. Específicamente, se graba una distribución espacial del índice de refracción en la lente al exponer la lente a un patrón de exposición en función de los parámetros de la lente. El patrón de exposición se genera utilizando luz ultravioleta (UV). Por lo general, en algún momento posterior tal como en una revisión oftálmica anual o de otro tipo, se obtiene una graduación oftálmica actualizada o modificada del paciente. Se recibe la información de la graduación oftálmica actualizada o modificada del paciente, como se muestra en el bloque 220. Los parámetros de la lente para la graduación modificada y actualizada se generan en función de la graduación oftálmica modificada y actualizada, como se muestra en el bloque 222. En esta realización, la lente se borra, como se muestra en el bloque 230. El borrado se logra con calor o radiación infrarroja. A continuación, se regraba la lente en función de los parámetros para la graduación oftálmica modificada y actualizada del paciente, como se muestra en el bloque 232. Específicamente, se graba en la lente una distribución espacial del índice de refracción al exponer la lente a un patrón de exposición en función de los parámetros de la lente derivados de los parámetros de la graduación oftálmica modificada y actualizada del paciente. El patrón de exposición se genera utilizando luz ultravioleta (UV).

[0028] Haciendo referencia ahora a la figura 3, se muestra un diagrama de flujo de las acciones realizadas para configurar y reconfigurar una lente oftálmica regrabable cuando cambia la graduación. Este mismo procedimiento puede utilizarse en lentes técnicas o de otro tipo cuando las exigencias o requisitos del índice de refracción de la lente se modifican. Con referencia a la figura 3, se recibe la información de la graduación oftálmica del paciente, como se muestra en el bloque 310. La graduación oftálmica puede recibirse en papel y, a continuación, la información puede introducirse en un sistema informático o puede transmitirse por comunicación informática. A continuación, se generan los parámetros de la lente para la graduación, como se muestra en el bloque 312. A continuación, la lente se configura con luz UV en función de los parámetros de la lente para la graduación oftálmica del paciente, como se muestra en el bloque 314. Específicamente, se graba una distribución espacial del índice de refracción en la lente al exponer la lente a un patrón de exposición en función de los parámetros de la lente. El patrón de exposición se graba con luz ultravioleta (UV). Por lo general, en algún momento posterior tal como en una revisión oftálmica anual o de otro tipo, se obtiene una graduación oftálmica actualizada o modificada del paciente. Se recibe la información de la graduación oftálmica actualizada o modificada del paciente, como se muestra en el bloque 320. Los parámetros de la lente para la graduación modificada y actualizada se generan en función de la graduación oftálmica modificada y actualizada, como se muestra en el bloque 322. En esta realización, se generan parámetros de reconfiguración en función de la evaluación de la diferencia entre la graduación actualizada modificada y la graduación original o anterior, como se muestra en el bloque 330. La lente se reconfigura utilizando luz UV en función de los parámetros de reconfiguración. Esto se logra con calor o utilizando luz UV. La lente se reconfigura al grabar porciones limitadas de una distribución espacial del índice de refracción en la lente exponiendo la lente a un patrón de exposición de la porción limitada en función de los parámetros de reconfiguración. El patrón de exposición de la porción limitada se graba utilizando luz ultravioleta (UV).

[0029] Las lentes descritas en esta invención incluyen celdas de LC construidas utilizando láminas de sílice fundida (cuarzo) de grado UV fabricadas por AdValue Inc. La fuente de luz UV puede ser cualquier luz de plasma de alta potencia tal como, por ejemplo, la fuente de luz de plasma de alta potencia modelo HPLS343 fabricada por Thorlabs Inc, con sede en Newton (Nueva Jersey). El espectro de luz blanca producido por la lámpara en la luz de plasma alta puede filtrarse. En una configuración, la luz se filtra con un filtro UV paso de banda modelo FGUV11M (fabricado por Thorlabs Inc, con sede en Newton /Nueva Jersey), que tiene una región de paso de banda de 275-375 nm y una transmisión máxima a 325 nm. La fuente de

luz de plasma se enfoca de manera que la irradiancia típica en la lente de LC es $E = 100 \text{ mW/cm}^2$.

[0030] Para grabar en la lente, se utiliza una fuente de rayos UV que emite por debajo de 385 nm con suficiente potencia óptica. Cuanto más pequeña es la longitud de onda, más eficiente es el procedimiento de grabado. Se recomienda una longitud de onda de 365 nm en algunas implementaciones porque es la longitud de onda más pequeña que pueden alcanzar los emisores de estado sólido, que tienen un menor coste y una mayor potencia óptica. Por ejemplo, se pueden utilizar dispositivos como el LED Luminus CBM-40-UV fabricado por Luminus, Inc., con sede en Sunnyvale (California), con un pico de emisión de 365 nm y un ancho de banda de unos 30 nm. Este LED UV tiene una potencia óptica de salida de 12 W que, cuando se enfoca, permite una irradiancia de $E = 2 \text{ W/cm}^2$.

[0031] En una versión del procedimiento, con respecto a las exposiciones y los tiempos, al utilizar celdas de separación de cristal líquido de $50 \mu\text{m}$ rellenas de MLC-2132, se aplica una exposición de $H = 100\text{-}120 \text{ J/cm}^2$ para rotar el vector director de LC de 90° a 0° , denominada H90. Esta rotación implica un cambio en el índice de refracción desde n_e a n_o y es la base del procedimiento de grabación. El valor para H90 determina el tiempo necesario para grabar el índice de refracción deseado en una muestra. En una implementación de ejemplo, cuando $H90 = 100 \text{ J/cm}^2$, para un sistema que consiste en la fuente de luz de plasma UV + filtro paso de banda UV (por ejemplo, la configuración de Thorlabs descrita anteriormente) con una irradiancia de $E = 0,1 \text{ W/cm}^2$, el procedimiento de grabación requiere un tiempo $t = \frac{100 \text{ J/cm}^2}{0,1 \text{ W/cm}^2} = 1000 \text{ s}$ en un punto. En otra implementación de ejemplo, al utilizar una fuente de LED UV (por ejemplo, la configuración Luminus descrita anteriormente) con una irradiancia de $E = 2 \text{ W/cm}^2$, se requiere un tiempo de $t = \frac{100 \text{ J/cm}^2}{2 \text{ W/cm}^2} = 10 \text{ s}$ para el mismo procedimiento de grabación.

