

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 296**

51 Int. Cl.:

A61F 2/16 (2006.01)

G02C 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2015** E 15188045 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018** EP 3150169

54 Título: **Lente multifocal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.06.2018

73 Titular/es:

RAYNER INTRAOCULAR LENSES LIMITED
(100.0%)
1-2 Sackville Trading Estate
Sackville RoadHoveEast Sussex BN3 7AN, GB

72 Inventor/es:

LUX, KIRSTEN;
PLANK, NICOLE;
BREZNA, WOLFGANG y
DRAGOSTINOFF, NIKOLAUS

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 673 296 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

Lente multifocal

5 La presente invención se refiere a una lente multifocal, con un punto focal refractivo y una estructura difractiva, teniendo la estructura, en la dirección radial de la lente, aplicado sobre el radio al cuadrado, un perfil periódico, y teniendo el perfil por cada periodo cuatro secciones contiguas, que no pueden diferenciarse en sus puntos de unión.

10 Las lentes intraoculares o de contacto multifocales, es decir las lentes con varios puntos focales, que pueden usarse por ejemplo para vista de cerca y de lejos (bifocales) o vista de cerca, intermedia y de lejos (trifocales), se conocen desde hace décadas y usan las más diversas estructuras difractivas sobre una lente de base refractiva, con el fin de crear, además del punto focal refractivo, uno o varios puntos focales difractivos.

15 Según los documentos DE 20 2009 018 881 U1 y EP 2 503 962 B1, para la generación de dos puntos focales difractivos, se utilizan lentes con estructuras difractivas, cuyo perfil tiene por cada periodo cuatro secciones que son crecientes monótonamente o decrecientes monótonamente de manera alterna, es decir por cada periodo dos máximos con ángulos agudos. Una lente multifocal de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento US-A-2009/0268155. El solicitante ha observado que la incorporación de tales estructuras en la lente conduce no solo a un gran número de picos de perfil difíciles de producir, sino también a una distribución o rendimiento luminoso por debajo de lo óptimo de las intensidades de luz en los puntos focales creados.

La invención se plantea el objetivo de crear una lente mejorada que supere las desventajas del estado de la técnica.

25 Según la invención, el objetivo se consigue con una lente del tipo mencionado al principio, en la que una primera sección del perfil es decreciente monótonamente y las tres secciones adicionales son crecientes monótonamente, o una primera sección es creciente monótonamente y las tres secciones adicionales son decrecientes monótonamente, y teniendo aquella sección adicional que no limita con dicha primera sección una pendiente mayor que las otras dos secciones adicionales.

30 Con la estructura de acuerdo con la invención se crea una lente cuyos puntos focales utilizables para vista de cerca, intermedia y de lejos presentan una mayor proporción de intensidad de lo que se conoce en el estado de la técnica. Para una consideración más precisa del problema se definen a continuación puntos focales difractivos de orden "positivo" como aquellos que se sitúan entre la lente y su punto focal refractivo, y puntos focales difractivos de orden "negativo" como aquellos que se sitúan en el lado del punto focal refractivo opuesto a la lente.

35 Cuando se utiliza, por ejemplo, el punto focal refractivo para la vista de lejos, el punto focal de primer orden positivo de la estructura difractiva corresponde a una distancia para la vista intermedia y el punto focal de segundo orden positivo de la estructura difractiva a una distancia para la vista de cerca. Los respectivos puntos focales negativos de la estructura difractiva se proyectan en este caso solo detrás de la retina del usuario de la lente, por lo que no son útiles para el usuario y contribuyen a un empeoramiento de la calidad de imagen.

40 En la lente de acuerdo con la invención se proyectan, en cambio, proporciones de intensidad de los órdenes (originalmente) negativos sobre los órdenes positivos utilizados o sobre el orden (refractivo) cero, con lo cual se obtiene, en comparación con el estado de la técnica, una imagen de color más intenso y con mayor riqueza de contraste, ya que los puntos focales utilizables presentan mayores proporciones de intensidad.

