

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 504**

51 Int. Cl.:

G02C 7/06 (2006.01)

G02C 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2019** **PCT/EP2019/058152**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2019** **WO19206569**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2019** **E 19715077 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023** **EP 3785072**

54 Título: **Elemento de lente**

30 Prioridad:

26.04.2018 EP 18305527

01.03.2019 WO PCT/EP2019/055222

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.06.2024

73 Titular/es:

ESSILOR INTERNATIONAL (100.0%)

147 rue de Paris

94220 Charenton-Le-Pont, FR

72 Inventor/es:

GUILLOT, MATTHIEU;

FERMIGIER, BRUNO y

PELOUX, MARIUS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 973 504 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Elemento de lente

5 Campo técnico

La invención se refiere a un elemento de lente destinado a ser usado delante de un ojo de una persona para suprimir la progresión de refracciones anómalas del ojo, tales como miopía o hipermetropía.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La miopía de un ojo está caracterizada por el hecho de que el ojo enfoca los objetos distantes frente a su retina. La miopía se corrige normalmente usando una lente cóncava y la hipermetropía se corrige normalmente usando una lente convexa.

15 Se ha observado que algunos individuos, cuando se les aplica una corrección usando lentes ópticas monofocales convencionales, en particular los niños, enfocan de manera imprecisa cuando observan un objeto que está situado a una distancia corta, es decir, en condiciones de visión cercana. Debido a este defecto de enfoque en la parte de un niño miope que tiene corregida su visión lejana, la imagen de un objeto cercano se forma también detrás de su retina, incluso en la zona foveal.

Dicho defecto de enfoque puede tener un impacto en la progresión de la miopía de dichos individuos. Puede observarse que, para la mayoría de dichos individuos, el defecto de miopía tiende a aumentar con el tiempo.

25 Por lo tanto, parece que existe la necesidad de un elemento de lente que suprima o al menos ralentice la progresión de las refracciones anómalas del ojo, tales como miopía o hipermetropía.

Los siguientes documentos constituyen el estado de la técnica relevante para la presente invención: US 2017/131567 A1, US 2012/062836 A1, WO 2015/147758 A1 y US 2015/124212 A1

30 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Con este fin, la invención propone un elemento de lente destinado a ser usada delante de un ojo de un usuario, que comprende:

- 35 • una porción de prescripción configurada para proporcionar al usuario en condiciones de uso estándar una primera potencia óptica basada en la prescripción del usuario para corregir una refracción anómala de dicho ojo del usuario, y
- 40 • una pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos, en los que cada elemento óptico tiene una función óptica simultáneamente bifocal que proporciona simultáneamente:
 - una segunda función óptica en condiciones de uso estándar y
 - 45 • una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar, a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo.

50 Ventajosamente, disponer de una pluralidad de elementos ópticos contiguos que proporcionan simultáneamente una segunda y una tercera función óptica, permite disponer de unos elementos de lente fáciles de configurar que reducen la progresión de refracciones anómalas del ojo, tales como la miopía o la hipermetropía, haciendo que parte de la luz se enfoque en la retina del usuario y parte de la luz se enfoque delante o detrás de la retina del usuario.

Potencialmente, el elemento de lente según la invención puede permitir, además, seleccionar la parte de la luz que debe enfocarse en la retina y la parte de la luz que no debe enfocarse en la retina del ojo.

55 Según otras realizaciones que pueden considerarse aisladamente o en combinación:

- 60 • la potencia óptica de la segunda función óptica en condiciones de uso estándar es inferior o igual a 0,25 dioptrías; y/o
- cada elemento óptico tiene un eje óptico; y/o
- el elemento de lente es un elemento de lente con bordes destinado a ser montado en una montura de gafa y toda la superficie de al menos una cara del elemento de lente está cubierta por la pluralidad de elementos ópticos contiguos; y/o

- al menos una parte de la porción de prescripción no comprende elementos ópticos, por ejemplo, la zona de la porción de prescripción alrededor del centro óptico del elemento de lente; y/o
- 5 • la porción de prescripción está formada como la porción distinta de las porciones formadas como la pluralidad de elementos ópticos; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están dispuestos según una matriz predefinida, por ejemplo, una matriz cuadrada o hexagonal en al menos una de las superficies del elemento de lente; y/o
- 10 • al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están dispuestos a lo largo de una pluralidad de anillos concéntricos; y/o
- 15 • al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados en la superficie frontal del elemento de lente; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados en la superficie posterior del elemento de lente; y/o
- 20 • al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están situados entre la superficie frontal y la superficie posterior del elemento de lente; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos están hechos de un material birrefringente; y/o
- 25 • al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos son lentes difractivas; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos son lentes π -Fresnel; y/o
- 30 • al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de las lentes difractivas comprende una estructura de metasuperficie; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos son componentes binarios multifocales; y/o
- 35 • al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos son lentes pixeladas; y/o
- la diferencia entre la potencia óptica de la segunda función óptica y la potencia óptica de la tercera función óptica es mayor o igual a 0,5D; y/o
- 40 • la diferencia entre la potencia óptica de la primera función óptica y la potencia óptica de la tercera función óptica es mayor o igual a 0,5D; y/o
- 45 • al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tiene una forma configurada para crear una cáustica delante de la retina del ojo de la persona; y/o
- al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos tiene una función óptica que comprende aberraciones ópticas de alto orden; y/o
- 50 • el elemento de lente comprende una lente oftálmica que lleva la porción de prescripción y un elemento acoplable que lleva la pluralidad de elementos ópticos contiguos adaptados para ser fijados de forma desmontable a la lente oftálmica cuando se usa el elemento de lente.
- 55 La invención también se refiere a un procedimiento para proporcionar un elemento de lente destinado a ser usado delante de un ojo de un usuario según la invención, en el que el procedimiento comprende los pasos de:
 - proporcionar un componente de lente configurado para proporcionar al usuario en condiciones de uso estándar una primera potencia refractiva basada en la prescripción para el usuario para corregir una refracción anómala de dicho ojo del usuario,
 - 60 • proporcionar un parche óptico que comprenda una pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos,

- formar un elemento de lente mediante la colocación del parche óptico en una de las superficies frontal o posterior del componente de lente,

en el que cada elemento óptico tiene una función óptica simultáneamente bifocal que proporciona simultáneamente cuando dicho parche se coloca sobre una de las superficies del componente de lente, y, por ejemplo, un eje óptico:

- una segunda función óptica en condiciones de uso estándar y

- una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar, a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo.