[0032] Haciendo referencia ahora a las figuras 4A, 5A, 6A y 7A, el estado de la lente de LC de índice de gradiente (GRIN) se muestra en las etapas de los procedimientos mostrados y descritos en las figuras 1, 2 y 3. Inicialmente, tras haber creado la lente como en el bloque 110, se crea una lente en blanco utilizable como se muestra en el bloque 112 de la figura 1. La celda de LC se construye utilizando un material de LC 410 confinado entre dos láminas de cuarzo 412 recubiertas con una capa de alineación PMMA 414. Esta lente en estado inicial se muestra en la figura 4A. En el ejemplo mostrado, el ángulo polar del vector director de LC es de 90° (marcado d) para todas las posiciones y el índice de refracción efectivo es $n_{eff} = n_e$ para toda la lente de LC. El ángulo polar del vector director de LC es cero para la lente. El índice efectivo es n_e en este ejemplo porque se utiliza luz linealmente polarizada con el acimut orientado en la dirección X (indicado por la flecha 416 que muestra el estado de polarización). Para las realizaciones que utilizan dispersiones de cristal líquido no es necesaria la luz polarizada, sino que se utiliza la luz natural. La figura 4B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial 420 de la lente de cristal líquido en la figura 4A. La distribución inicial del índice espacial $n_o(X)$ es constante, ya que la lente está en blanco.

[0033] Haciendo referencia ahora a la figura 5A, se muestra un diagrama de bloques de cristal líquido en una lente regrabable después de la aplicación de luz ultravioleta a una porción de la lente en un estado intermedio. Al exponer la sección marcada de la lente a la luz UV con la exposición H1, el ángulo polar del vector director LC en el área irradiada de la lente cambia de tal manera que el índice de refracción cambia en esa área a un valor intermedio $n(\phi)$. Es decir, en la sección 530 expuesta a la luz ultravioleta del material de LC 510, el ángulo polar del vector director d cambia de 90° a un valor dado ϕ . Sin embargo, el índice de la sección situada a la izquierda y a la derecha del área irradiada 530 sigue siendo el mismo que en el estado inicial. El resultado es una lente de LC con un índice de refracción dependiente del espacio $n_1(X)$ reflejado en el gráfico que se muestra en la figura 5B, que

constituye una lente de índice de gradiente (GRIN). Con la distribución del índice apropiada, se puede crear una graduación de la lente deseada utilizando este procedimiento.

[0034] Haciendo referencia ahora a la figura 6A, se muestra un diagrama de bloques de cristal líquido en una lente regrabable después de la aplicación de luz ultravioleta a una porción de la lente para configurar la lente. Cuando la exposición es lo suficientemente grande, H_2 , el ángulo polar del director de LC puede llegar a 0° y el índice de refracción efectivo para el área irradiada cambia a $n_{eff} = n_o$. Este será el cambio máximo para el índice de refracción. Como se muestra en la figura 6A, hay un índice de refracción de n_o en el interior del área irradiada 630 del material de LC 610 y de n_e fuera. La nueva distribución espacial del índice de refracción $n_2(X)$ es diferente de $n_1(X)$, y la lente GRIN generada de esta manera será diferente de la mostrada en la figura 5A. De esta manera, la lente se configura como se describe en el bloque 116 de la figura 1 y en el bloque 232 de la figura 2. La figura 6B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial 620 de la lente de cristal líquido en la figura 6A. La distribución del índice espacial 620 es el índice de refracción $n_2(X)$.

[0035] Haciendo referencia ahora a la figura 7A, se muestra un diagrama de bloques de una celda de cristal líquido en una lente regrabable después de aplicar calor a la lente para borrar la lente. Cuando la lente se calienta a una temperatura suficientemente elevada durante un tiempo suficientemente prolongado como se indica en el área sombreada 730, el ángulo polar vuelve a 90° y el índice de refracción se borra y la lente vuelve a su estado inicial, como se muestra en el LC 710 con un índice de refracción espacialmente constante. Así es como se logra el borrado en los bloques 118 y 230 de las figuras 1 y 2. Con respecto a los tiempos de borrado, en una implementación de ejemplo, para una lente con celdas de LC de $50 \mu m$ de separación, se pueden utilizar 10 horas a $75^\circ C$. En algunas realizaciones, las temperaturas más elevadas acelerarán el borrado; sin embargo, se debe tener cuidado de no sobrecalentar la lente. La figura 7B es un gráfico que muestra la distribución del índice espacial 720 de la lente de cristal líquido en la figura 7A. La distribución del índice espacial $n_0(X)$ es constante, ya que la lente está en blanco.

[0036] Las figuras 8A, 8B, 8C y 8D son imágenes circulares de campo oscuro de lentes de cristal líquido GRIN de ejemplo, creadas tras la configuración, borrado, reconfiguración y borrado de una lente correspondiente a los resultados de las acciones realizadas en los bloques 116, 118, 116 y 118 de la figura 1, respectivamente, o en los bloques 214, 230, 232 y 230 de la figura 2, respectivamente. Estas imágenes muestran el impacto y la eficacia de los procedimientos descritos en esta invención. Por ejemplo, la lente GRIN representada en las figuras 8A, 8B, 8C y 8D se creó utilizando una celda de LC de $51 \mu m$ de separación y rellena con LC MCL2132 utilizando una capa de alineación PMMA. La lente GRIN se grabó utilizando luz UV de 365 nm. Se utilizó una exposición de $H=132 Jcm^{-2}$ para el primer estado de la lente GRIN mostrado en la figura 8A y de $H=106 Jcm^{-2}$ para el segundo estado grabado de la lente GRIN mostrado en la figura 8C. La primera operación de borrado resultante en el estado de la lente que se muestra en la figura 8B se realizó calentando la lente de LC durante 10 horas a $75^\circ C$, y la segunda operación de borrado resultante en el estado que se muestra en la figura 8D se realizó calentando la lente a $75^\circ C$ durante 10 horas.

