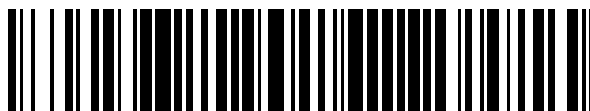


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 297**

51 Int. Cl.:
G02B 5/18 (2006.01)
G02C 7/04 (2006.01)
G02C 7/06 (2006.01)
A61F 2/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10152384 .3**
96 Fecha de presentación: **02.02.2010**
97 Número de publicación de la solicitud: **2290411**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.03.2011**

54 Título: **Lentes refractivas-difractivas**

30 Prioridad:
27.08.2009 IN CH20582009

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.07.2012

73 Titular/es:
Polymer Technologies International (EOU)
Block No. 310 of Village Sim of Dabhasa, Ta.
Padra, Dist.
319 440 Vadodara, Gujarat, IN

72 Inventor/es:
Argal, Sanjay Ram Swaroop y
Hussain, Munavvar Tahir

74 Agente/Representante:
Izquierdo Faces, José

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).

ES 2 385 297 T3

DESCRIPCIÓN

Lentes refractivas-difractivas.

CAMPO Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 5 **[0001]** La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a la óptica y, más particularmente, pero no exclusivamente, a lentes intraoculares y de contacto.
- [0002]** El ojo humano es un dispositivo anatómico complejo, que facilita la interpretación de formas, colores y dimensiones de objetos procesando la luz que reflejan o emiten. De manera similar a una cámara, el ojo es capaz de refractar la luz y producir una imagen enfocada que puede estimular respuestas neuronales y proporcionar la capacidad de ver.
- 10 **[0003]** Con el propósito de proporcionar un documento autónomo, a continuación hay una descripción del principio de funcionamiento del ojo mamífero, en general, y de la cornea en particular. El iris regula la cantidad de luz admitida en el interior del ojo, la cornea y el cristalino enfocan los rayos de luz desde un objeto que se está viendo en la retina que transmite la imagen del objeto al cerebro por el nervio óptico. Alrededor del 75% del enfoque se proporciona por la cornea, con el otro 25% siendo proporcionado por el cristalino que puede adquirir longitudes focales variables.
- 15 **[0004]** La cornea es la estructura más anterior del ojo. Como tiene que ser transparente para permitir que la luz entre en el ojo, no hay vasos sanguíneos en la cornea. La cornea está compuesta de fibras de colágeno apiñadas juntas en un patrón organizado, proporcionando de este modo a la cornea su naturaleza transparente a la luz. La cornea tienen la concentración más alta de terminaciones nerviosas en el cuerpo entero, haciéndola así extremadamente sensible a cualquier tipo de trauma.
- 20 **[0005]** La vista frontal de la cornea es de forma esférica, donde la dimensión vertical es más pequeña que la dimensión horizontal por alrededor de un 1-2%. La anterior es típicamente de alrededor de 11,7 mm de diámetro.
- [0006]** La calidad de la visión depende de muchos factores incluyendo el tamaño y la forma del ojo, y la transparencia de la cornea y el cristalino. Cuando la edad o la enfermedad causan que el cristalino se vuelva menos transparente, se deteriora la visión por la luz disminuida que puede ser transmitida a la retina. La deficiencia en el cristalino del ojo es conocida medicamente como una catarata. Un tratamiento aceptado para esta condición es la retirada quirúrgica del cristalino y el reemplazo de la función del cristalino por una lente intraocular (IOL).
- 25 **[0007]** A lo largo de los años, se han desarrollado numerosos tipos de IOLs para corregir las deficiencias en la visión. Generalmente, las mencionadas lentes operan de acuerdo a uno de dos principios ópticos básicos; refracción y difracción.
- 30 **[0008]** Una IOL típica está fabricada de polimetilmetacrilato, tiene un diámetro de alrededor de 5-7 mm, y está soportada en el ojo por la fuerza de muelle de lazos flexibles llamados hápticos. También se usan otros materiales, y hay una variedad de estilos de lentes y diseños hápticos.
- [0009]** Las lentes multifocales tienen más de un punto de enfoque. Una bifocal, que es un tipo de multifocal, tiene dos puntos de enfoque, uno a distancia y el otro para cerca. En la IOL multifocal el objetivo es aumentar el intervalo de visión distinta y por lo tanto reducir la dependencia de correcciones de gafas adicionales. Las lentes rígidas que tienen dos o más potencias ópticas se usan para dividir la luz incidente entre imágenes separadas axialmente. La calidad de la imagen total es afectada por el número de potencias ópticas, y por la calidad de la imagen del mismo componente enfocado.
- 35 **[0010]** Un tipo de IOL multifocal es la IOL multifocal difractiva. Un par de ordenes de difracción se usa para proporcionar dos potencias ópticas simultáneamente usando un implante rígido. Una potencia se usa para la visión a distancia y la otra potencia se usa para la visión cercana. En ambos casos la luz desenfocada es también incidente en la retina, pero el sistema visual humano es tolerante con las variaciones de imagen relacionadas con el contraste y no parece ser un problema en la mayoría de los pacientes. El diseño difractivo utiliza la apertura total y es tolerante con las variaciones del tamaño de la pupila y la descentración moderada.
- 40 **[0011]** Generalmente, una lente difractiva consiste de cualquier número de zonas de lente anulares de igual área. Entre las zonas adyacentes se proporcionan pasos ópticos con diferencias de longitud de trayectoria asociadas que habitualmente son absolutamente más pequeñas que una longitud de onda de diseño. El área o tamaño de las zonas determina la separación entre las potencias difractivas de la lente; está separación aumenta con área de zona decreciente. La diferencia de la trayectoria óptica determina las intensidades máximas relativas de las varias potencias difractivas. Por ejemplo, cuando la diferencia de la trayectoria óptica iguala la mitad de la longitud de onda hay dos potencias difractivas principales, la potencia difractiva de orden cero y la de primer orden. Para las diferencias de trayectoria absolutas que son más pequeñas que la mitad de la longitud de onda, la potencia de orden cero es la dominante, mientras que para las diferencias de trayectoria ópticas que son del orden de una longitud de onda es dominante la potencia de orden difractivo primera.
- 45 **[0012]** Generalmente, una lente difractiva consiste de cualquier número de zonas de lente anulares de igual área. Entre las zonas adyacentes se proporcionan pasos ópticos con diferencias de longitud de trayectoria asociadas que habitualmente son absolutamente más pequeñas que una longitud de onda de diseño. El área o tamaño de las zonas determina la separación entre las potencias difractivas de la lente; está separación aumenta con área de zona decreciente. La diferencia de la trayectoria óptica determina las intensidades máximas relativas de las varias potencias difractivas. Por ejemplo, cuando la diferencia de la trayectoria óptica iguala la mitad de la longitud de onda hay dos potencias difractivas principales, la potencia difractiva de orden cero y la de primer orden. Para las diferencias de trayectoria absolutas que son más pequeñas que la mitad de la longitud de onda, la potencia de orden cero es la dominante, mientras que para las diferencias de trayectoria ópticas que son del orden de una longitud de onda es dominante la potencia de orden difractivo primera.
- 50 **[0013]** Generalmente, una lente difractiva consiste de cualquier número de zonas de lente anulares de igual área. Entre las zonas adyacentes se proporcionan pasos ópticos con diferencias de longitud de trayectoria asociadas que habitualmente son absolutamente más pequeñas que una longitud de onda de diseño. El área o tamaño de las zonas determina la separación entre las potencias difractivas de la lente; está separación aumenta con área de zona decreciente. La diferencia de la trayectoria óptica determina las intensidades máximas relativas de las varias potencias difractivas. Por ejemplo, cuando la diferencia de la trayectoria óptica iguala la mitad de la longitud de onda hay dos potencias difractivas principales, la potencia difractiva de orden cero y la de primer orden. Para las diferencias de trayectoria absolutas que son más pequeñas que la mitad de la longitud de onda, la potencia de orden cero es la dominante, mientras que para las diferencias de trayectoria ópticas que son del orden de una longitud de onda es dominante la potencia de orden difractivo primera.
- 55 **[0014]** Generalmente, una lente difractiva consiste de cualquier número de zonas de lente anulares de igual área. Entre las zonas adyacentes se proporcionan pasos ópticos con diferencias de longitud de trayectoria asociadas que habitualmente son absolutamente más pequeñas que una longitud de onda de diseño. El área o tamaño de las zonas determina la separación entre las potencias difractivas de la lente; está separación aumenta con área de zona decreciente. La diferencia de la trayectoria óptica determina las intensidades máximas relativas de las varias potencias difractivas. Por ejemplo, cuando la diferencia de la trayectoria óptica iguala la mitad de la longitud de onda hay dos potencias difractivas principales, la potencia difractiva de orden cero y la de primer orden. Para las diferencias de trayectoria absolutas que son más pequeñas que la mitad de la longitud de onda, la potencia de orden cero es la dominante, mientras que para las diferencias de trayectoria ópticas que son del orden de una longitud de onda es dominante la potencia de orden difractivo primera.