La invención se refiere, además, a un procedimiento para proporcionar un elemento de lente destinado a ser usado delante de un ojo de un usuario según la invención, en el que el procedimiento comprende el paso de moldear el elemento de lente y durante el paso de moldeado proporcionar un parche óptico que comprende una pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos teniendo cada elemento óptico una función óptica simultáneamente bifocal que proporciona simultáneamente cuando dicho elemento de lente se usa delante de dicho ojo del usuario, y, por ejemplo, un eje óptico:

- una segunda función óptica en condiciones de uso estándar y

- una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar, a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Ahora se describirán realizaciones no limitantes de la invención con referencia al dibujo adjunto en el que:

- la figura 1a es una vista, en planta, de un elemento de lente según la invención;
- la figura 1b es una vista de perfil general de un elemento de lente según la invención;
- la figura 2 representa un ejemplo de un elemento de lente cubierto por una pluralidad de elementos ópticos contiguos de tipo Fresnel;
- la figura 3 representa un ejemplo de un primer perfil radial de lente difractiva;
- la figura 4 representa un ejemplo de un segundo perfil radial de lente difractiva;
- la figura 5 ilustra un perfil radial de lente π -Fresnel;
- las figuras 6a y 6b ilustran eficiencias de difracción de un perfil de lente π -Fresnel en función de la longitud de onda y
- las figuras 7a a 7c ilustran una realización de lente binaria de la invención.

Los elementos de las figuras se ilustran por simplicidad y claridad y no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos de la figura pueden estar exageradas en relación con otros elementos para ayudar a mejorar la comprensión de las realizaciones de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES DE LA INVENCION

La invención se refiere a un elemento de lente, en particular, a un elemento de lente destinado a ser usado delante del ojo de una persona.

En el resto de la descripción, pueden utilizarse términos como "arriba", "abajo", "horizontal", "vertical", "encima", "debajo", "delante", "detrás" u otros términos que indiquen una posición relativa. Estos términos deben entenderse en las condiciones de uso del elemento de lente.

En el contexto de la presente invención, los términos "elemento de lente" puede referirse a una lente de contacto, una lente óptica sin cortar o una lente óptica con bordes para gafa, para encajar en una montura de gafa específica o una lente oftálmica y un dispositivo óptico adaptados para colocarse sobre la lente oftálmica. El dispositivo óptico puede colocarse en la superficie frontal o posterior de la lente oftálmica. El dispositivo óptico puede ser un parche óptico. El dispositivo óptico puede estar adaptado para colocarse, de manera desmontable, en la lente oftálmica, por ejemplo, un elemento acoplable configurado para acoplarse en una montura de gafa que comprende la lente oftálmica.

Un elemento de lente 10 según la invención está adaptado para una persona y está destinado a ser usado delante de un ojo de dicha persona.

5 Tal como se representa en la figura 1a, un elemento de lente 10 según la invención comprende:

- una porción de prescripción 12, y
- una pluralidad de elementos ópticos contiguos 14.

10 La porción de prescripción 12 está configurada para proporcionar al usuario en condiciones de uso estándar una primera función óptica basada en la prescripción del ojo del usuario para corregir una refracción anómala de dicho ojo del usuario.

15 Por condiciones de uso se entiende la posición del elemento de lente en relación con el ojo de un usuario, definida, por ejemplo, por un ángulo pantoscópico, una distancia de la córnea a la lente, una distancia pupila-córnea, una distancia del centro de rotación del ojo (CRE) a la pupila, una distancia del CRE a la lente y un ángulo de envoltura.

20 La distancia de la córnea a la lente es la distancia a lo largo del eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse horizontal) entre la córnea y la superficie posterior de la lente; por ejemplo, igual a 12 mm.

La distancia pupila-córnea es la distancia a lo largo del eje visual del ojo entre su pupila y la córnea; suele ser igual a 2 mm.

25 La distancia del CRE a la pupila es la distancia a lo largo del eje visual del ojo entre su centro de rotación (CRE) y la córnea; por ejemplo, igual a 11,5 mm.

La distancia del CRE a la lente es la distancia a lo largo del eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse horizontal) entre el CRE del ojo y la superficie posterior de la lente; por ejemplo, igual a 25,5 mm.

30 El ángulo pantoscópico es el ángulo en el plano vertical, en la intersección entre la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse horizontal), entre la normal a la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria; por ejemplo, igual a -8°.

35 El ángulo de envoltura es el ángulo en el plano horizontal, en la intersección entre la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria (que suele considerarse horizontal), entre la normal a la superficie posterior de la lente y el eje visual del ojo en la posición primaria; por ejemplo, igual a 0°.

40 Un ejemplo de condición de usuario estándar puede definirse por un ángulo pantoscópico de -8°, una distancia de la córnea a la lente de 12 mm, una distancia pupila-córnea de 2 mm, una distancia del CRE a la pupila de 11,5 mm, una distancia del CRE a la lente de 25,5 mm y un ángulo de envoltura de 0°.

45 El término "prescripción" debe entenderse como un conjunto de características ópticas de potencia óptica, de astigmatismo, de desviación prismática, determinadas por un oftalmólogo u optometrista con el fin de corregir los defectos de visión del usuario, por ejemplo, mediante una lente colocada delante de su ojo. Por ejemplo, la prescripción para un ojo miope comprende los valores de potencia óptica y de astigmatismo con un eje para la visión de lejos.

50 Cada elemento óptico 14 de la pluralidad de elementos ópticos contiguos tiene una función óptica simultáneamente bifocal y, por ejemplo, un eje óptico.

Las funciones ópticas de cada elemento óptico 14 pueden ser diferentes entre sí.

La función óptica simultáneamente bifocal proporciona simultáneamente:

- 55
- una segunda función óptica en condiciones de uso estándar, y
 - una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar, a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo.

60 La segunda y tercera funciones ópticas difieren al menos en que las potencias ópticas que proporcionan son diferentes entre sí. En el sentido de la invención, dos potencias ópticas son diferentes si el valor absoluto de la diferencia entre estas dos potencias es superior o igual a 0,1D.