45 Se obtienen las mismas ventajas cuando, por ejemplo, en una forma de realización alternativa se utiliza el punto focal refractivo para la vista de cerca, y el punto focal de primer orden negativo de la estructura difractiva corresponde a una distancia para la vista intermedia y el punto focal de segundo orden negativo de la estructura difractiva a una distancia para la vista de lejos. En esta forma de realización no pueden utilizarse bien los órdenes positivos de las estructuras difractivas, porque se sitúan delante del punto focal de vista de cerca, y los órdenes de tercer orden negativo no pueden utilizarse en absoluto, porque se enfocan solo detrás de la retina. De acuerdo con la invención, las proporciones de intensidad de los órdenes positivos se proyectan aquí sobre el primer y el segundo orden negativo (refractivo) cero, con lo cual se obtiene, en comparación con el estado de la técnica, de nuevo un mayor rendimiento luminoso en los puntos focales utilizables y por tanto una imagen con color más intenso y más rica en contraste.

50 En cada forma de realización, la lente de acuerdo con la invención tiene, además, la ventaja significativa de que la estructura difractiva de la lente solo presenta un máximo por cada periodo y, pese a ello, genera dos puntos focales difractivos. La creación de la estructura difractiva en la lente puede realizarse, por tanto, de manera mucho más sencilla y con menos descartes, ya que el ángulo del máximo es superior y además solo aparece una vez por cada periodo, es decir solo con la mitad de frecuencia que en las estructuras difractivas según el estado de la técnica, que generan dos puntos focales difractivos. En particular en la periferia de la lente, en la que las longitudes de periodo se vuelven muy pequeñas, puede conseguirse mediante la fabricación más precisa posibilitada de este modo una mayor precisión de la lente, lo que conduce a su vez a una distribución de luz más precisa y más controlada.

El punto focal refractivo de la lente puede utilizarse, como se ha explicado, o bien para la vista de cerca o bien para la vista de lejos. Si el punto focal refractivo se utiliza para la vista de lejos, se prefiere aquella forma de realización en la que la primera sección es decreciente monótonamente y las tres secciones adicionales son crecientes monótonamente. Alternativamente, el punto focal refractivo puede utilizarse para la vista de cerca, prefiriéndose entonces que la primera sección sea creciente monótonamente y las tres secciones adicionales sean decrecientes monótonamente.

Preferiblemente, las secciones, aplicadas sobre el radio al cuadrado, son lineales, es decir dan lugar a flancos que suben o bajan de forma cuadrática en la lente. Esto posibilita un cálculo sencillo del desarrollo de la intensidad de la lente. Alternativamente, las secciones también pueden presentar desarrollos individuales, para adaptarse a la distribución de la intensidad de la lente.

En una forma de realización preferida, dicha primera sección es esencialmente perpendicular. Independientemente de ello, también aquella sección adicional que no limita con la primera sección puede ser esencialmente perpendicular. Ambas medidas posibilitan un patrón de perfil sumamente sencillo, ya que por tanto solo queda por determinar la pendiente de dos secciones. Esto facilita también la fabricación de la lente, porque una sección perpendicular, aplicada sobre el radio al cuadrado, también da lugar a un flanco perpendicular en la lente.

Para simplificar el cálculo del perfil y, por consiguiente, también la fabricación de la lente, aquellas dos secciones adicionales que limitan en cada caso con la primera sección pueden tener, aplicadas sobre el radio al cuadrado, esencialmente la misma pendiente.