[0012] También se conocen las lentes que se basan en principios refractivos. Las mencionadas lentes refractivas típicamente incluyen zonas concéntricas de potencias divergentes.

[0013] La Patente U.S. N° 4.338.005 divulga un dispositivo óptico de potencia focal múltiple que incluye una pluralidad de zonas concéntricas anulares alternas. Al menos algunas de las zonas incluyen medios de potencia focal para dirigir la luz paralela incidente a un primer punto focal, y al menos algunas de las zonas incluyen medios de potencia focal para dirigir la luz paralela incidente a un segundo punto focal. El radio de la zona enésima es proporcional a la raíz cuadrada de n , y el radio de la primera zona es proporcional a la raíz cuadrada de la longitud de onda bajo consideración.

[0014] La Patente U.S. 4.089.023 divulga un implante óptico intraocular que incluye una lente refractiva/difractiva que tiene una superficie anterior y una superficie posterior y un eje óptico anterior-posterior en general. Al menos una de las superficies anterior y posterior de la lente tiene un perfil de lente difractiva cubriendo alrededor de la mitad del área de lente efectiva de la lente.

[0015] La Patente U.S. N° 5.699.142 divulga una lente oftálmica multifocal difractiva que tiene una zona de apodización que cambia gradualmente el equilibrio de energía desde el enfoque cercano al enfoque de distancia sobre una parte sustancial de la lente de tal forma que la región exterior de la lente dirige toda su energía al enfoque de distancia.

[0016] La Patente U.S. N° 6.536.899 divulga una lente multifocal que incluye una pluralidad de zonas anulares. Cada zona anular está dividida en dos sub-zonas anulares de tal forma que las potencias refractivas dentro de las sub-zonas muestran al menos dos potencias difractivas y al menos una de las potencias difractivas sustancialmente coincide con la potencia refractiva media de cada zona anular.

[0017] Antecedentes de la técnica adicionales incluyen las Patentes U.S. N° 4.881.805, 5.344.47, 7.377.641, 4.162.122, 4.210.391, 4.338.00, 4.340.283, 4.995.714, 4.995.715, 4.881.804, 4.881.805, 5.017.000, 5.054.905, 5.056.908, 5.120.120, 5.121.979, 5.121.980, 5.144.483, 5.117.306, 5.076.684, 5.116.111, 5.129.718, 4.637.697, 4.641.934 y 4.655.565, y la Patente Europea N° 1194797B1.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0018] De acuerdo a la presente invención se proporciona un dispositivo de lente multifocal como se define en la reivindicación 1. El dispositivo comprende un cuerpo de lente estando formado con una pluralidad de zonas anulares concéntricas separadas por tramos inclinados. Las zonas concéntricas efectúan tanto la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que los tramos están sustancialmente vacíos de cualquier potencia difractiva o refractiva.

[0019] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el cuerpo de lente está constituido como una lente intraocular oftálmica.

[0020] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el cuerpo de lente está constituido como una lente de contacto.

[0021] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el cuerpo de lente está constituido como una lente de gafas.

[0022] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el cuerpo de lente tiene un perfil esférico.

[0023] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el perfil esférico está caracterizado por una constante cónica en un intervalo de alrededor de -1,1 a alrededor de -1,37, inclusive.

[0024] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención las zonas concéntricas del cuerpo de lente comprenden al menos 30 zonas concéntricas.

[0025] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención cada tramo tiene una anchura que es de alrededor de 0,17 micrones a alrededor de 0,2 micrones.

[0026] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención las alturas varían de alrededor de 1,83 micrones en el centro a alrededor de 0,09 micrones en el borde.