65 En el contexto de la presente invención, dos elementos ópticos deben considerarse contiguos si existe una trayectoria que une los dos elementos ópticos a lo largo de la cual se puede medir en condiciones de uso estándar al menos una

potencia óptica diferente de la potencia óptica basada en la prescripción del usuario para corregir una refracción anómala del ojo del usuario.

Cada elemento óptico de la pluralidad de elementos ópticos contiguos es transparente en todo el espectro visible.

Como se ilustra en la figura 1b, un elemento de lente 10 según la invención comprende una superficie del lado del objeto F1, por ejemplo, formada como una superficie curvada convexa hacia un lado del objeto, y una superficie del lado del ojo F2, por ejemplo, formada como una superficie cóncava que tiene una curvatura diferente a la curvatura de la superficie del lado del objeto F1.

Según una realización de la invención, al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos están situados en la superficie frontal del elemento de lente.

Al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos pueden estar situados en la superficie posterior de la lente oftálmica.

Al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos pueden estar situados entre las superficies frontal y posterior del elemento de lente. Por ejemplo, el elemento de lente puede comprender zonas de diferente índice de refracción que forman los elementos ópticos contiguos.

Según una realización de la invención, el elemento de lente puede comprender una lente oftálmica que lleva la zona de refracción y un elemento acoplable que lleva la pluralidad de elementos ópticos contiguos adaptados para ser fijados de forma desmontable a la lente oftálmica cuando se usa el elemento de lente. Ventajosamente, cuando la persona se encuentra en un entorno lejano, en el exterior por ejemplo, la persona puede separar el elemento acoplable de la lente oftálmica y eventualmente sustituirlo por un segundo elemento acoplable libre de elementos ópticos contiguos. Por ejemplo, el segundo elemento acoplable puede tener un tinte solar. La persona también puede utilizar la lente oftálmica sin ningún elemento acoplable adicional.

Los elementos ópticos contiguos pueden añadirse al elemento de lente independientemente en cada superficie del elemento de lente.

Al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos pueden estar en una matriz definida, por ejemplo una matriz que comprenda celdas idénticas de forma cuadrada o hexagonal o una matriz que comprenda celdas situadas aleatoriamente.

Ventajosamente, los inventores han observado que para una densidad dada de elementos ópticos, tener al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos dispuestos a lo largo de una pluralidad de anillos concéntricos aumenta la agudeza global del elemento de lente. Por ejemplo, tener la distancia D entre dos anillos concéntricos adyacentes de elementos ópticos superior a 2,00 mm permite gestionar un área de refracción mayor entre estos anillos de elementos ópticos y, por lo tanto, proporciona una mejor agudeza visual.

El elemento óptico contiguo puede cubrir zonas específicas del elemento de lente, como en el centro o en cualquier otra zona del elemento de lente.

Según una realización, el centro del elemento de lente puede estar libre de elementos ópticos. Por ejemplo, un disco centrado en la cruz de ajuste y con un radio superior a 1,5 mm, por ejemplo superior a 2 mm e inferior a 5 mm, puede estar libre de elementos ópticos contiguos.

Diferentes partes del elemento de lente pueden estar libres de elementos ópticos contiguos dependiendo de los requisitos de diseño.

Según una realización de la invención, la porción de prescripción se forma como la porción distinta de las porciones formadas como la pluralidad de elementos ópticos.

Según una realización de la invención, el elemento de lente es una lente de contacto destinada a ser montada en el ojo del usuario, y toda la superficie de la cara del objeto del elemento de lente está cubierta con la pluralidad de elementos ópticos contiguos.

Según una realización preferente de la invención, el elemento de lente es un elemento de lente con bordes destinado a ser montado en una montura de gafa y toda la superficie de al menos una cara del elemento de lente está cubierta con la pluralidad de elementos ópticos contiguos.

Un ejemplo de tal realización se ilustra en la figura 2, donde una cara del elemento de lente está totalmente cubierta con una pluralidad de elementos ópticos contiguos de tipo Fresnel.

Tal realización permite una fabricación más fácil que con elementos ópticos discontinuamente dispersos en la superficie del elemento de lente.

5 La potencia óptica de la segunda función óptica en condiciones de uso estándar puede ser menor o igual a 0,25 dioptrías, por ejemplo menor o igual a 0,1 dioptrías. Según una realización de la invención, la potencia óptica de la segunda función óptica puede ser igual a 0 dioptrías.

10 Por lo tanto, cada elemento óptico combinado con la porción de prescripción puede proporcionar dos potencias ópticas en condiciones de uso estándar. La potencia óptica correspondiente a la primera y segunda funciones ópticas proporciona una potencia óptica próxima a la potencia óptica prescrita, es decir, con una diferencia menor o igual a 0,25 dioptrías.

15 La potencia óptica correspondiente a la primera y tercera funciones ópticas proporciona una potencia óptica que enfoca el rayo de luz a una posición distinta a la retina del ojo.

La densidad del elemento óptico contiguo o la cantidad de potencia pueden ajustarse en función de las zonas del elemento de lente. Habitualmente, el elemento óptico contiguo puede colocarse en la periferia del elemento de lente, para aumentar el efecto del elemento óptico contiguo en el control de la miopía, a fin de compensar el desenfoque periférico debido a la forma periférica de la retina, por ejemplo.

20 Según una realización preferente de la invención, cada zona circular que tiene un radio comprendido entre 2 y 4 mm que comprende un centro geométrico situado a una distancia del centro óptico del elemento de lente superior o igual a dicho radio +5mm, la relación entre la suma de las áreas de las partes de elementos ópticos situados dentro de dicha zona circular y el área de dicha zona circular está comprendida entre el 20 % y el 70 %.

25 Los elementos ópticos contiguos pueden fabricarse utilizando diferentes tecnologías, como el revestimiento directo, moldeo, fundición o inyección, gofrado, formación de película o fotolitografía, etc. Según la invención, la fotolitografía puede ser particularmente ventajosa en particular si una de las superficies del elemento de lente es plana.

30 Según una realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos tiene una forma configurada de manera que crea una cáustica delante de la retina del ojo de la persona. En otras palabras, dicho elemento óptico no contiguo está configurado de modo que cada plano de sección en el que se concentra el flujo luminoso, si lo hay, está situado delante de la retina del ojo de la persona.