[0037] Los procedimientos descritos anteriormente en las figuras 1, 2 y 3 pueden lograrse o controlarse utilizando un dispositivo informático tal como un ordenador personal o una estación de trabajo la cual puede ser acoplada a una red para la comunicación. El dispositivo informático puede calcular los parámetros, índices de refracción, patrones de exposición y temperatura para configurar la lente regrabable. El dispositivo informático puede calcular las medidas necesarias para controlar el equipo utilizado para grabar la lente regrabable y también puede utilizarse para controlar el equipo utilizado para grabar los índices de refracción de las lentes regrabables. El dispositivo informático puede controlar la luz UV y el calor utilizados para grabar, regrabar, configurar, reconfigurar y borrar las lentes regrabables.

[0038] Haciendo referencia ahora a la figura 9, se muestra un dibujo de un entorno informático 900 en el cual se puede implementar los procedimientos. Los procedimientos descritos en esta invención pueden implementarse en un software que se almacena y se ejecuta en un dispositivo informático. El software puede controlar el tiempo, la temperatura, los ángulos, la luz UV y otros aspectos y características de los procedimientos descritos. Un dispositivo informático, tal como se utiliza en esta invención, se refiere a cualquier dispositivo con un procesador, una memoria y un dispositivo de almacenamiento que ejecute instrucciones que incluyen, entre otros, ordenadores personales, ordenadores de sobremesa 916, ordenadores de servidor 910, miniordenadores, ordenadores centrales, superordenadores, estaciones de trabajo, dispositivos móviles tales como tabletas informáticas y teléfonos inteligentes, ordenadores portables y ordenadores portátiles 914. Estos dispositivos informáticos pueden ejecutar un sistema operativo que incluye, por ejemplo, variaciones de los sistemas operativos Microsoft Windows, Linux, Android y Apple Mac, y pueden incluir o ejecutar máquinas virtuales.

[0039] El software se almacena en un medio de almacenamiento legible por la máquina en un dispositivo de almacenamiento incluido con o de otro modo acoplado o conectado a un dispositivo informático. Es decir, el software se almacena en un medio electrónico, legible por la máquina. Estos medios de almacenamiento incluyen, por ejemplo, medios magnéticos como discos duros; medios ópticos como discos compactos (CD-ROM y CD-RW), discos versátiles digitales (DVD y DVD±RW) y BLU-RAY; almacenamiento basado en silicio, que incluye unidades de estado sólido (o dispositivos de almacenamiento de silicio) (SSD) y tarjetas de memoria flash; y otros medios de almacenamiento magnéticos, ópticos y de silicio. Tal y como se utiliza en esta invención, un dispositivo de almacenamiento es un dispositivo que permite leer y/o escribir en un medio de almacenamiento. Los dispositivos de almacenamiento incluyen discos duros, SSD, unidades de DVD, dispositivos de memoria flash y otros.

[0040] El dispositivo informático puede incluir software para proporcionar la funcionalidad y las características descritas en esta invención. El dispositivo informático puede incluir uno o más de los siguientes elementos: matrices lógicas, memorias, circuitos analógicos, circuitos digitales, software, firmware y procesadores como microprocesadores, matrices de puertas lógicas programables en campo (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), dispositivos lógicos programables (PLD) y matrices lógicas programables (PLA). Los componentes del dispositivo informático pueden incluir unidades especializadas, circuitos, software e interfaces para proporcionar la funcionalidad y las características descritas en esta invención. Los procedimientos, la funcionalidad y las características descritas en esta invención están incorporados total o parcialmente en el software que opera en un dispositivo informático y pueden estar en forma de firmware, un programa de aplicación, un applet (por ejemplo, un applet de Java), un complemento de navegador, un objeto COM, una biblioteca de enlace dinámico (DLL), un script, una o más subrutinas, un componente o servicio del sistema operativo, o una combinación de estos. Tanto el hardware como el software y sus funciones pueden distribuirse de tal manera que algunos componentes sean realizados por un dispositivo informático y otros por otros dispositivos informáticos. El dispositivo informático puede estar, incluir o estar acoplado directamente o a través de una red 930 con dispositivos y programas informáticos especializados, como programas de bases de datos y uno o más servidores de bases de datos 920. Los servidores de bases de datos pueden almacenar información sobre la configuración de las lentes, información sobre la graduación de las lentes, parámetros de creación de las lentes, etc. La red 930 puede ser una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN), una combinación de estas, y puede ser internet.

[0041] Comentarios finales

[0042] A lo largo de esta descripción, las realizaciones y los ejemplos mostrados deben considerarse como ejemplares y no como limitaciones de los aparatos y procedimientos

descritos o reivindicados. Aunque muchos de los ejemplos presentados en esta invención implican combinaciones específicas de acciones del procedimiento o elementos del sistema, debe entenderse que esas acciones y esos elementos pueden combinarse de otras maneras para lograr los mismos objetivos. En lo que respecta a los diagramas de flujo, pueden realizarse etapas adicionales y menos numerosas, y las etapas que se muestran pueden combinarse o perfeccionarse para lograr los procedimientos descritos en esta invención. Las acciones, elementos y características analizados solo en relación con una realización no están destinados a ser excluidos de un papel similar en otras realizaciones.