En una forma de realización práctica, aquellas dos secciones adicionales que limitan en cada caso con la primera sección tienen, aplicadas sobre el radio al cuadrado, una pendiente de desde $1 \mu\text{m}/\text{mm}^2$ hasta $10 \mu\text{m}/\text{mm}^2$. Más preferiblemente, el periodo del perfil, aplicado sobre el radio al cuadrado, asciende a desde $0,5 \text{ mm}^2$ hasta 1 mm^2 y la profundidad de perfil asciende a desde $2 \mu\text{m}$ hasta $10 \mu\text{m}$. Esto proporciona una lente, cuyos puntos focales para vista de cerca e intermedia se sitúan a las distancias deseadas por los usuarios.

La invención se explica más detalladamente a continuación con ayuda de ejemplos de realización representados en los dibujos adjuntos. En los dibujos muestran:

- la figura 1, la lente de acuerdo con la invención en una vista en planta esquemática;
- la figura 2, la lente de la figura 1 en una vista lateral esquemática;
- la figura 3, la lente de la figura 1 en una vista lateral esquemática;
- la figura 4, el perfil de la estructura difractiva de la lente de las figuras 1-3, aplicado sobre el radio al cuadrado de la lente; y
- la figura 5, una comparación de la distribución de intensidad de la lente de acuerdo con la invención con la de una lente según el estado de la técnica.

Las figuras 1 y 2 muestran una lente 1 con un lado delantero 2, un lado trasero 3 y un eje óptico 4. La lente 1 tiene una zona central Z_1 y una zona anular Z_2 , que se describirá más detalladamente más adelante. La lente 1 descrita se utiliza especialmente como lente intraocular o lente de contacto, aunque también puede usarse en aparatos ópticos.

La lente 1 tiene un punto focal refractivo F_r que se sitúa sobre el eje óptico 4, el cual puede utilizarse –tal como se describe más adelante– para la vista de lejos o de cerca y el cual se denomina a continuación también punto focal de orden cero. En el lado trasero o delantero 2, 3 de la lente 1 está incorporada una estructura difractiva 5, véanse las figuras 3 y 4, con el fin de adaptar la lente 1 tanto para la vista de cerca como para la vista intermedia y de lejos.

La estructura difractiva 5 genera un gran número de puntos focales F_i , $i = \dots, -2, -1, 1, 2, \dots$ adicionales que se sitúan sobre el eje óptico 4, los cuales están distribuidos de forma simétrica alrededor del punto focal refractivo F_r , donde el punto focal refractivo F_r viene dado por la forma de la lente 1 independientemente de la estructura difractiva 5 aplicada. Los puntos focales difractivos F_1, F_2 se denominan puntos focales de primer o segundo orden positivo de la estructura difractiva 5 y se sitúan sobre el eje óptico 4 entre la lente 1 y el punto focal refractivo F_r . Los puntos focales difractivos F_{-1}, F_{-2} se denominan puntos focales de primer o segundo orden negativo de la estructura difractiva 5 y se sitúan en el lado del punto focal refractivo F_r opuesto a la lente 1.

Aunque la distribución (de la posición) de los puntos focales F_i es simétrica alrededor del punto focal refractivo F_r , la distribución de intensidad que le corresponde a los respectivos puntos focales F_i no debe ser simétrica. Así, en el caso de una lente trifocal se configurarán intensidades de en particular tres tamaños, concretamente para la vista de lejos, intermedia y de cerca. Esto se consigue configurando la estructura difractiva 5 conforme a la figura 4.

De acuerdo con la figura 4 (abscisas: radio al cuadrado r^2 [mm]; ordenadas: profundidad de perfil T [μm]), la estructura difractiva 5 presenta en la dirección radial r de la lente 1, aplicado sobre el radio al cuadrado r^2 , un perfil periódico que por cada periodo p tiene cuatro secciones 6, 7, 8, 9 contiguas, que no pueden diferenciarse en sus puntos de unión 10, 11, 12, 13. La expresión “aplicado sobre el radio al cuadrado” significa, para la periodicidad, que los intervalos de periodo p es decreciente en la lente 1.