35 Según la invención, los elementos ópticos contiguos tienen una función óptica refractiva multifocal.

En el sentido de la invención, un elemento óptico es una "microlente refractiva multifocal" que incluye una cara bifocal, es decir, con dos potencias superficiales, trifocales, es decir, con tres potencias superficiales, cara de adición progresiva, con potencia superficial continuamente variable, por ejemplo, que comprende una superficie esférica.

40 Según una realización de la invención, al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos están hechos de una pluralidad de materiales. En particular, el índice de refracción de los elementos ópticos puede ser diferente del índice de refracción del material del elemento de lente.

45 Según una realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos está hecho de un material birrefringente. En otras palabras, el elemento óptico está hecho de un material que tiene un índice de refracción que depende de la polarización y de la dirección de propagación de la luz. La birrefringencia puede cuantificarse como la diferencia máxima entre los índices de refracción que presenta el material.

50 Según la invención, los elementos ópticos son lentes difractivas.

En un ejemplo no cubierto, al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos son elementos ópticos pixelados, tales como lentes pixeladas, en las que un pixel de cada dos está asociado a una de cada función óptica. Ejemplos de lentes pixeladas se dan a conocer en Eyal Ben-Eliezer, Emanuel Marom, Naim Konforti y Zeev Zalevsky. Experimental realization of an imaging system with an extended depth of field. Appl. Opt., 44(14): 2792-2798, Mayo de 2005.

60 Según una realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos tiene discontinuidades, tales como una superficie discontinua, por ejemplo superficies de Fresnel y/o que tienen un perfil de índice de refracción con discontinuidades.

La figura 3 representa un ejemplo de un primer perfil radial de lente difractiva de un elemento óptico contiguo que puede utilizarse para la invención.

65 La figura 4 representa un ejemplo de un segundo perfil radial de lente difractiva de un elemento óptico contiguo que puede utilizarse para la invención.

La lente difractiva puede ser una lente de Fresnel cuya función de fase $\psi(r)$ tiene π saltos de fase a la longitud de onda nominal λ_0 , como se ve en la figura 5. Estas estructuras pueden denominarse "lentes π -Fresnel" en aras de la claridad, a diferencia de las lentes de Fresnel unifocales cuyos saltos de fase son valores múltiplos de 2π . La lente π -Fresnel, cuya función de fase se muestra en la figura 5, difracta la luz principalmente en dos órdenes de difracción (orden 0 y +1) asociados a potencias dióptricas $P(\lambda_0) = 0 \text{ D}$ y una positiva, por ejemplo $P(\lambda_0) = 3 \text{ D}$, con $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$.

Una ventaja de este diseño es que el orden de difracción dedicado a la prescripción del usuario no es cromático, mientras que el utilizado para proporcionar la tercera función óptica para ralentizar la progresión de la miopía es muy cromático.

Un tamaño habitual para el elemento óptico es mayor o igual a 2 mm y menor o igual a 2,5 mm. De hecho, los inventores han observado que es ventajoso mantener un tamaño del elemento óptico menor que el tamaño de la pupila del ojo del usuario.

Por ejemplo, la eficiencia de difracción de los órdenes 0 y +1 es de aproximadamente el 40 % a la longitud de onda nominal λ_0 .

Para aumentar la eficiencia del orden de difracción correspondiente a la prescripción del usuario se puede considerar lo siguiente:

Para aumentar la eficiencia del orden de difracción 0 se puede disminuir el valor de λ_0 . La figura 6a muestra las eficiencias de difracción con $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$ y la figura 6b muestra las eficiencias de difracción si $\lambda_0 = 400 \text{ nm}$. Se puede observar que en este caso, la eficiencia de difracción de orden 0 es generalmente mayor, mientras que la eficiencia de orden +1 es menor, en todo el espectro visible. En este caso, la potencia dióptrica de la función de fase refractiva a la que aplicamos los saltos de fase debería ser igual a $1,5 \cdot 400 / 550 \approx 1,1 \text{ D}$ para $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$ en lugar de $1,5 \text{ D}$ en la figura 6a. El resultado es un ensanchamiento de los anillos de la Figura 5.

Además o alternativamente, se puede poner a cero un anillo de cada dos de las configuraciones ilustradas en la Figura 5. En este caso, la función bifocal simultánea sigue existiendo debido a los anillos de Fresnel restantes, mientras que los anillos puestos a 0 inducen una proporción más importante de potencia dióptrica 0 D .

Se puede considerar, además, la aplicación de estructuras de Fresnel hechas de dos materiales con dos índices de refracción diferentes y números de Abbe distintos para obtener la función de fase de la figura 5 en $\lambda = \lambda_0$ y obtener eficiencias más homogéneas en el espectro visible y/o privilegiar uno de los dos órdenes de difracción principales con respecto al otro.

Podrían considerarse otras combinaciones con estructuras de Fresnel superpuestas.

Según una realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos es un componente binario multifocal, por ejemplo, lentes binarias multifocales. La lente binaria puede tener un perfil radial con una altura de discontinuidad de aproximadamente $1 \text{ }\mu\text{m}$.

Por ejemplo, una estructura binaria, como la representada en la figura 7a, muestra principalmente dos potencias dióptricas, denotadas como $-P/2$ y $P/2$ y correspondientes a dos órdenes de difracción principales. Cuando se asocia a una estructura refractiva como la mostrada en la Figura 7b, cuya potencia dióptrica es $P/2$, la estructura final representada en la Figura 7c tiene potencias dióptricas 0 D y P . El caso ilustrado se asocia a $P=3 \text{ D}$.

Ventajosamente, la eficiencia de difracción de los órdenes -1 y 1 es de aproximadamente el 40 % a la longitud de onda nominal, además, la eficiencia de difracción se mantiene alta en todo el espectro visible, habitualmente por encima del 35 %.

Según una realización de la invención, al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de las lentes difractivas comprende una estructura de metasuperficie también denominada metalente.

Por ejemplo, el elemento de lente puede comprender una matriz de metalentes simultáneamente bifocales de potencia dióptrica P_1 , P_2 con $P_1 = 0 \text{ D}$ y con un cromatismo controlado.

Habitualmente, $P_1 = 0 \text{ D}$ puede ser acromática, es decir, tener el mismo foco para cada longitud de onda, o parcialmente acromática.

El cromatismo de P_2 puede controlarse ventajosamente, por ejemplo la distancia focal y la eficiencia, en función de las longitudes de onda.