[0043] Tal como se utiliza en esta invención, «pluralidad» significa dos o más. Tal como se utiliza en esta invención, un «conjunto» de elementos puede incluir uno o más de dichos elementos. Tal como se utilizan en esta invención, ya sea en la descripción escrita o en las reivindicaciones, los términos «que comprende», «que incluye», «que lleva», «que tiene», «que contiene», «que implica» y similares deben entenderse como abiertos, es decir, significan que incluyen, aunque no están limitados. Solo las frases transitorias «que consiste en» y «que consiste esencialmente en», respectivamente, son frases transitorias cerradas o semicerradas con respecto a las reivindicaciones. El uso de términos ordinales tales como «primero», «segundo», «tercero», etc., en las reivindicaciones para modificar un elemento de reivindicación no connota por sí mismo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento de reivindicación sobre otro o el orden temporal en el que se realizan las acciones de un procedimiento, sino que se utilizan simplemente como etiquetas para distinguir un elemento de reivindicación que tiene un determinado nombre de otro elemento que tiene un mismo nombre (excepto para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos de reivindicación. Tal como se utiliza en esta invención, «y/o» significa que los elementos enumerados son alternativas, pero las alternativas también incluyen cualquier combinación de los elementos enumerados.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la configuración de lentes que comprende:
borrar una lente calentando la lente a una temperatura de borrado definida;
5 grabar una primera distribución espacial del índice de refracción en la lente utilizando un primer patrón de exposición de luz ultravioleta dirigida.
2. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 1 donde la lente comprende un material regrabable.
3. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 2 donde el
10 material regrabable se selecciona de entre el grupo que incluye un cristal líquido, un cristal líquido disperso en polímero, un cristal líquido estabilizado en polímero, un cristal líquido encapsulado, un cristal líquido biestable, un cristal líquido biestable disperso en polímero, un cristal líquido biestable estabilizado en polímero, un cristal líquido biestable encapsulado.
4. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 1 que comprende
15 además
grabar una segunda distribución espacial del índice de refracción en la lente utilizando un segundo patrón de exposición, donde el segundo índice de refracción es diferente del primer índice de refracción.
5. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 4 donde la primera
20 distribución espacial de índice de refracción corresponde a una primera distribución de potencia de refracción y la segunda distribución espacial de índice de refracción corresponde a una segunda distribución de potencia.
6. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 4 donde la primera
25 distribución espacial del índice de refracción corresponde a una primera graduación oftálmica de un paciente y la segunda distribución espacial del índice de refracción corresponde a una segunda graduación oftálmica de un paciente.
7. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 2 donde la lente comprende además un material pasivo.
8. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 1 donde las lentes
30 se seleccionan de entre el grupo que incluye lentes para gafas, protectores faciales, protectores oculares, gafas protectoras, lentes de inserción, lentes para respiradores, lentes para cascos, lentes intraoculares, lentes refractivas y lentes difractivas.
9. El procedimiento para la configuración de lentes de la reivindicación 1 donde el primer patrón de exposición tiene una distribución espacial y una distribución temporal.
- 35 10. Un procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables que comprende:
crear una lente regrabable a partir de un material especializado que incluye cristales líquidos
grabar una primera distribución espacial de índice de refracción en la lente
40 regrabable utilizando un primer patrón de exposición a la luz UV

borrar el índice de refracción calentando la lente regrabable a una temperatura de borrado definida.

11. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 que comprende además

5 grabar una segunda distribución espacial del índice de refracción en la lente regrabable utilizando un segundo patrón de exposición de luz UV, donde el segundo índice de refracción es diferente del primer índice de refracción.

12. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde la temperatura de borrado definida es de 70 a 130 grados centígrados, inclusive.

10

13. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde la primera distribución espacial del índice de refracción corresponde a una primera distribución de potencia de refracción y la segunda distribución espacial del índice de refracción corresponde a una segunda distribución de potencia.

15

14. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde la primera distribución espacial del índice de refracción corresponde a una primera graduación oftálmica de un paciente y la segunda distribución espacial del índice de refracción corresponde a una segunda graduación oftálmica de un paciente.

20

15. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde los cristales líquidos incluyen al menos uno seleccionado de entre el grupo que incluye un cristal líquido, un cristal líquido disperso en polímero, un cristal líquido estabilizado en polímero, un cristal líquido encapsulado, un cristal líquido biestable, un cristal líquido biestable disperso en polímero, un cristal líquido biestable estabilizado en polímero, un cristal líquido biestable encapsulado.

25

16. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde la lente regrabable comprende además un material pasivo.

17. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde la creación incluye aplicar un campo magnético, eléctrico o electromagnético a la lente regrabable.

30

18. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde las lentes regrabables se seleccionan de entre el grupo que incluye lentes para gafas, protectores faciales, protectores oculares, gafas protectoras, lentes de inserción, lentes para respiradores, lentes para cascos, lentes intraoculares, lentes refractivas y lentes difractivas.

35

19. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde el primer patrón de exposición tiene una distribución espacial y una distribución temporal.

40

20. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde el borrado se logra mediante el calentamiento dirigido a una región específica de la lente regrabable.

21. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde el calentamiento se logra aplicando radiación infrarroja durante un período de tiempo definido.

22. El procedimiento para la creación y configuración de lentes regrabables de la reivindicación 10 donde el calentamiento se logra colocando la lente regrabable en un horno durante un período de tiempo definido.