El periodo p puede situarse, por ejemplo, en una lente intraocular o de contacto, en el intervalo de desde $0,5 \text{ mm}^2$ hasta 1 mm^2 y la profundidad de perfil T en el intervalo de desde $2 \text{ }\mu\text{m}$ hasta $10 \text{ }\mu\text{m}$.

5 En la forma de realización de la figura 4 cualquier "primera" sección del perfil 5, en este caso la sección 9, es decreciente monótonamente y las tres secciones 6, 7, 8 adicionales del perfil son crecientes monótonamente. La expresión "primera" no se refiere en el presente documento a un orden de las secciones 6 - 9, sino que sirve únicamente para diferenciarla las tres secciones "adicionales". La sucesión de las secciones 6 - 9 dentro de un periodo p puede elegirse o definirse por tanto libremente, con lo cual pueden elegirse, por ejemplo, cualquiera de las secciones 6, 7, 8, 9 como sección "inicial" o, respectivamente, la "primera" sección 9 no se sitúa necesariamente al comienzo del periodo p .

15 En la forma de realización mostrada en la figura 4, el punto focal refractivo F_r está diseñado para la vista de lejos y, mediante las tres secciones 6, 7, 8 adicionales monótonamente crecientes y la primera sección 9 monótonamente decreciente, se obtienen dos puntos focales difractivos F_1, F_2 de orden positivo para la vista de cerca e intermedia (véase la figura 5). Alternativamente, el punto focal refractivo F_r también puede diseñarse, por ejemplo, para la vista de cerca, para lo cual se utilizan entonces tres secciones 6, 7, 8 adicionales monótonamente decrecientes y una primera sección 9 monótonamente creciente, que dan lugar a dos puntos focales difractivos F_{-1}, F_{-2} de orden negativo para la vista intermedia y de lejos (no mostrados).

20 Aquella sección adicional que no limita con la primera sección 9, es decir, en la figura 4, la sección 7 adicional central, tiene una pendiente mayor que las otras dos secciones 6, 8 adicionales. El término "pendiente" se define en el presente documento como la pendiente superada en total de una sección 6, 7, 8, 9, es decir como la pendiente entre el punto inicial de una sección 6, 7, 8 o 9 y el punto final de la misma sección 6, 7, 8 o 9.

25 Las secciones 6 - 9 pueden ser, aplicadas sobre el radio al cuadrado r^2 , lineales, con lo cual, una sección 6, 7, 8 monótonamente creciente sobre la lente 1 da lugar a un flanco que sube de forma cuadrática con r .

30 De acuerdo con la figura 4, además, la primera sección 9 y aquella sección adicional que no limita con la primera sección 9, es decir en este caso la sección 7 adicional central, son esencialmente perpendiculares, es decir que tienen una pendiente de $\pm \infty$. Alternativamente, estas dos secciones 7, 9 pueden presentar, en cada caso, también independientemente una de otra, una pendiente finita (no mostrado).

35 Aquellas dos secciones 6, 8 adicionales que limitan en cada caso con la primera sección 9 tienen, aplicadas sobre el radio al cuadrado r^2 , esencialmente la misma pendiente. La pendiente puede situarse, por ejemplo, en una lente intraocular o de contacto, en el intervalo de desde $1 \text{ }\mu\text{m}/\text{mm}^2$ hasta $10 \text{ }\mu\text{m}/\text{mm}^2$. Las dos secciones 6, 8 también pueden presentar pendientes diferentes entre sí (no mostrado).

40 La estructura difractiva 5 puede aplicarse o bien sobre toda la superficie de una cara 2, 3 de la lente 1 o bien solamente en un área central Z_1 o un área anular Z_2 de la lente 1, tal como se representa en la figura 1. Alternativa o adicionalmente, puede efectuarse una apodización de la estructura 5. Esto significa que la profundidad de perfil T de la estructura 5 disminuye a medida que aumenta el radio de la lente r .