El cromatismo de cada metalente puede ser diferente en función de la posición del metalente en la superficie del elemento de lente, zona de visión cercana, intermedia o lejana.

Cada metalente puede estar formada por una matriz de elementos de sublongitud de onda:

5 Por ejemplo, los elementos de sublongitud de onda pueden tener cualquier forma, tal como circular, rectangular o elíptica, cualquier dimensión, pueden ser equidistantes, alineados todos en la misma dirección o en rotación unos con otros.

Los elementos de sublongitud de onda de la metalente deben estar hechos de material altamente dieléctrico.

10 Cada metalente puede estar formada por una combinación de "submetalentes". Por ejemplo, las propiedades bifocales pueden obtenerse en función de la longitud de onda mediante multiplexación espacial o apilamiento de varias submetalentes.

15 Las propiedades bifocales pueden obtenerse en función de la polarización mediante multiplexación espacial o apilamiento de varias submetalentes.

20 Según una realización de la invención, al menos uno, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos contiguos tiene una función óptica con aberraciones ópticas de alto orden. Por ejemplo, el elemento óptico es una microlente compuesta por una superficie continua definida por polinomios de Zernike.

La invención se ha descrito anteriormente con la ayuda de realizaciones sin limitación del concepto inventivo general.

25 Muchas otras modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia al hacer referencia a las realizaciones ilustrativas anteriores, que se ofrecen sólo a modo de ejemplo y que no pretenden limitar el alcance de la invención, que se determina únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

30 En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o pasos, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que se reciten características diferentes en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no pueda utilizarse ventajosamente una combinación de estas características. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como una limitación del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Elemento de lente adaptado a un usuario y destinado a ser usado delante de un ojo de dicho usuario que comprende:
 - una porción de prescripción configurada para proporcionar al usuario en condiciones de uso estándar una primera función óptica basada en la prescripción del usuario para corregir una refracción anómala de dicho ojo del usuario, y
 - una pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos, en la que cada elemento óptico difractivo tiene una función óptica simultáneamente bifocal que proporciona simultáneamente:
 - una segunda función óptica en condiciones de uso estándar, y
 - una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar, a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo, de modo que cada uno de los elementos ópticos difractivos combinados con la porción de prescripción proporciona dos potencias ópticas en condiciones de uso estándar.
2. Elemento de lente, según la reivindicación 1, en el que la potencia óptica de la segunda función óptica en condiciones de uso estándar es menor o igual a 0,25 dioptrías.
3. Elemento de lente según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de lente es un elemento de lente con bordes destinado a ser montado en una montura de gafa y toda la superficie de al menos una cara del elemento de lente está cubierta con la pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos.
4. Elemento de lente, según la reivindicación anterior, en el que al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos difractivos están dispuestos a lo largo de una pluralidad de anillos concéntricos.
5. Elemento de lente, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos difractivos están situados en la superficie frontal del elemento de lente
6. Elemento de lente, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos difractivos están hechos de un material birrefringente.
7. Elemento de lente, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos difractivos son lentes π -Fresnel
8. Elemento de lente, según la reivindicación anterior, en el que al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de la pluralidad de elementos ópticos difractivos son lentes difractivas que comprenden una estructura de metasuperficie.
9. Elemento de lente, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte, por ejemplo la totalidad, de los elementos ópticos difractivos son componentes binarios multifocales.
10. Elemento de lente, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la diferencia entre la potencia óptica de la segunda función óptica y la potencia óptica de la tercera función óptica es mayor o igual a 0,5D.
11. Elemento de lente, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la diferencia entre la potencia óptica de la primera función óptica y la potencia óptica de la tercera función óptica es mayor o igual a 0,5D.
12. Procedimiento para proporcionar un elemento de lente destinado a ser usado delante de un ojo de un usuario, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende los pasos de:
 - proporcionar un elemento de lente configurado para proporcionar al usuario en condiciones de uso estándar una primera potencia refractiva basada en la prescripción para el usuario para corregir una refracción anómala de dicho ojo del usuario,
 - proporcionar un parche óptico que comprenda una pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos,
 - formar un elemento de lente mediante la colocación del parche óptico en una de las superficies frontal o posterior del componente de lente,
 en el que cada elemento óptico difractivo tiene una función óptica simultáneamente bifocal que proporciona simultáneamente cuando dicho parche se coloca sobre una de las superficies del componente de lente:
 - una segunda función óptica en condiciones de uso estándar, y
 - una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo.
13. Procedimiento para proporcionar un elemento de lente destinado a ser usado delante de un ojo de un usuario, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende el paso de moldear el elemento de lente y, durante la etapa de moldeado, proporcionar un parche óptico que comprende una pluralidad de elementos ópticos difractivos contiguos, teniendo cada elemento óptico difractivo una función óptica simultáneamente bifocal que proporciona simultáneamente cuando dicho elemento de lente se usa delante de dicho ojo del usuario:
 - una segunda función óptica en condiciones de uso estándar, y
 - una tercera función óptica consistente en no enfocar una imagen en la retina del ojo en dichas condiciones de uso estándar, a fin de ralentizar la progresión de la refracción anómala del ojo, de modo que cada uno de los elementos

ópticos difractivos combinados con la porción de prescripción proporciona dos potencias ópticas en condiciones de uso estándar.