[0027] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención las inclinaciones varían de alrededor de 84° en el centro a alrededor de 25° en el borde.

[0028] De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el área refractiva efectiva total del cuerpo de lente es menor que el 60% del área efectiva total del cuerpo de lente.

- [0029]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el cuerpo de lente está hecho de un material biocompatible. De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el material biocompatible es material acrílico hidrofílico.
- 5 **[0030]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención la potencia difractiva de las zonas disminuye gradualmente.
- [0031]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención la potencia refractiva es sustancialmente uniforme a través del cuerpo de lente.
- [0032]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención las zonas son sustancialmente iguales en área.
- 10 **[0033]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención las zonas y los tramos transmiten al menos un 80% de luz incidente.
- [0034]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el cuerpo de lente es plegable.
- [0035]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el dispositivo además comprende medios hápticos acoplados al cuerpo de lente.
- 15 **[0036]** De acuerdo a un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención se proporciona un método. El método comprende formar en una sustancia una pluralidad de zonas anulares concéntricas separadas por tramos inclinados. Las zonas concéntricas efectúan la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que los tramos están sustancialmente vacíos de cualquier potencia difractiva o refractiva.
- [0037]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención la sustancia es un cuerpo de lente, y el método sirve para formar un dispositivo de lente.
- 20 **[0038]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención la sustancia es un molde y el método sirve para formar un molde de lente para la fabricación en masa de dispositivos de lente. De acuerdo a algunas realizaciones de la invención el método además comprende moldear un dispositivo de lente usando el molde de la lente.
- [0039]** De acuerdo a algunas realizaciones de la invención la pluralidad de zonas anulares concéntricas están formadas por un torno de control numérico computarizado.
- 25 **[0040]** De acuerdo a un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención se proporciona un método para tratar la visión de un sujeto. El método comprende implantar un dispositivo de lente multifocal en un ojo del sujeto. El dispositivo de lente multifocal tiene un cuerpo de lente intraocular oftálmico estando formado con una pluralidad de zonas anulares concéntricas separadas por tramos inclinados. Las zonas concéntricas efectúan tanto la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que los tramos están sustancialmente vacíos de cualquier potencia difractiva o refractiva.
- 30 **[0041]** Salvo que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y/o científicos usados en la presente tienen el mismo significado que el entendido de forma común por cualquiera con conocimientos normales en la técnica a la que esta invención pertenece. A pesar de que los métodos y materiales similares o equivalentes a los descritos en la presente se pueden usar en la práctica o en las pruebas de las realizaciones de la invención, se describen a continuación métodos y/o materiales ejemplares. En caso de conflicto, prevalecerá la especificación de la patente, incluyendo las definiciones. Además, los materiales, métodos, y ejemplo son sólo ilustrativos y no se pretende que sean necesariamente limitativos.
- 35 **[0042]** La implementación del método y/o sistema de las realizaciones de la invención pueden implicar realizar o completar tareas seleccionadas de forma manual, automáticamente, o una combinación de las mismas. Además, de acuerdo a la instrumentación y equipos actuales de las realizaciones del método y/o sistema de la invención, varias tareas seleccionadas podrían ser implementadas por hardware, por software o por firmware o por una combinación de los mismos usando un sistema operativo.
- 40 **[0043]** Por ejemplo, el hardware para realizar las tareas seleccionadas de acuerdo a las realizaciones de la invención podría ser implementado como un chip o un circuito. Como software, las tareas seleccionadas de acuerdo a las realizaciones de la invención podría ser implementado como una pluralidad de instrucciones de software siendo ejecutadas por un ordenador usando un sistema operativo adecuado. En una realización ejemplar de la invención, una o más tareas de acuerdo a las realizaciones ejemplares del método y/o sistema como se describe en la presente son realizadas por un procesador de datos, como una plataforma de computación para ejecutar una pluralidad de instrucciones. Opcionalmente, el procesador de datos, incluye una memoria volátil para almacenar instrucciones y/o
- 45 datos y/o un almacenamiento no volátil, por ejemplo, un disco duro magnético y/o un medio desmontable, para almacenar instrucciones y/o datos. Opcionalmente, se proporciona también una conexión de red. Se proporcionan opcionalmente también un monitor y/o un dispositivo de entrada de usuario como un teclado o ratón.
- 50

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

[0044] Algunas realizaciones de la invención se describen en la presente, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos acompañantes. Con referencia específica ahora a los dibujos en detalle, se destaca que los particulares mostrados son a modo de ejemplo y para propósitos del tratamiento ilustrativo de las realizaciones de la invención. A este respecto, la descripción tomada con los dibujos hace aparente a aquellos expertos en la técnica como se pueden practicar las realizaciones de la invención.

[0045] En los dibujos:

Las Figuras 1A y 1B son ilustraciones esquemáticas de una vista superior (Figura 1A) y una vista en perfil (Figura 1B) de un dispositivo de lente multifocal 10, de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención;

La Figura 2A es una ilustración esquemática de una única zona y un tramo inclinado de un cuerpo de lente convencional;

La Figura 2B es una ilustración esquemática de una única zona y tramo inclinado de un cuerpo de lente de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención;

La Figura 3 es una ilustración esquemática de una definición geométrica de una zona y tramo adyacente a la misma, de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención;

La Figura 4 es una ilustración esquemática de un cuerpo de lente esférica, de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención; y

Las Figuras 5A y 5B son ilustraciones esquemáticas de una zona más exterior (Figura 5A) y una zona más interior (Figura 5B) de un dispositivo de lente prototipo diseñado de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES ESPECÍFICAS DE LA INVENCION

[0046] La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a la óptica y, más particularmente, pero no exclusivamente, a lentes intraoculares y de contacto.

[0047] Antes de explicar al menos una realización de la invención en detalle, se debe entender que la invención no está limitada necesariamente en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes y/o métodos establecidos en la siguiente descripción y/o ilustrados en los dibujos y/o los Ejemplos. La invención es capaz de otras realizaciones o de ser practicada o llevada a cabo de varias maneras.