45 Para la fabricación de la lente 1 puede incorporarse la estructura difractiva 5, por ejemplo directamente en una pieza en bruto de lente, por ejemplo mediante torneado en un torno. La pieza en bruto de lente también podría ser, sin embargo, únicamente un material de partida susceptible de ser procesado para una impresora 3D, y la incorporación de la estructura en la pieza en bruto de lente tiene lugar entonces mediante impresión 3D del material de partida dando lugar a la lente multifocal 1.

50 Alternativamente, la estructura difractiva 5 podría incorporarse inicialmente también como negativo en una pieza en bruto de molde, por ejemplo de nuevo por medio de un torno o una impresora 3D. A continuación se pone en contacto un material de lente con la pieza en bruto de molde, para fabricar así la lente multifocal 1. El material de lente puede estar prefabricado, por ejemplo, ya en una pieza en bruto de lente, en la que se estampa o se graba la estructura 5 por medio de la pieza en bruto de molde como "troquel". Alternativamente, el material de lente puede estar presente en estado líquido o viscoso y colarse sobre la pieza en bruto de molde, por ejemplo en un molde. A continuación el material de lente se endurece, por ejemplo por medio de aporte de luz o calor.

60 La figura 5 muestra una comparación del desarrollo de la intensidad 14 (representado con línea continua) de la lente 1 aquí presentada, con el desarrollo de la intensidad 15 (representado con línea discontinua) de una lente según el estado de la técnica (abscisas: distancia D respecto a la lente [mm]; ordenadas: intensidad relativa I [1]).

65 La lente 1 utilizada para esta comparación con la estructura difractiva 5 aquí presentada tenía un periodo p , aplicado sobre el radio al cuadrado r^2 , de $0,65 \text{ mm}^2$, ascendiendo la profundidad de perfil T a $4,4 \text{ }\mu\text{m}$. Aquellas dos secciones adicionales 6, 8 que limitan en cada caso con la primera sección 9 tenían - aplicadas sobre el radio al cuadrado r^2 - una pendiente de $4,3 \text{ }\mu\text{m}/\text{mm}^2$.

La lente comparativa según el estado de la técnica tenía, en cambio, un perfil periódico, que tenía dentro de cada

periodo cuatro secciones que eran monótonamente creciente, decreciente, creciente y decreciente de manera sucesiva.

5 Como puede verse a partir del diagrama de la figura 5, se obtuvo un desarrollo similar de las distribuciones de la intensidad en el área del punto focal refractivo F_r . A partir de la figura 5 puede observarse claramente, sin embargo, que la lente 1 según el estado de la técnica presentaba en el área del segundo punto focal negativo F_{-2} de la estructura difractiva 5 valores de intensidad superiores. A diferencia de ello, en la lente 1 aquí presentada las intensidades no utilizables de órdenes negativos eran desplazadas hacia órdenes positivos utilizables, tal como puede observarse claramente con ayuda de las intensidades claramente aumentadas del desarrollo 10 en los puntos focales F_1 y F_2 así como la intensidad claramente reducida del desarrollo 14 en el punto focal F_{-2} . Para el usuario de la lente 1 que se describe se obtiene por tanto una imagen de color más intenso y más rica en contraste que con lentes según el estado de la técnica.