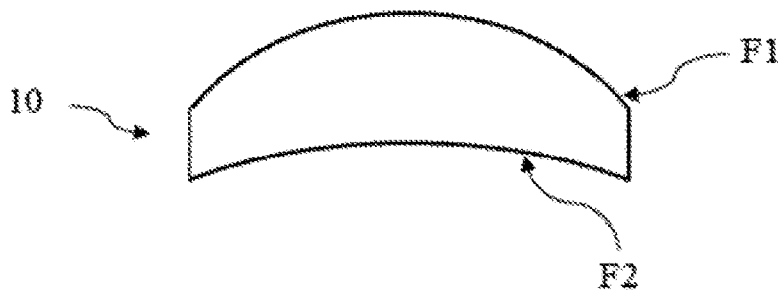


Figura 1b

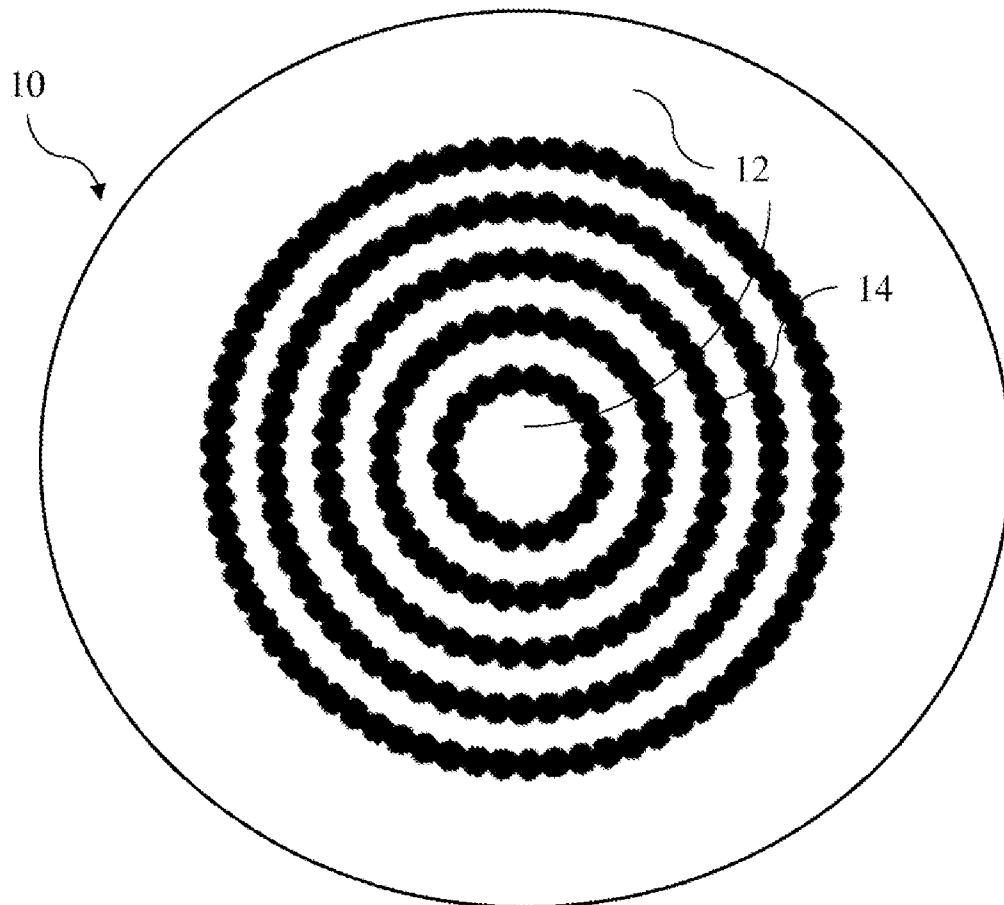


Figura 1a

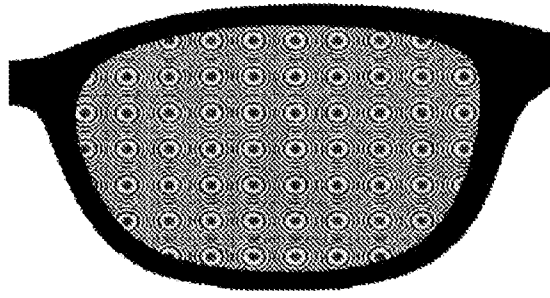


Figura 2