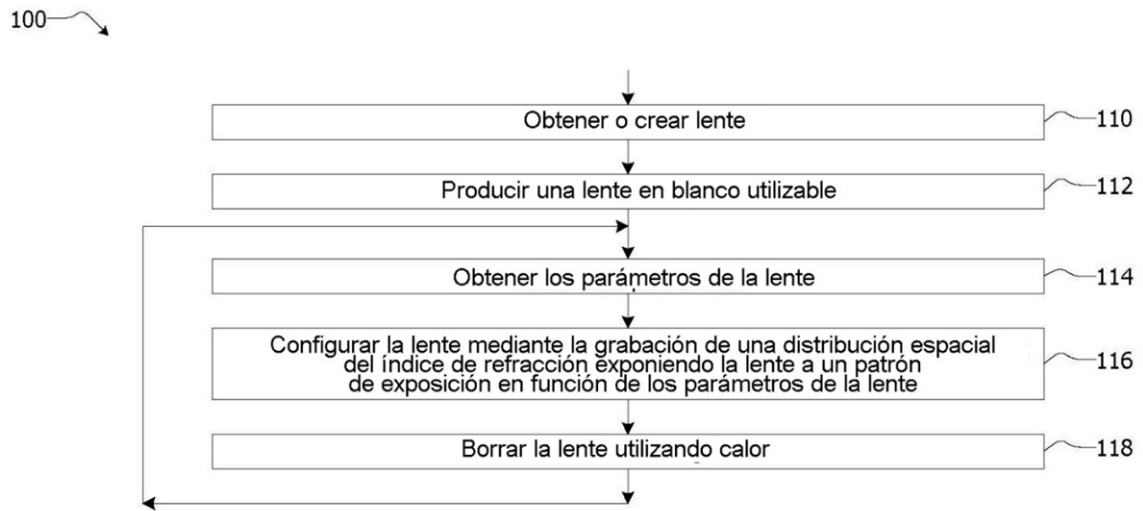


FIG. 1

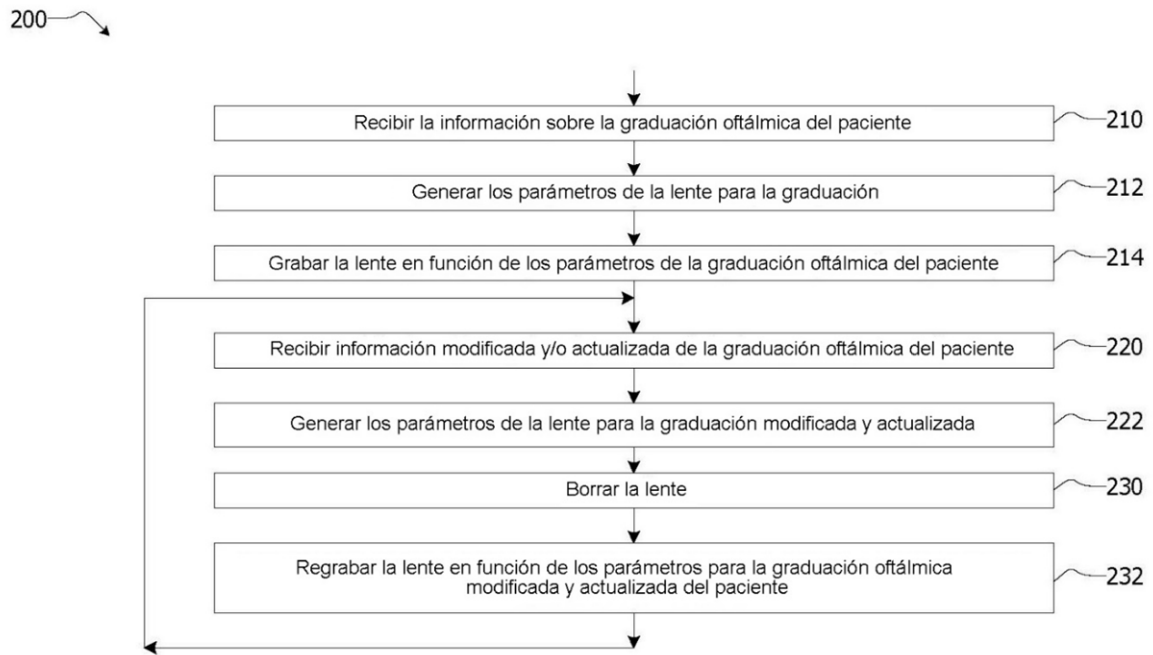


FIG. 2

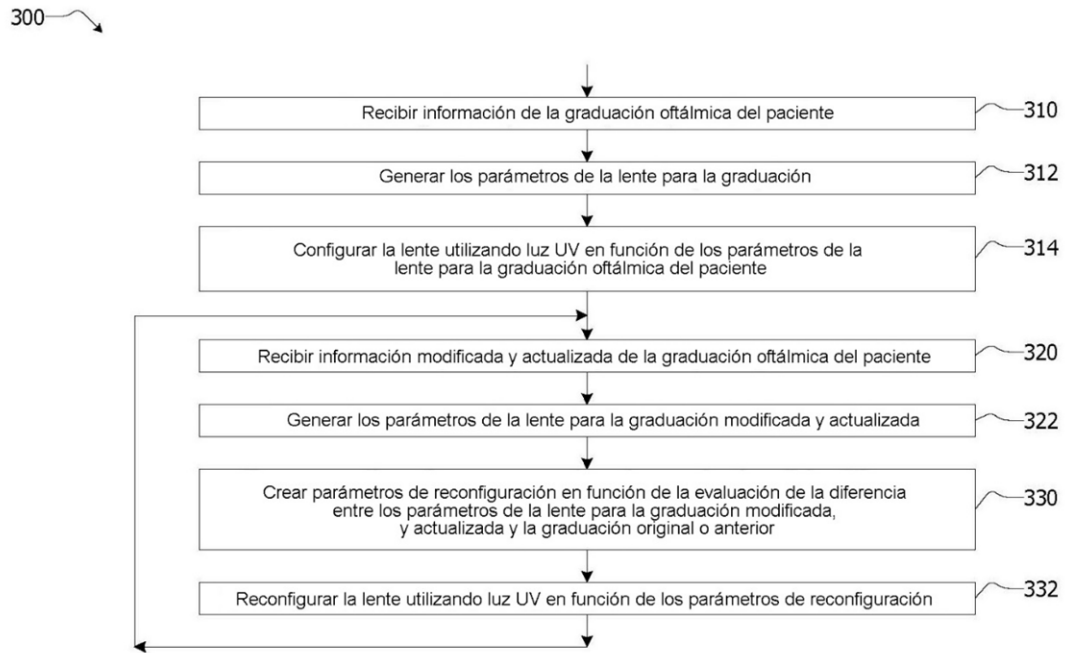


FIG. 3

FIG. 4A