10 La invención no se limita por consiguiente a las formas de realización representadas, sino que abarca todas las variantes, modificaciones y combinaciones de las mismas que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Lente multifocal con un punto focal refractivo (F_r) y una estructura difractiva, teniendo la estructura (5), en la dirección radial (r) de la lente (1), aplicado sobre el radio al cuadrado (r^2), un perfil periódico (6, 7, 8, 9), y
 5 teniendo el perfil (6, 7, 8, 9) por cada periodo cuatro secciones (6, 7, 8, 9) contiguas, que no pueden diferenciarse en sus puntos de unión (10, 11, 12, 13),
caracterizada por que una primera sección (9) es monótonamente decreciente y las tres secciones (6, 7, 8) adicionales son monótonamente crecientes, o una primera sección (9) es monótonamente creciente y las tres secciones (6, 7, 8) adicionales son monótonamente decrecientes, y
 10 teniendo aquella sección (7) adicional que no limita con dicha primera sección (9) una pendiente mayor que las otras dos secciones (6, 8) adicionales.
2. Lente multifocal según la reivindicación 1, **caracterizada por que** las secciones (6, 7, 8, 9), aplicadas sobre el radio al cuadrado (r^2), son lineales.
 15
3. Lente multifocal según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** la primera sección (9) es esencialmente perpendicular.
4. Lente multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** aquella sección (7) adicional que no limita con la primera sección (9) es esencialmente perpendicular.
 20
5. Lente multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** aquellas dos secciones (6, 8) adicionales cada una de las cuales limita con la primera sección (9) tienen esencialmente la misma pendiente.
- 25 6. Lente multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** aquellas dos secciones (6, 8) adicionales cada una de las cuales limita con la primera sección (9) tienen, aplicadas sobre el radio al cuadrado (r^2), una pendiente de desde $1 \mu\text{m}/\text{mm}^2$ hasta $10 \mu\text{m}/\text{mm}^2$.
- 30 7. Lente multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** el periodo (p) del perfil (6, 7, 8, 9), aplicado sobre el radio al cuadrado, asciende a desde $0,5 \text{ mm}^2$ hasta 1 mm^2 y la profundidad de perfil (T) asciende a desde $2 \mu\text{m}$ hasta $10 \mu\text{m}$.
8. Lente multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** es una lente intraocular o una lente de contacto.
 35