[0048] Cuando un rayo de luz que es mueve en el aire y golpea una superficie de una sustancia transmisora de luz en un ángulo α_1 medido desde una normal a la superficie, es refractado en la sustancia a un ángulo que es determinado por la ley de Snell, que se realiza matemáticamente a través de la siguiente ecuación:

$$n_A \sin \alpha_1 = n_s \sin \alpha_2$$

donde n_s es el índice de refracción de la sustancia, n_A es el índice de refracción del aire, y α_2 es el ángulo en el que el rayo es refractado en la sustancia. De manera similar a α_1 , α_2 es medida desde una normal a la superficie. Un valor típico de n_A es alrededor de 1. Como se usa en la presente, el término "alrededor de" se refiere a $\pm 10\%$.

[0049] Otro fenómeno óptico es la difracción que es la ligera curvatura de la luz mientras pasa alrededor del borde de un objeto, o en una abertura del mismo. La cantidad de curvatura depende del tamaño de la longitud de onda de la luz en comparación con el tamaño de la abertura o el borde. Si la abertura es más grande que la longitud de onda de la luz, la curvatura será casi imperceptible. Sin embargo, si las dos son cercanas en tamaño o iguales, la cantidad de curvatura es considerable, y fácilmente de ver con el ojo desnudo.

[0050] Los efectos ópticos resultantes de la difracción se producen a través de la interacción de ondas de luz que se originan de diferentes regiones de la abertura causando la difracción. De forma ilustrativa, uno puede ver esta interacción como uno de dos tipos de interferencias: (i) una interferencia constructiva cuando las crestas de dos ondas se combinan para producir una onda amplificada; y (ii) una interferencia destructiva cuando una cresta de una onda y un canal de otra onda se combinan, cancelándose de este modo entre sí. Un experto en la materia apreciará, sin embargo, que hay muchas situaciones en las que la interacción entre las ondas de luz es más complicada, por ejemplo, cuando la luz tiene una pluralidad de longitudes de onda.

[0051] Los presentes inventores explotan los fenómenos de difracción y refracción para crear un dispositivo de lente multifocal. Típicamente, el dispositivo de lente de las presentes realizaciones tiene potencia difractiva para permitir la visión de cerca y potencia refractiva para permitir la visión de lejos. En varias realizaciones ejemplares de

la invención el dispositivo de lente también permite la visión intermedia, como de detalla adicionalmente a continuación.

[0052] En referencia ahora a los dibujos, Las Figuras 1A y 1B ilustran una vista superior (Figura 1A) y una vista en perfil (Figura 1B) de un dispositivo de lente multifocal **10**, de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención. El dispositivo **10** comprende un cuerpo de lente **12** estando formado con una pluralidad de zonas anulares concéntricas **14** separadas por tramos inclinados **16** (mostrados mejor en la Figura 1B). EL número de zonas concéntricas es preferiblemente de al menos 20, o al menos 22, o al menos 24, o al menos 26 o al menos 28, o al menos 30. En algunas realizaciones de la presente invención el cuerpo de lente incluye 30 zonas.

[0053] El dispositivo **10** puede ser usado en más de una aplicación. En algunas realizaciones el dispositivo es implementado como un dispositivo de lente intraocular, en cuyo caso el cuerpo de lente está constituido como una lente intraocular oftálmica, en algunas realizaciones el dispositivo está implementado como una lente de contacto, en cuyo caso el cuerpo de lente está constituido como una lente de contacto, y en algunas realizaciones el dispositivo está implementado como una lente de gafas en cuyo caso el cuerpo de lente está constituido como un alente de gafas.

[0054] En cualquiera de las realizaciones anteriores, el cuerpo de lente **12** tiene preferiblemente un perfil asférico. Generalmente, el perfil asférico puede estar caracterizado por una constante cónica en un intervalo de alrededor de -1,1 a alrededor de -1,37, inclusive.

[0055] Un ejemplo representativo de un cuerpo de lente asférico se ilustra en la Figura 4.

[0056] El cuerpo de lente puede estar hecho de cualquier material que es lo suficientemente transparente para la luz visible y que es adecuado para la óptica. En varias realizaciones ejemplares de la invención el cuerpo de lente está hecho de material biocompatible, como pero no limitado a, material acrílico hidrofílico. En varias realizaciones ejemplares de la invención el cuerpo de lente es plegable. Estas realizaciones son particularmente útiles cuando el dispositivo **10** se usa como un dispositivo de lente intraocular o un dispositivo de lente de contacto.

[0057] El dispositivo de las presentes realizaciones difiere de los dispositivos de lente convencionales en que sustancialmente las contribuciones completas a las potencias de difracción y refracción están en las zonas **14**, mientras la contribución de los tramos **16** a las potencias de difracción y refracción es despreciable o cero, incluso cuando están inclinados con respecto a los ejes óptico **18** y al transversal **20** del cuerpo de lente **12**. Así, en varias realizaciones ejemplares de la invención las zonas concéntricas **14** efectúan tanto la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que los tramos **16** están sustancialmente vacíos de cualquier potencia difractiva o refractiva.

[0058] Esta ventaja se ilustra en las Figuras 2A y 2B, que ilustra una única zona **24** y un tramo inclinado **26** de un cuerpo de lente convencional (Figura 2A) y una única zona **14** y un tramo inclinado **16** de un cuerpo de lente **12** (Figura 2B). En las Figuras 2A-B, R1 y R2 representan potencias refractivas que generalmente igualan la potencia difractiva de orden cero, D1 representa la potencia difractiva de primer orden y R0 representa una potencia refractiva cero. En el cuerpo de lente convencional, tanto las zonas **24** como los tramos inclinados **16** tiene potencia óptica: el tramo **16** tiene sólo una potencia refractiva (R1) y la zona **24** tiene potencias tanto refractiva (R2) como difractiva (D1). En el cuerpo de lente **12**, por otro lado, el tramo **16** está sustancialmente vacío de cualquier potencia óptica (refractiva o difractiva).

[0059] Se apreciará que haya o no potencia óptica depende de la precisión del dispositivo que mide la potencia óptica. Como se usa en la presente, "sustancialmente vacío de potencia óptica" se refiere a potencia óptica cero o potencia óptica que está por debajo de 0,5 dioptrías, más preferiblemente por debajo de 0,4 dioptrías, más preferiblemente por debajo de 0,3 dioptrías, mas preferiblemente por debajo de 0,2, mas preferiblemente por debajo de 0,1 dioptrías.