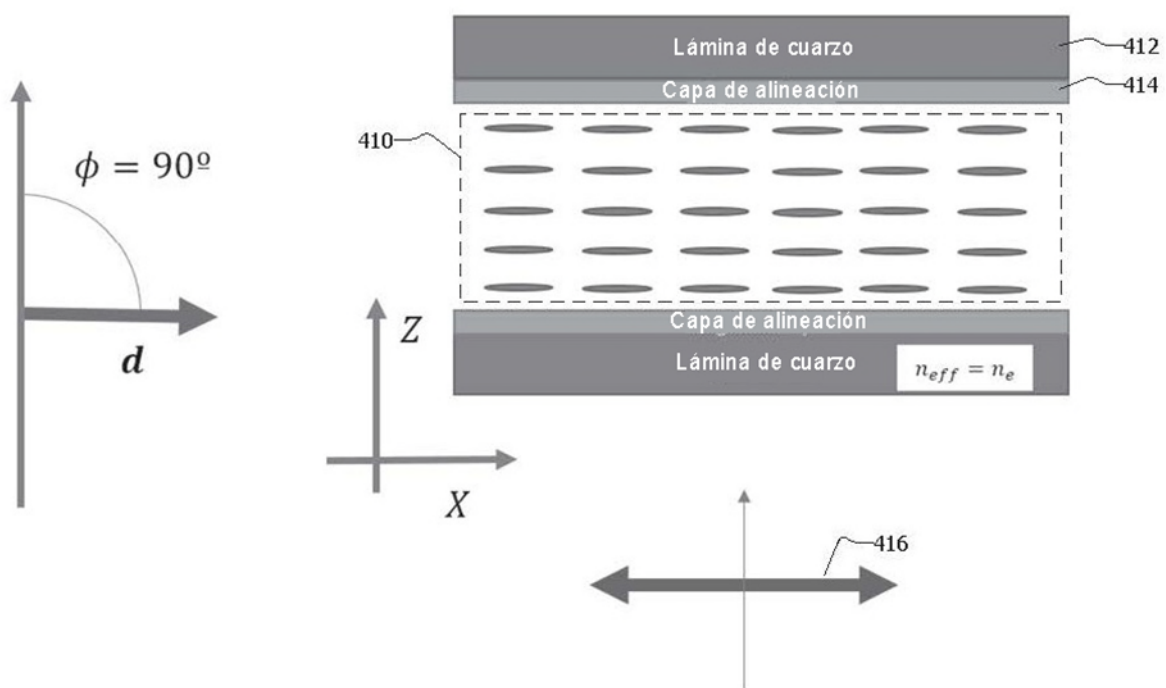


FIG. 4B

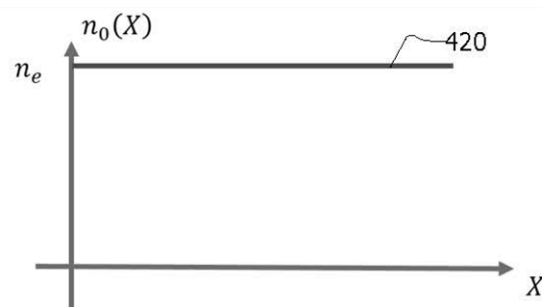


FIG. 5A

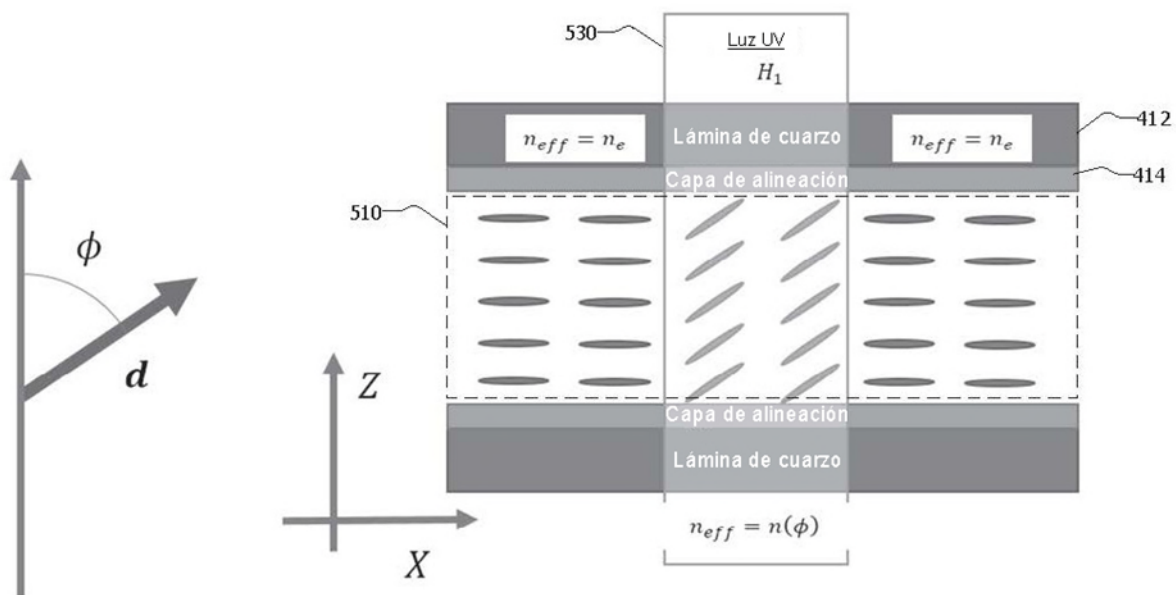


FIG. 5B

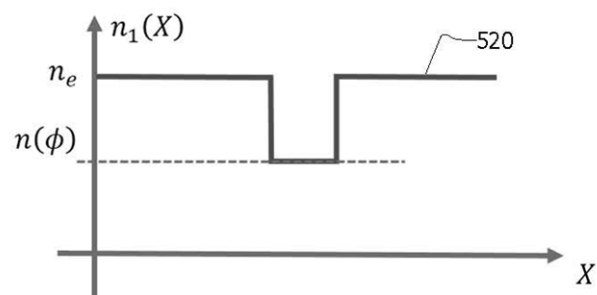


FIG. 6A