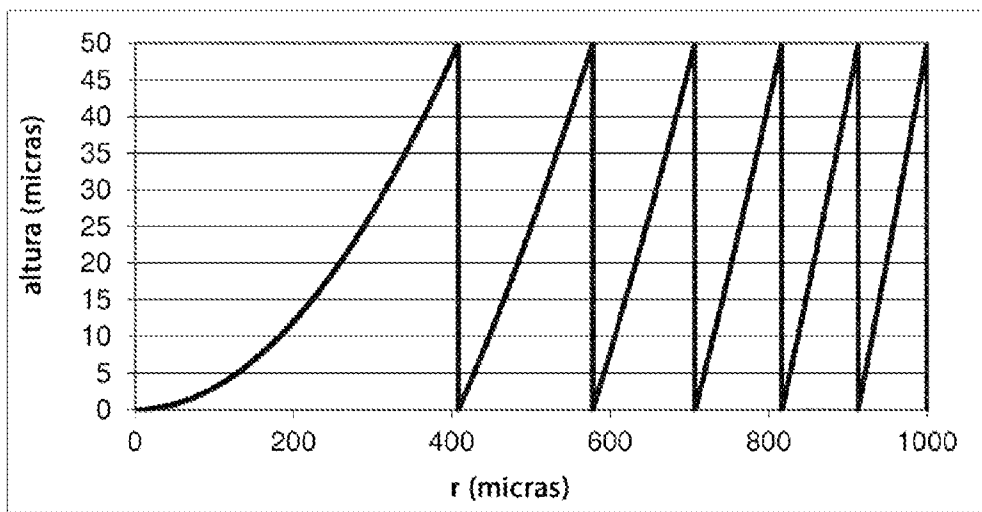


Figura 3

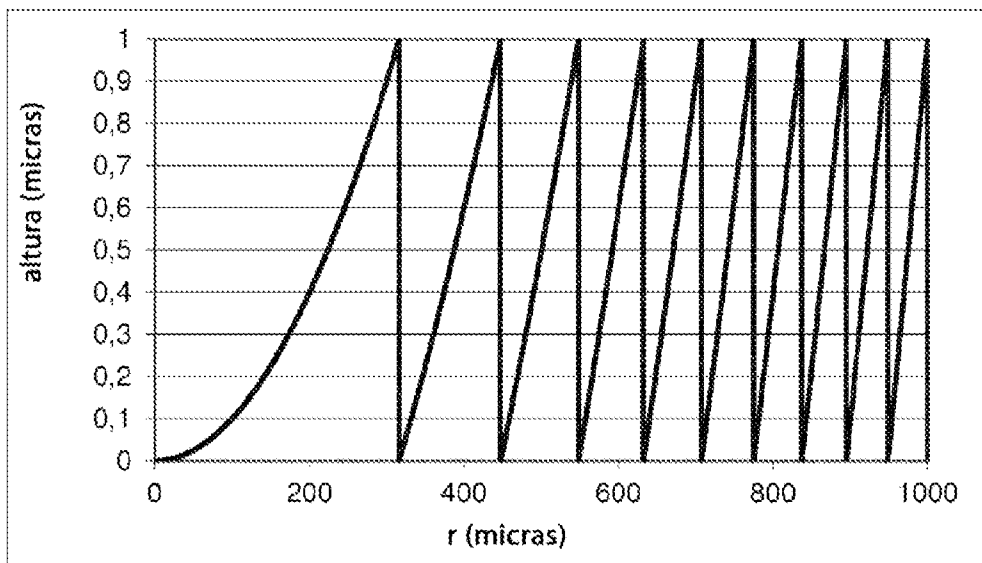
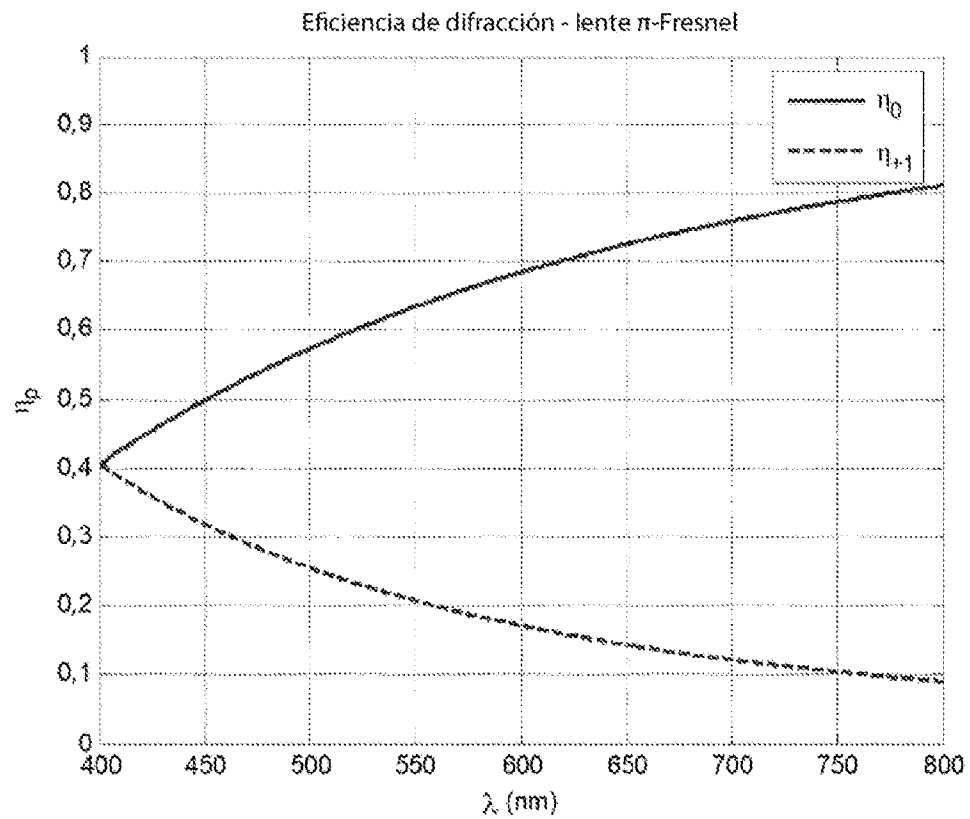
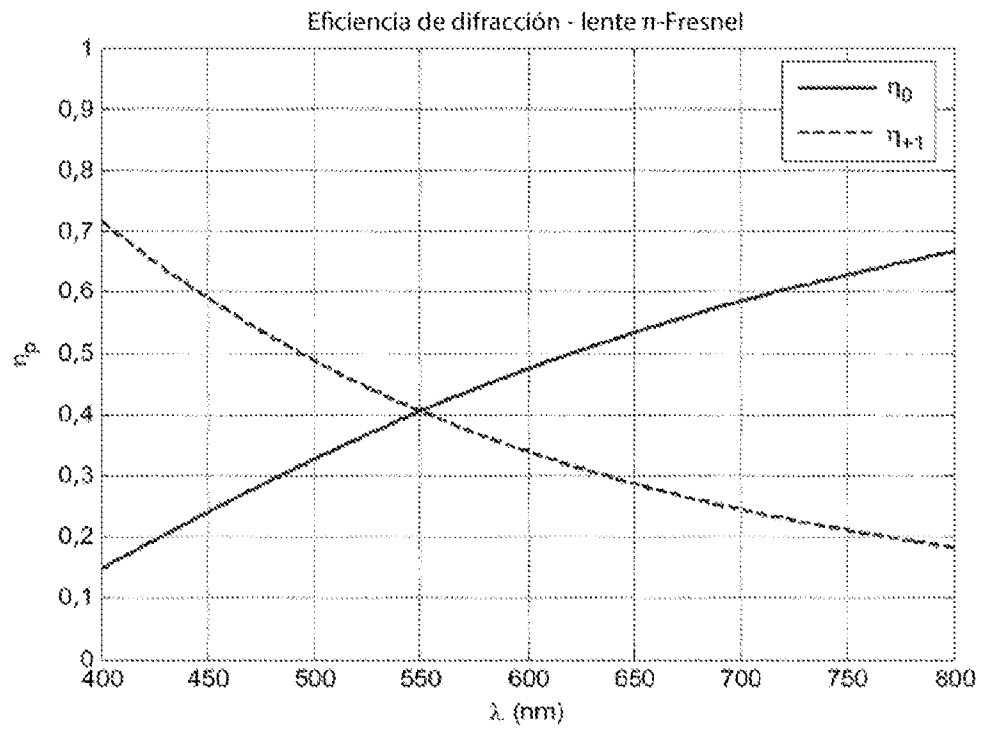