[0060] Así, cada parte del cuerpo de lente **12** tiene potencia óptica (difractiva o refractiva), pero la contribución de esta potencia óptica generalmente viene de las zonas y no de los tramos. La potencia óptica de las zonas se consigue proporcionando a las zonas con un radio finito de curvatura en relación al plano transversal que contiene el eje transversal **20** y con un patrón de difracción secundario **21** en su superficie. Sin embargo, los tramos son preferiblemente hechos planos, concretamente con un radio infinito o muy grande de curvatura.

[0061] Los términos "potencia refractiva" y "potencia difractiva" como se usan en la presente con respecto a un elemento óptico particular (ya sea una sección del cuerpo de lente **12** o el cuerpo de lente **12** en su totalidad), se refieren a la potencia óptica dominante en ese elemento. Específicamente, un elemento óptico particular se dice que tiene potencia refractiva si en este elemento la potencia refractiva domina a la potencia difractiva, y el elemento óptico particular se dice que tiene potencia difractiva si en este elemento la potencia difractiva domina a la potencia refractiva. Si las potencias refractiva y la difractiva son comparables, se dice que el elemento tiene ambas potencias ópticas.

[0062] En algunas realizaciones de la presente invención la potencia difractiva de las zonas disminuye gradualmente a través de cada zona en la dirección radial r (a lo largo de esta especificación, los símbolos en

cursiva subrayado representan vectores). Esto se ilustra en la Figura 2B para el caso en el que la potencia difractiva de la zona es la potencia difractiva de primer orden. La ventaja de disminuir gradualmente la potencia difractiva es que proporciona visión intermedia a lo largo con visión cercana y a distancia. La disminución gradual de la potencia difractiva a través de cada zona se puede conseguir cambiando el patrón de difracción a través de la zona.

- 5 **[0063]** La potencia difractiva del dispositivo **10** es preferiblemente sustancialmente uniforme a través del cuerpo de lente **12**. Por ejemplo, en algunas realizaciones de la presente invención, cada zona puede tener la misma potencia refractiva, con desviaciones de menos del 10% o menos del 5%. Adicionalmente, la potencia refractiva de la zona puede ser sustancialmente uniforme a través de la sección refractiva de esta zona. El área refractiva efectiva total del cuerpo de lente **12** es preferiblemente pequeña. En algunas realizaciones de la presente invención el área refractiva efectiva es menos del 80% o mendo del 70% o menos del 60% del área efectiva total del cuerpo de lente.
- 10 **[0064]** La Figura 3 ilustra la definición geométrica de una zona **14** y un tramo **16** adyacente a la misma. Para la claridad de la presentación, la Figura 3 no ilustra el cuerpo de lente **12** completo, sin embargo, el centro del cuerpo de lente **12** se muestra como **30** para referencia.
- 15 **[0065]** El tramo **16** está caracterizado por un radio p_s (medido, por ejemplo, desde el centro **30** del cuerpo de lente **12** hasta centro del tramo a lo largo de la dirección radial r), una inclinación s (medida, por ejemplo, en relación al plano transversal que contiene el eje transversal **20**), una altura H (medida, por ejemplo, desde la base **28** del cuerpo de lente **12** hasta el pico **32** del tramo), y una anchura W_s (medida, por ejemplo, desde el pico **32** hasta el extremo **34** de la zona previa a lo largo de la dirección radial r).
- 20 **[0066]** La zona **14** está caracterizada por un radio p_z (medido, por ejemplo, desde el centro **30** del cuerpo de lente **12** hasta el centro de la zona a lo largo de la dirección radial r), una anchura W_z (medida, por ejemplo, desde la punta **32** hasta el comienzo **38** del siguiente tramo a lo largo de la dirección radial r) y una curvatura (no mostrada en la Figura 3). La altura H del tramo **16** también caracteriza la zona **14**.
- 25 **[0067]** En algunas realizaciones de la presente invención la inclinación s y la altura H de un tramo inclinado **16** particular son al menos funciones no crecientes del radio p_s . Por ejemplo, la inclinación y la altura pueden ser funciones decrecientes del radio. En otras palabras, en esta realización, los tramos están ordenados de tal forma que sus inclinaciones y alturas son decrecientes desde el centro hasta el borde. Como un ejemplo representativo para la disminución de la altura, las alturas pueden variar desde alrededor de 1,83 micrones en el centro del cuerpo de lente (donde el radio p_s es el más pequeño) a alrededor de 0,09 micrones en el borde el cuerpo de lente (donde p_s es el más grande). Como un ejemplo representativo para la disminución de la inclinación, las inclinaciones pueden variar de alrededor de 84° en el centro a alrededor de 25° en el borde.
- 30 **[0068]** Las funciones decrecientes del radio del radio pueden ser expresadas analíticamente. Sin embargo, desde un punto de vista práctico estas funciones pueden ser expresadas como tablas de búsqueda. Un ejemplo representativo de la mencionada tabla de búsqueda, para un cuerpo de lente teniendo 30 zonas y 30 tramos se proporciona en la sección de Ejemplo que sigue (ver Tabla 1).
- 35 **[0069]** En algunas realizaciones de la presente invención, los tramos **16** tienen generalmente la misma anchura W_s , con alrededor de un 10% o menos de desviación. Los ejemplos representativos para la anchura W del tramo **16** adecuados para las realizaciones de la presente invención incluyen anchuras que varían desde alrededor de 0,17 micrones a alrededor de 0,2 micrones, o de alrededor de 0,18 micrones a alrededor de 0,19 micrones, inclusive. En algunas realizaciones de la presente invención todos los tramos tienen anchuras que son o 0,18 micrones o 0,19 micrones.
- 40 **[0070]** Preferiblemente, las zonas **14** del cuerpo de lente **12** son sustancialmente iguales en área, con desviaciones de menos del 10% o menos del 5%. Esta realización es ventajosa ya que reduce o elimina los halos y el deslumbramiento.
- 45 **[0071]** En algunas realizaciones de la presente invención, el dispositivo **10** además comprende medio hápticos **36** acoplados al cuerpo de lente **12** (ver Figura 1A). Estas realizaciones son particularmente útiles cuando el dispositivo **10** es usado como un dispositivo de lente intraocular, en cuyo caso los medio hápticos **36** se pueden usar para colocar y opcionalmente anclar un dispositivo **10** en el ojo del sujeto.
- 50 **[0072]** El cuerpo de lente de las presentes realizaciones proporciona un alto nivel de transmisión de luz. En varias realizaciones ejemplares de la invención las zonas y tramos transmiten al menos un 75%, o al menos un 76%, o al menos un 77%, o al menos un 78%, o al menos un 79%, o al menos un 80% de luz incidente.
- [0073]** El uso de zonas y tramos de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención es particularmente útil desde el punto de vista del proceso de fabricación. Como los tramos son sustancialmente planos, la mecanización de las lentes es sustancialmente más simple en comparación con las lentes convencionales.
- 55 **[0074]** Ventajas adicionales del dispositivo de lente de las presentes realizaciones sobre las lentes correctoras de visión convencionales incluyen, sin limitación, anomalía reducida o inexistente del sistema óptico, halos y dispersión de luz reducidos o inexistentes, descentración tolerada y combinación de visión intermedia con visión lejana y

cercana. Además, cuando el dispositivo se usa como un dispositivo de lente intraocular o dispositivo de lente de contacto, su forma esférica encaja con la superficie de la cornea haciendo por lo tanto el dispositivo adecuado para muchos pacientes.