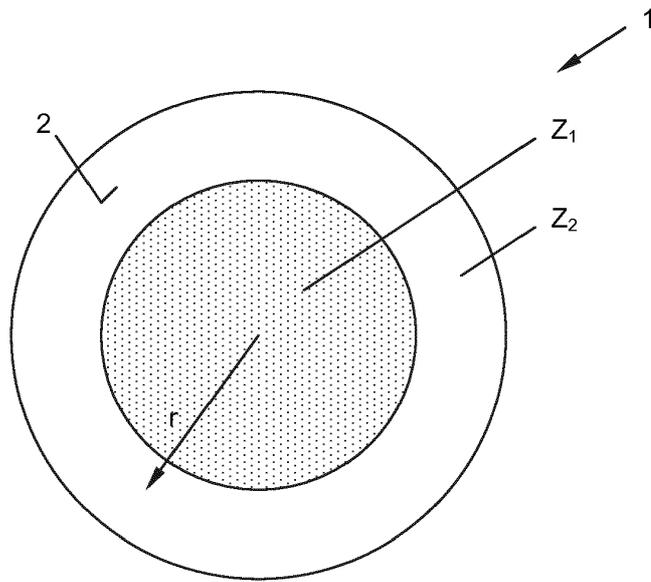


Fig. 1

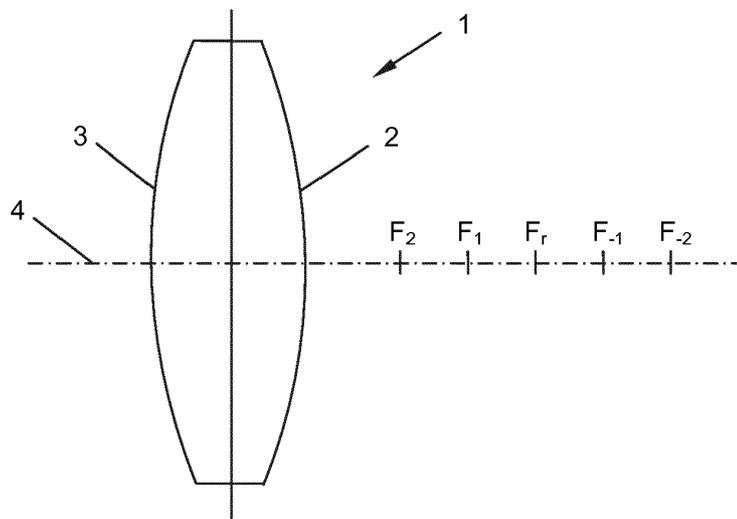


Fig. 2

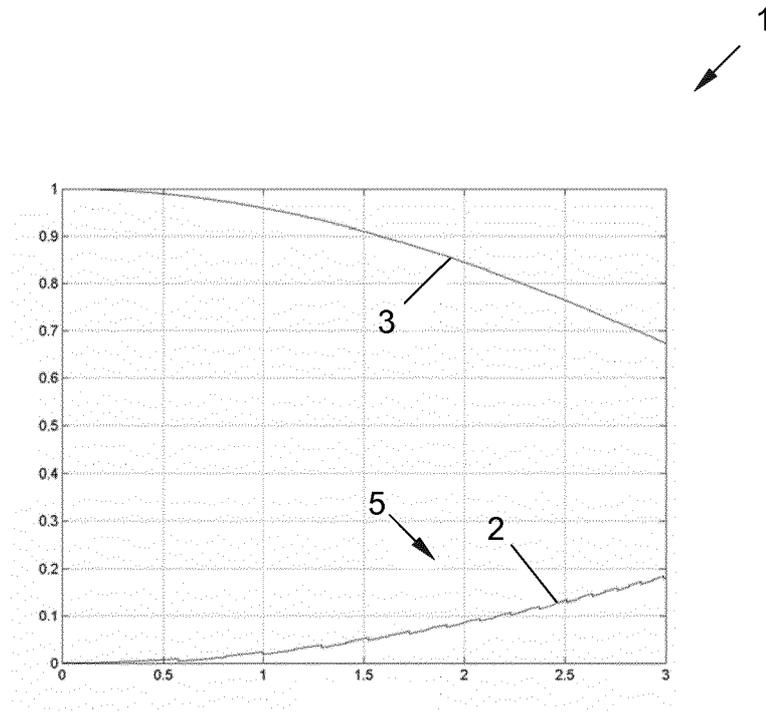