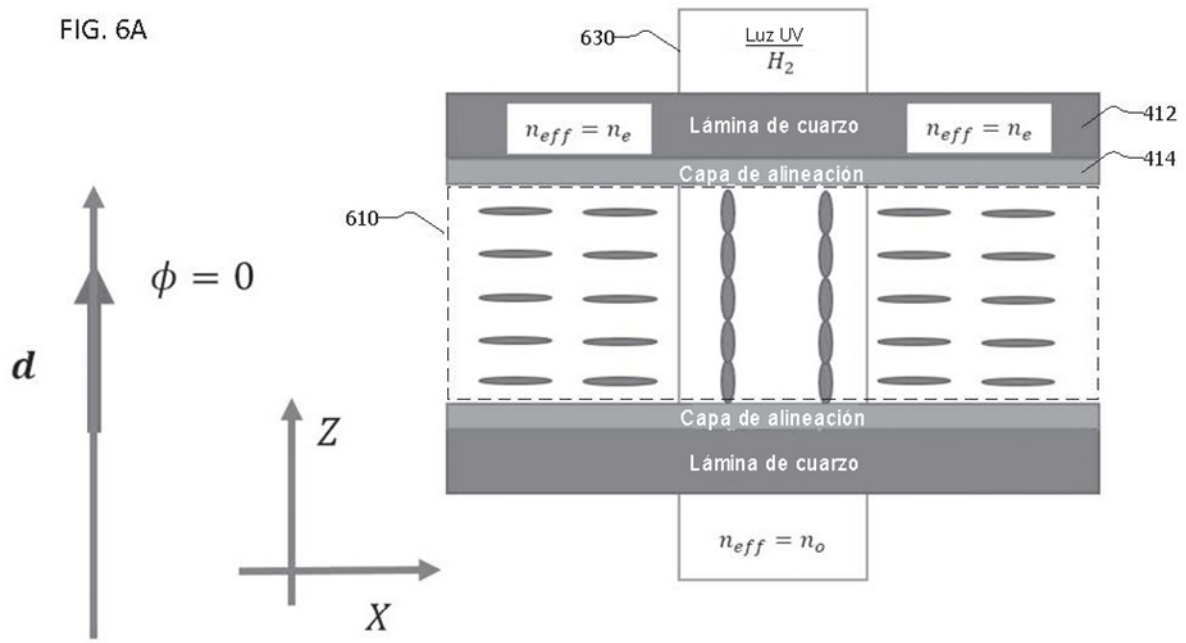
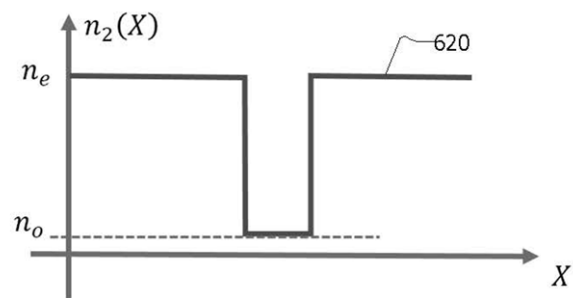


FIG. 6B



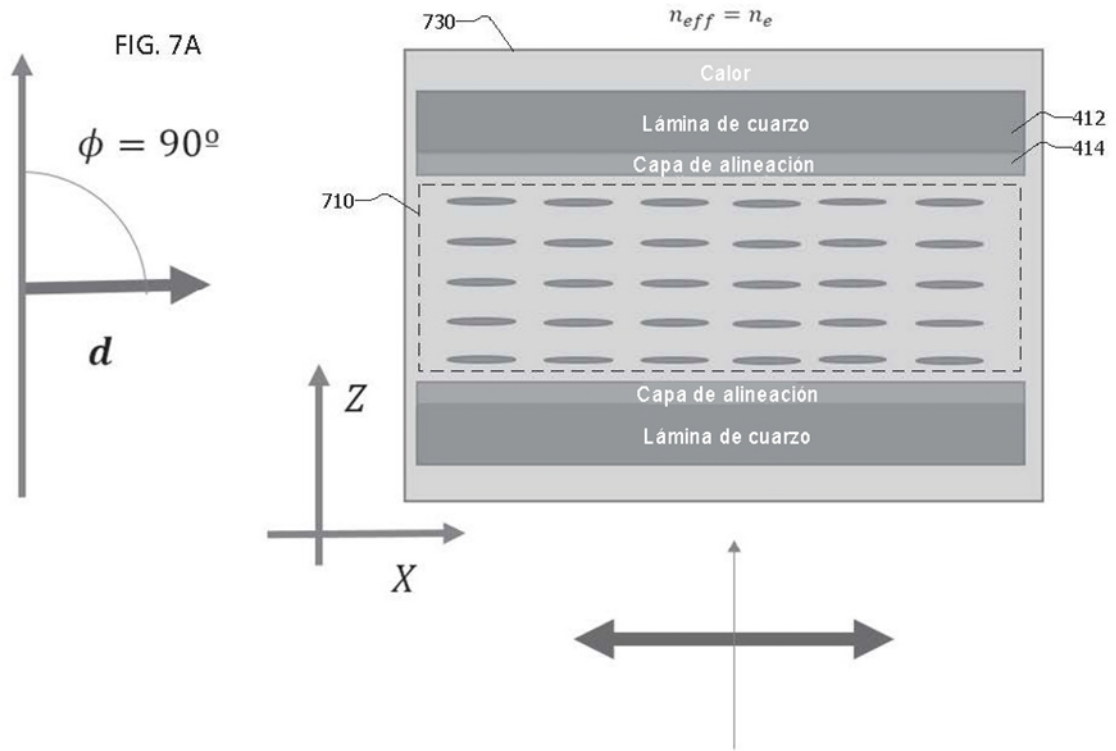
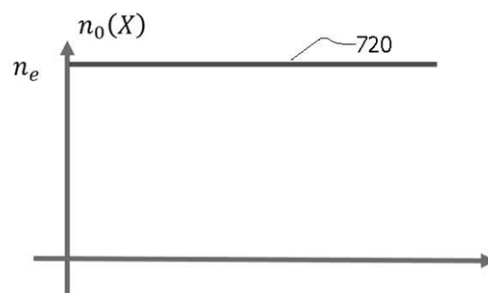