5 **[0075]** El dispositivo de lente de las presentes realizaciones puede ser fabricado por cualquier técnica conocida en la técnica. Generalmente, las presentes realizaciones forman en una sustancia una pluralidad de zonas anulares concéntricas separadas por tramos inclinados, en donde las zonas concéntricas efectúan tanto la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que los tramos están sustancialmente vacíos de cualquier potencia difractiva o refractiva. La sustancia en la que las zonas y los tramos se forman puede ser un cuerpo de lente sin procesar o parcialmente procesado, en cuyo caso la formación de zonas y tramos sirve para formar el dispositivo de lente
10 directamente. Alternativamente, la sustancia puede ser un molde, en cuyo caso la formación de zonas y tramos sirve para formar un molde de lente para la fabricación en masa de dispositivos de lente. En estas realizaciones, el dispositivo de lente puede ser encajonado usando el molde de lentes, como es conocido en la técnica.

[0076] La formación de zonas y tramos puede ser hecha por cualquier medio de fabricación conveniente, incluyendo, por ejemplo, un dispositivo de fabricación controlable por ordenador, molde o similar.

15 **[0077]** Un “dispositivo de fabricación controlable por ordenador” se refiere a un dispositivo que puede ser controlado por un sistema computarizado y que es capaz de producir directamente un cuerpo de lente o un molde para producir un dispositivo de lente. Cualquier dispositivo de fabricación controlable por ordenador conocido, adecuado se puede usar en esta invención. Dispositivos de fabricación controlables por ordenador ejemplares incluyen, pero no están limitados a, tornos máquinas rectificadoras y fresadoras, equipos de modelado, y laser. En
20 varias realizaciones ejemplares de la invención se usa una máquina de torno de Control Numérico Computarizado (CNC), como los tornos comercializados bajo los nombres comerciales DACTM visión, Optoform y CareTec.

[0078] La presente invención también contempla un método para tratar la visión de un sujeto con necesidad de ello. El método comprende implantar un dispositivo de lente multifocal en un ojo del sujeto, tratando de esta manera la visión del sujeto. El dispositivo de lente multifocal es preferiblemente el dispositivo **10** como se detalla
25 adicionalmente en la presente anteriormente. El método puede ser ejecutado, por ejemplo, durante o posteriormente a una cirugía de cataratas.

[0079] La palabra “ejemplar” se usa en la presente como significando “sirviendo como ejemplo, instancia o ilustración”. Cualquier realización descrita como “ejemplar” no tiene que ser interpretada necesariamente como preferente o ventajosa sobre otras realizaciones y/o excluir la incorporación de características de otras realizaciones.

30 **[0080]** La palabra “opcionalmente” se usa en la presente como significando “está provista en algunas realizaciones y no está provista en otras realizaciones”. Cualquier realización particular de la invención puede incluir una pluralidad de características “opcionales” a menos que las mencionadas características entren en conflicto.

[0081] Los términos “comprende”, “comprendiendo”, “incluye”, “incluyendo”, “teniendo” y sus conjugados significan “incluyendo pero no limitado a”.

35 **[0082]** El término “consiste de” significa “incluyendo y limitado a”.

[0083] El término “consistiendo esencialmente de” significa que la composición, método o estructura pueden incluir ingredientes, tramos y/o partes adicionales, pero sólo si los ingredientes, tramos y/o partes adicionales no alteran las características básicas y nuevas de la composición, método o estructura reivindicados.

40 **[0084]** Como se usa en la presente, la forma singular “un”, y “el” incluyen referencias plurales a menos que el contexto dicte claramente lo contrario. Por ejemplo, el término “un compuesto” o “al menos un compuesto” puede incluir una pluralidad de compuestos, incluyendo mezclas de los mismos.

45 **[0085]** A lo largo de esta solicitud, varias realizaciones de esta invención pueden estar presentadas en un formato de intervalos. Se entenderá que la descripción en formato de intervalos es meramente para la conveniencia y brevedad y no debe ser interpretada como una limitación inflexible del ámbito de la invención. Por lo tanto, la descripción de un intervalo debe ser considerada como que tiene divulgadas específicamente todos los posibles sub-intervalos así como los valores numéricos individuales dentro de ese intervalo. Por ejemplo, la descripción de un intervalo como de 1 a 6 debe ser considerada como que tiene específicamente divulgados los sub-intervalos como de 1 a 3, de 1 a 4, de 1 a 5, de 2 a 4, de 2 a 6, de 3 a 6, etc., así como los números individuales dentro del intervalo, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Esto se aplica sin tener en cuenta la amplitud del intervalo.

50 **[0086]** Cuando un intervalo numérico se indica en la presente, se entiende que incluye cualquier número citado (fraccional o integral) dentro del intervalo indicado. Las frases “variando/intervalo dentro de” una primer número indicado y un segundo número indicado y “variando/varia de” un primer número indicado “a” un segundo número indicado son usadas en la presente intercambiabilmente y se entiende que incluyen el primer y el segundo número indicados y todas los números integrales y fraccionales entre ellos.

5 **[0087]** Se aprecia que ciertas características de la invención, que están, por claridad, descritas en el contexto de realizaciones separadas, pueden ser también proporcionadas en combinación con una única realización. A la inversa, varias características de la invención, que están, por brevedad, descritas en el contexto de una única realización, pueden ser también proporcionadas separadamente o en una sub-combinación adecuada o como adecuadas en otras realizaciones descritas de la invención. Ciertas características descritas en el contexto de varias realizaciones no están consideradas características esenciales de esas realizaciones, a menos que la realización sea inoperativa sin esos elementos.