Fig. 3

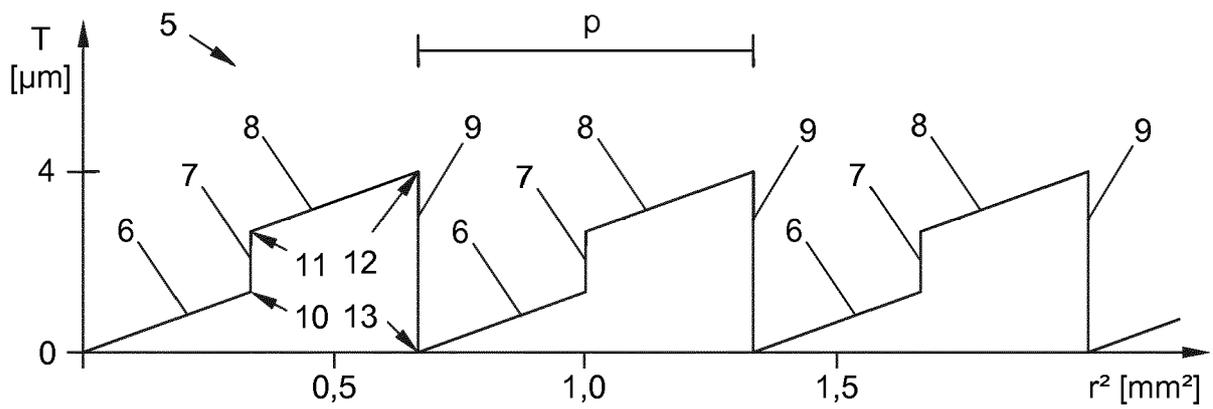


Fig. 4

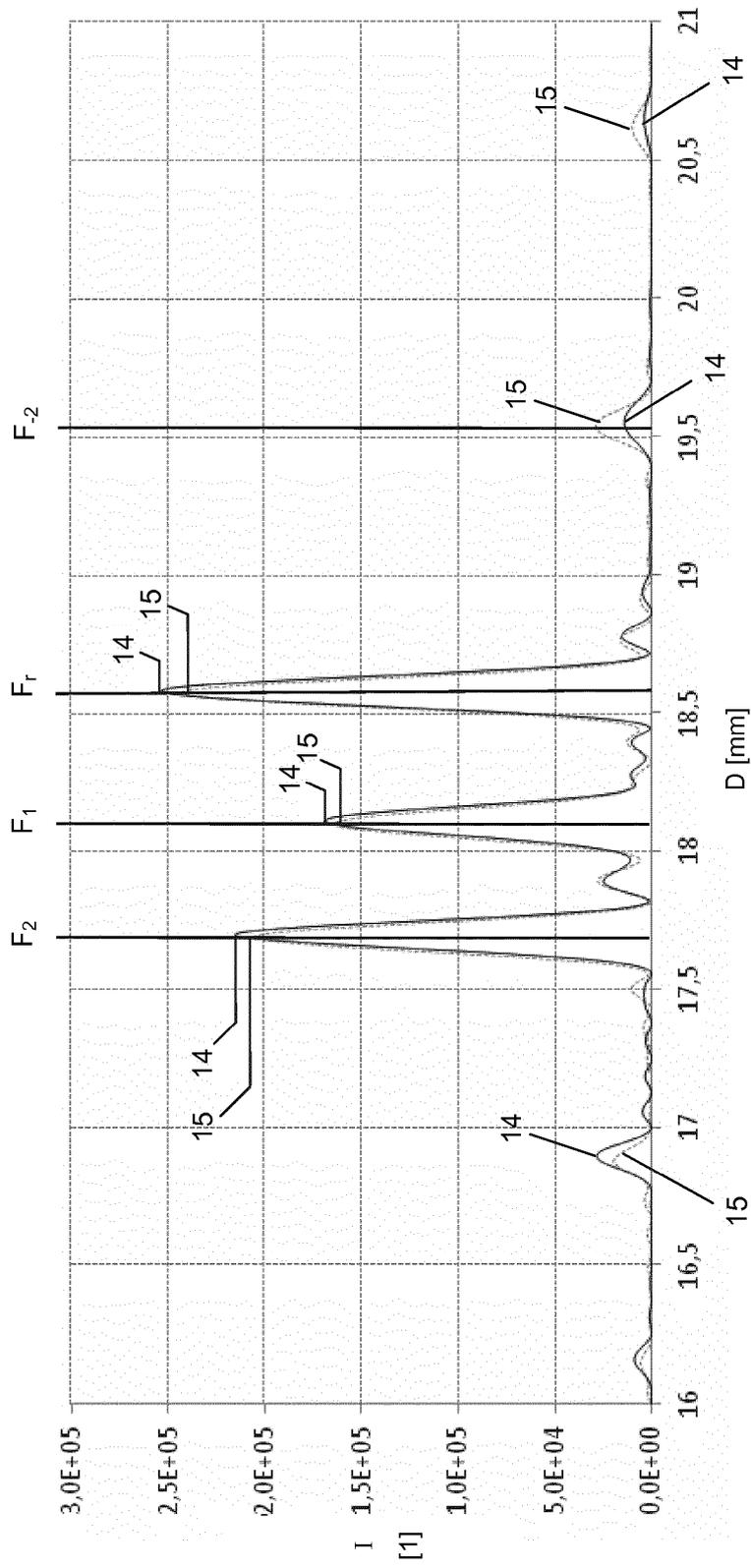


Fig. 5