Figura 4



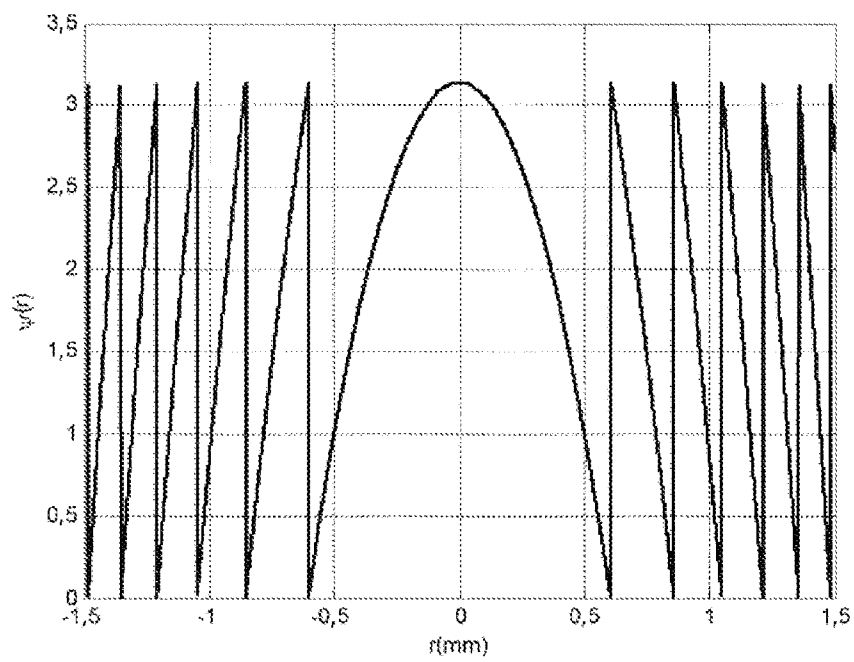


Figura 5

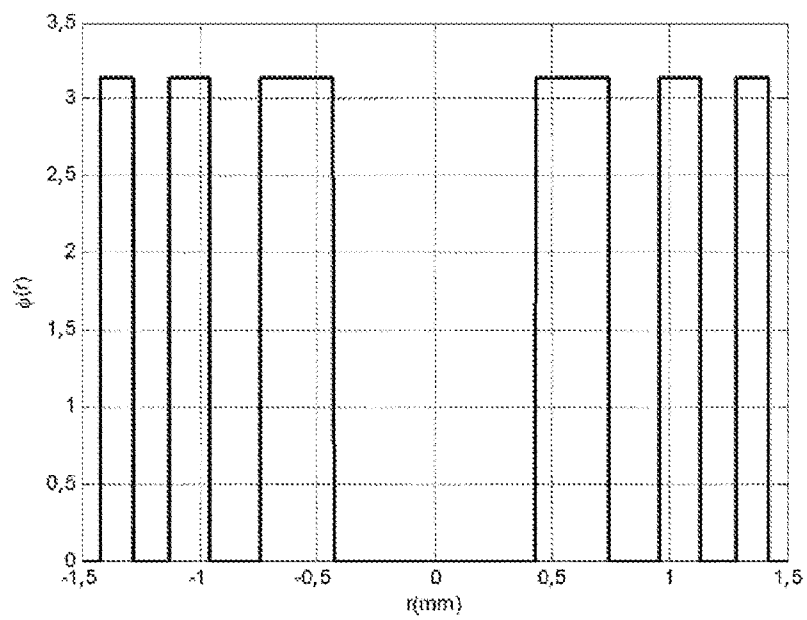


Figura 7a

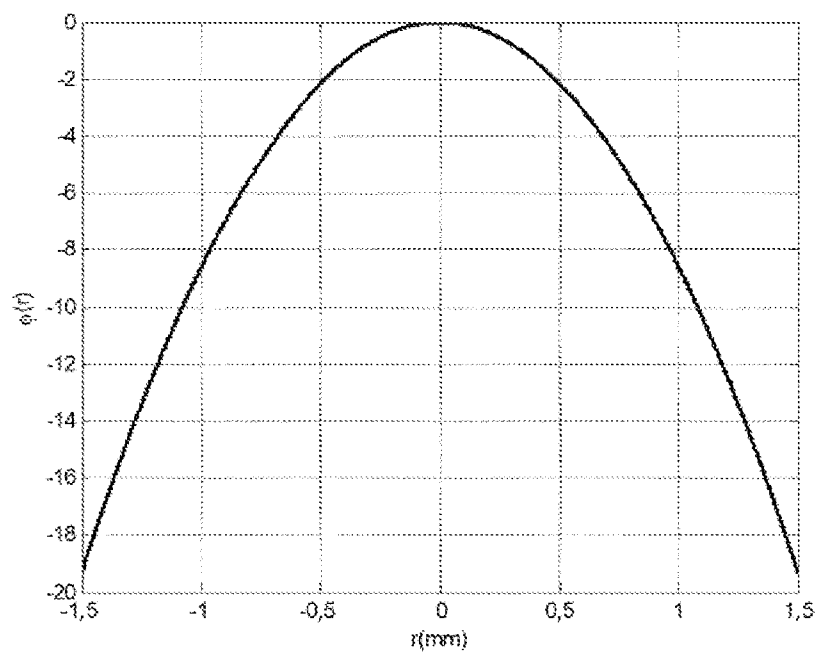


Figura 7b

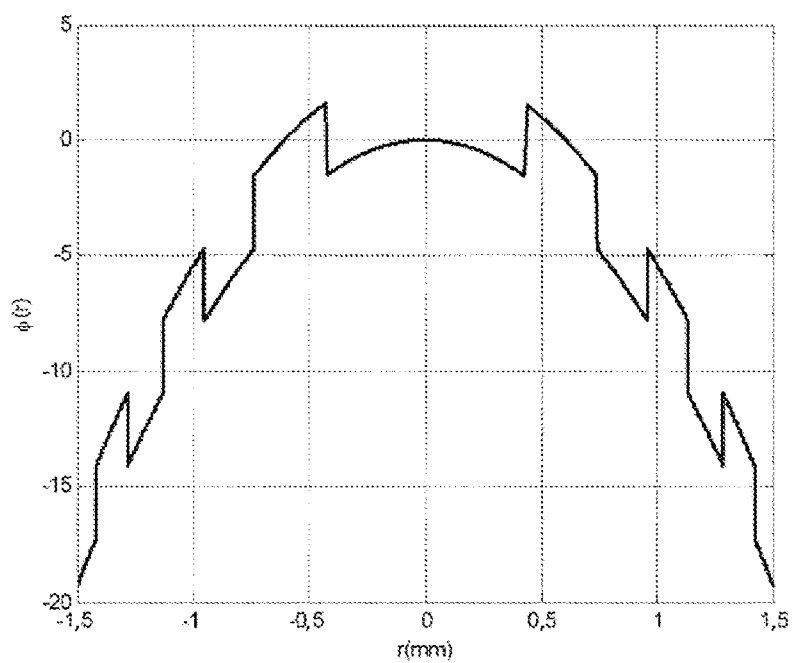


Figura 7c