[0088] Varias realizaciones y aspectos de la presente invención como se ha delineado anteriormente y como se reivindica en la sección de reivindicaciones más adelante encuentran soporte experimental en el siguiente ejemplo.

10 EJEMPLO

[0089] Se hace referencia ahora al siguiente ejemplo, que junto con las descripciones anteriores ilustra algunas realizaciones de la invención de una forma no limitativa.

[0090] Se diseñó un dispositivo de lente prototipo de acuerdo a varias realizaciones ejemplares de la presente invención. El dispositivo de lente incluía 30 zonas y tramos.

15 **[0091]** La Figura 5A ilustra la zona central (más interior) (referida como zona 1), y la Figura 5B ilustra la zona periférica (más exterior) (referida como zona 30). Como se muestra, la zona 1 tiene una altura de tramo $H = 1,83$ micrones y una inclinación $s = 84^\circ$, y la zona 30 tiene una altura de tramo $H = 0,09$ micrones y una inclinación $s = 25^\circ$. Ambas zonas muestran potencia difractiva para la visión cercana y potencia refractiva para la visión de lejos.

20 **[0092]** Los valores de la altura de tramo H , inclinación de tramo s y anchura de tramo W_s para cada uno de los 30 tramos está resumida en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1

Zona Nº	Altura de tramo [µm]	Inclinación de tramo [grados]	Anchura de tramo [µm]
1	1,83	84	0,19
2	1,77	84	0,19
3	1,71	84	0,18
4	1,64	83	0,19
5	1,57	83	0,19
6	1,51	83	0,19
7	1,45	83	0,19
8	1,40	83	0,18
9	1,32	82	0,18
10	1,26	81	0,19
11	1,19	81	0,18
12	1,16	81	0,19
13	1,09	80	0,19
14	1,01	80	0,18
15	0,94	79	0,19
16	0,90	79	0,18
17	0,90	79	0,18
18	0,82	77	0,19
19	0,77	76	0,19
20	0,70	75	0,19
21	0,64	73	0,19
22	0,60	72	0,19
23	0,51	70	0,19
24	0,46	68	0,19
25	0,41	65	0,19
26	0,36	62	0,19
27	0,30	58	0,19
28	0,20	46	0,19
29	0,14	36	0,19
30	0,09	25	0,19

[0093] A pesar de que la invención ha sido descrita en conjunción con realizaciones específicas de la misma, es evidente que serán aparentes para aquellos expertos en la técnica muchas alternativas, modificaciones y variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de lente multifocal (10) que comprende:

un cuerpo de lente (12) que está formado con una pluralidad de zonas anulares concéntricas (14) que tienen superficies separadas por tramos inclinados (16) que tienen superficies,

5 en donde las mencionadas superficies de las mencionadas zonas concéntricas (14) efectúan tanto la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que las mencionadas superficies de los mencionados tramos (16) están adecuadamente vacías de cualquier potencia difractiva o refractiva; y

10 en donde al menos una zona (24) de la mencionada pluralidad de zonas concéntricas (14) tiene un patrón de difracción formado en una superficie respectiva (24), de tal forma que una potencia difractiva de la mencionada superficie (24) disminuye gradualmente a través de la mencionada superficie (24).

2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el mencionado cuerpo de lente está constituido como un dispositivo seleccionado de un grupo consistente de una lente intraocular oftálmica, una lente de contacto y una lente de gafa.

3. Un método para producir una lente multifocal, que comprende:

15 formar, en una sustancia una pluralidad de zonas anulares concéntricas (14) que tienen superficies separadas por tramos inclinados (16) que tienen superficies,

en donde las mencionadas superficies de las mencionadas zonas concéntricas (14) efectúan tanto la difracción como la refracción de la luz incidente, mientras que las mencionadas superficies de los mencionados tramos (16) están sustancialmente vacías de cualquier potencia difractiva o refractiva; y

20 en donde al menos una zona (24) de la mencionada pluralidad de zonas concéntricas (14) tiene un patrón de difracción formado en una superficie respectiva (24), de tal forma que una potencia difractiva de la mencionada superficie disminuye gradualmente a través de la mencionada superficie (24).

4. El método de la reivindicación 3, en donde la mencionada sustancia es un cuerpo de lente, y el método sirve para formar un dispositivo de lente.

25 5. El método de la reivindicación 3, en donde la mencionada sustancia es un molde y el método sirve para formar un molde de lentes para la fabricación en masa de dispositivos de lente.

6. El dispositivo o método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 3, en donde cada tramo de los mencionados tramos está **caracterizado por** un radio, una inclinación y una altura, y en donde la mencionada inclinación y la mencionada altura son al menos funciones no crecientes del mencionado radio.

30 7. El dispositivo o método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3 y 6, en donde el mencionado cuerpo de lente tiene un perfil asférico.

8. El dispositivo o método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3, 6 y 7, en donde la mencionada pluralidad de zonas concéntricas comprende al menos 20 zonas concéntricas.

9. El dispositivo o método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3, y 6-8, en donde cada tramo de los mencionados tramos tiene una anchura que es de alrededor de 0,17 micrones a alrededor de 0,2 micrones.

35 10. El dispositivo o método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3 y 9, en donde las mencionadas alturas varían de alrededor de 1,83 micrones en el mencionado centro a alrededor de 0,09 micrones en el mencionado borde.

11. El dispositivo o método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 3, y 6-10, en donde las mencionadas inclinaciones varían de alrededor de 84° en el mencionado centro a alrededor de 25° en el mencionado borde.

40 12. El dispositivo de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 6-11, en donde una potencia refractiva es sustancialmente uniforme a través del mencionado cuerpo de lente.

13. El dispositivo de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 6-12, en donde las mencionadas zonas son sustancialmente iguales en área.