FIG. 7B



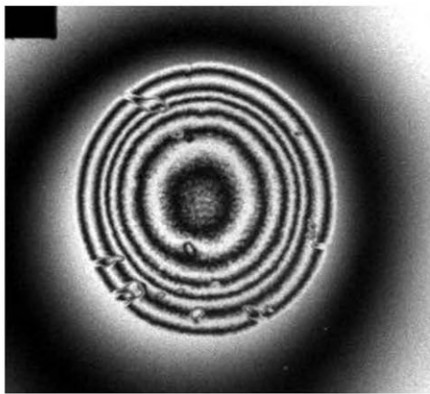


FIG. 8A

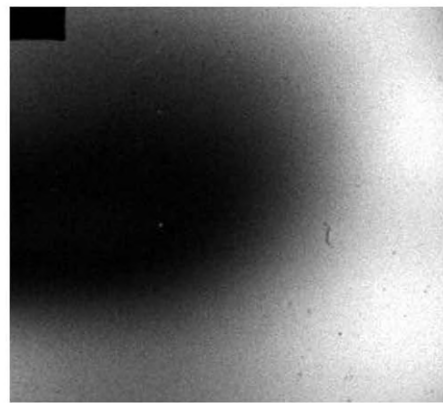


FIG. 8B

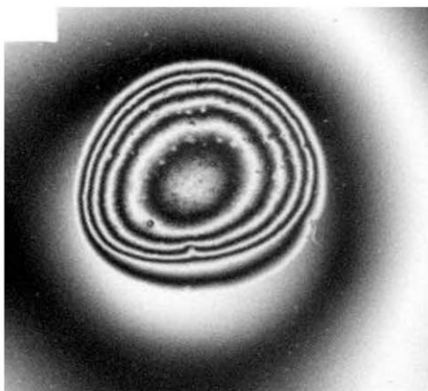


FIG. 8C

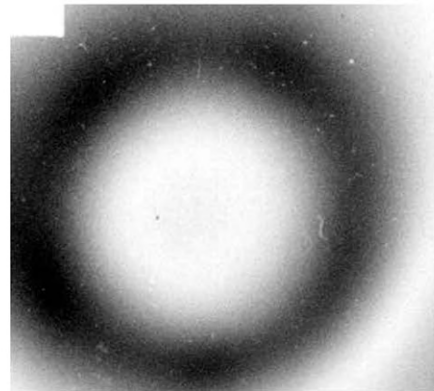


FIG. 8D

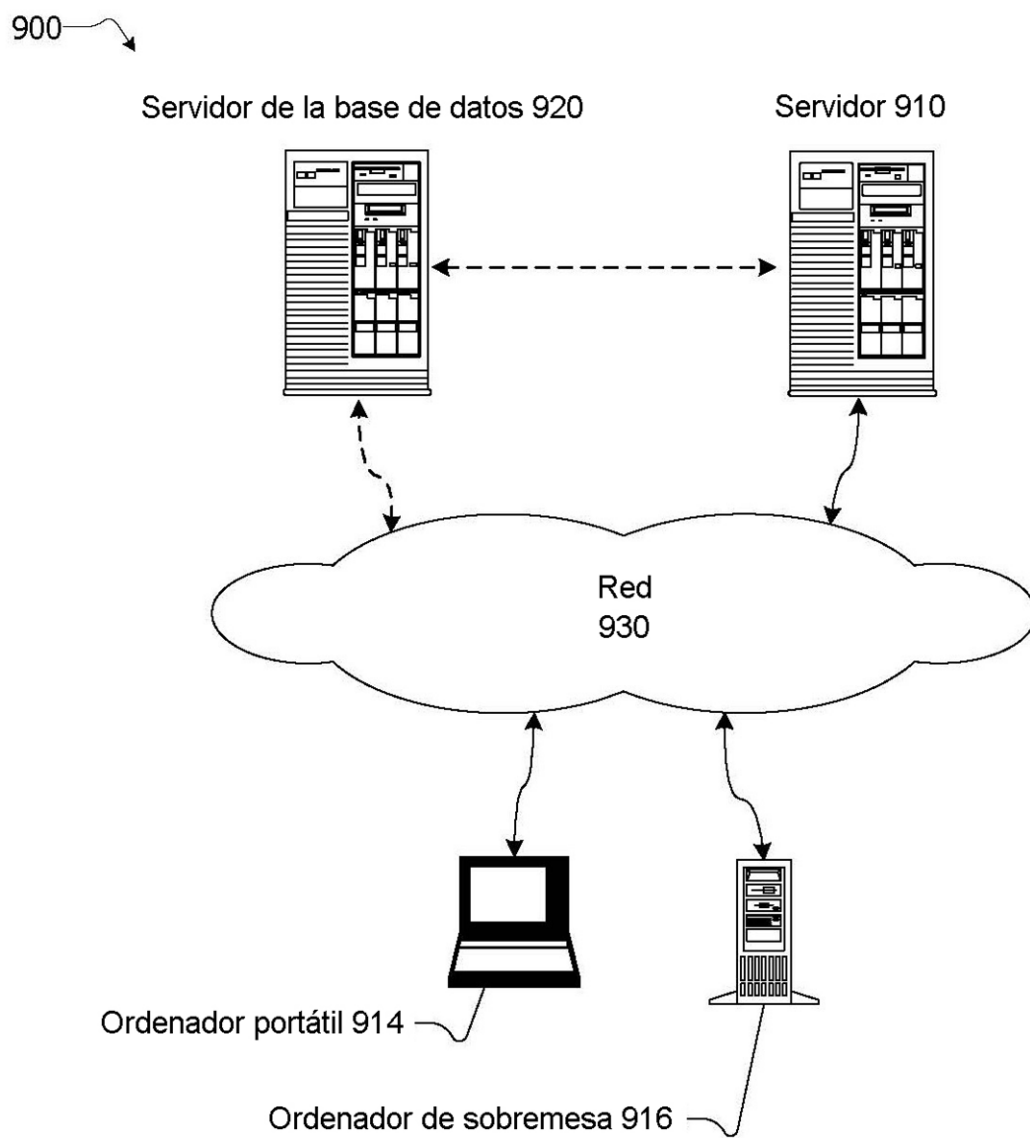


FIG. 9