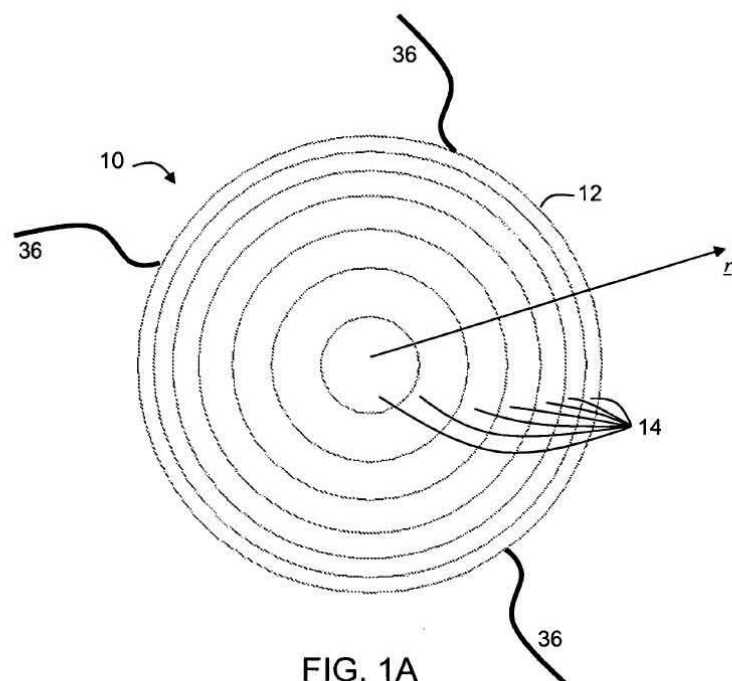


FIG. 1A

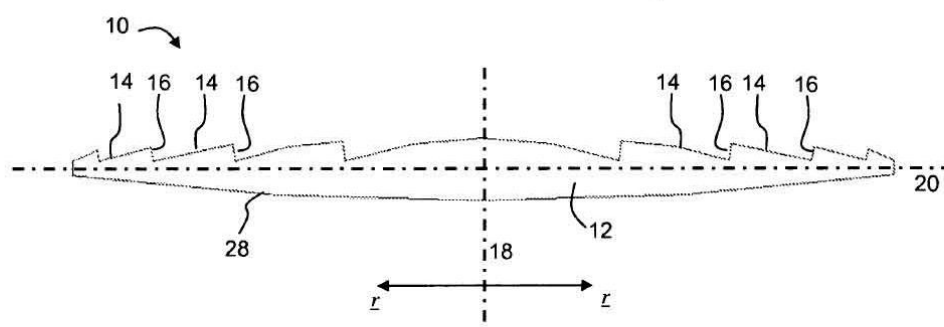


FIG. 1B

FIG. 2A

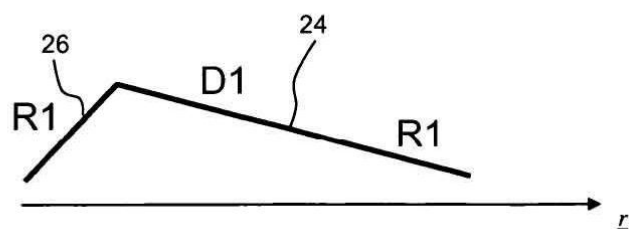


FIG. 2B

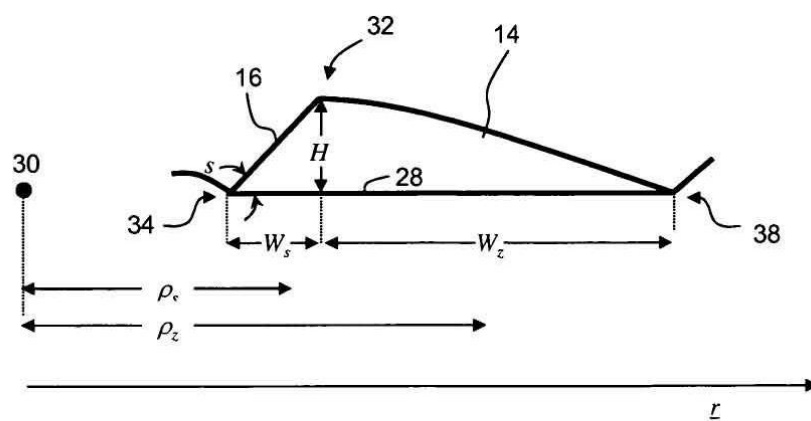
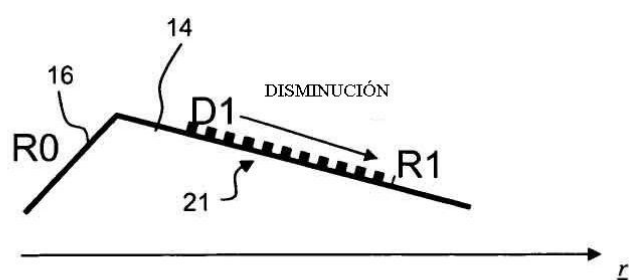


FIG. 3

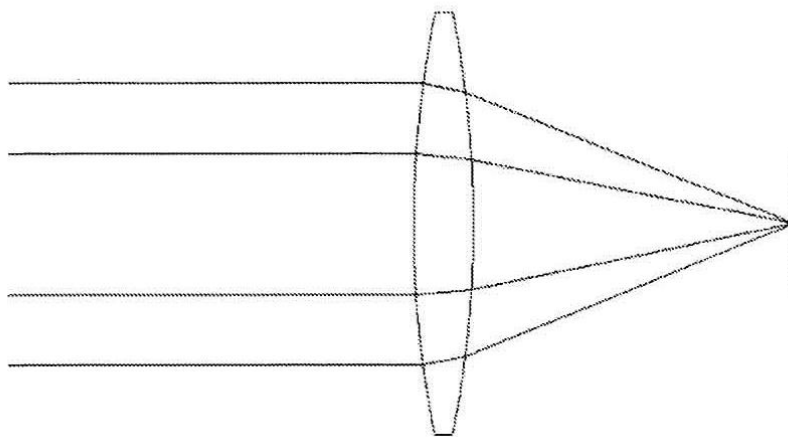


FIG. 4

FIG. 5A

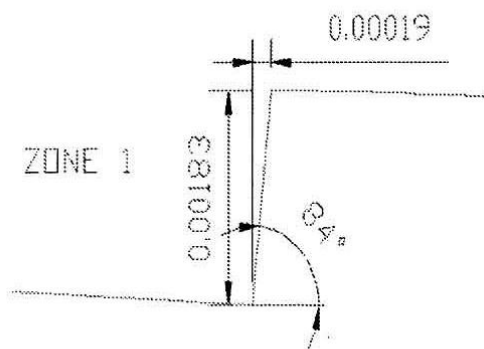


FIG. 5B

