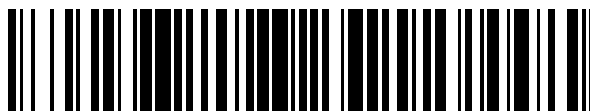


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 306**

51 Int. Cl.:

A61F 2/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2015** **E 15188049 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017** **EP 3150170**

54 Título: **Lente multifocal y procedimiento para su fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2018

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 2 660 306 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 y procedimiento para su fabricación

5 La presente invención se refiere a una lente intraocular o de contacto multifocal, con un punto focal refractivo y una primera y una segunda estructura difractiva, que se superponen al menos parcialmente. En un aspecto adicional, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una lente multifocal de este tipo.

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 se superponen para ello dos estructuras difractivas con en cada caso perfil Kinoform. Una de las dos estructuras difractivas tiene aquí un punto focal de primer orden, que coincide con el punto focal de segundo orden de la otra estructura. El solicitante ha observado que el cálculo de tales estructuras es extremadamente complicado. Además, una incorporación de tales estructuras en la lente conduce a un gran número de picos de perfil difíciles de producir, lo que conduce a su vez a una distribución o rendimiento luminoso por debajo de lo óptimo de las intensidades de luz en los puntos focales creados. Por el documento US-A-2011/0267693 se conoce una lente intraocular o de contacto multifocal según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se plantea el objetivo de crear una lente mejorada que supere las desventajas del estado de la técnica.

25 Según un primer aspecto de la invención, el objetivo se consigue con una lente del tipo mencionado al principio, en la que las dos estructuras difractivas sean diferentes, y coincidiendo un punto focal de primer orden de la primera estructura difractiva con un punto focal de primer orden de la segunda estructura difractiva.

30 Gracias a la superposición de dos estructuras difractivas, cuyos puntos focales de primer orden coinciden, puede simplificarse considerablemente el cálculo de la estructura difractiva superpuesta, ya que las estructuras que han de superponerse tienen en cada caso un perfil con longitudes de periodo iguales. Pueden realizarse por tanto de manera especialmente sencilla ajustes de las estructuras para hallar una distribución de intensidad óptima durante el cálculo.

35 Preferiblemente, las dos estructuras difractivas tienen distribuciones de intensidad diferentes, con lo cual es posible una mezcla individual de relaciones de intensidad.

40 Una forma de realización especialmente ventajosa de la invención se caracteriza por que la primera estructura difractiva tiene una distribución de intensidad asimétrica alrededor del punto focal refractivo y la segunda estructura difractiva tiene una distribución de intensidad esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo.

45 Gracias a la superposición de estas dos estructuras difractivas 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.

50 Cuando se utiliza, por ejemplo, el punto focal refractivo para la vista de lejos, el punto focal de primer orden positivo de las estructuras difractivas corresponde a una distancia para la vista intermedia y el punto focal de segundo orden positivo de las estructuras difractivas a una distancia para la vista de cerca. Los respectivos puntos focales negativos de las estructuras difractivas 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.

55 Gracias a la superposición de acuerdo con la invención de una estructura difractiva con distribución de intensidad simétrica con una estructura difractiva con distribución de intensidad asimétrica 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.

60 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 de superposición corresponde a una distancia para la vista intermedia y el punto focal de segundo orden negativo de la estructura de superposición 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.

5 Preferiblemente, los perfiles de las dos estructuras difractivas tienen una longitud de periodo igual, siendo el perfil de la primera estructura difractiva creciente monótonamente dentro del periodo y teniendo el perfil de la segunda estructura difractiva un mínimo en la primera mitad del periodo y un máximo en la segunda mitad del periodo. De este modo se consigue que el perfil resultante de la lente presente un pequeño número de picos de perfil. Tales picos sin difíciles de producir y conducen, en caso de producción imprecisa, a errores en el rango de imagen, con lo
10 cual se obtiene una imagen poco nítida o turbia para el observador. Por ejemplo, la primera estructura difractiva, es decir la estructura con la distribución de intensidad asimétrica, tiene un perfil con forma de dientes de sierra, de tipo Echelle o Kinoform, y la segunda estructura difractiva, es decir la estructura con la distribución de intensidad esencialmente simétrica, tiene un perfil con forma rectangular, trapezoidal o sinusoidal. De este modo pueden utilizarse trazados de perfil cuyo comportamiento se conoce bien y que además permiten una producción sencilla.

15 De acuerdo con una característica preferida de la invención, al menos uno de los perfiles puede tener flancos redondeados o biselados. De este modo pueden elegirse procesos de producción con tolerancias inferiores, lo que minimiza tanto los costes de fabricación como el tiempo de fabricación.

20 En una forma de realización ventajosa adicional de la invención, las dos estructuras difractivas se superponen solo en una región central de la lente. Por ejemplo, la lente puede no presentar fuera de la región central ninguna estructura difractiva en absoluto. Si se agranda la pupila, por ejemplo en caso de incidencia de luz reducida, la influencia de la región no central o de la proporción refractiva para la vista de lejos se vuelve mayor, de modo que con tales tamaños de pupila la distribución de intensidad solo abarca la vista de lejos. Alternativamente, la lente
25 puede presentar fuera de la región central también solo una de las dos estructuras difractivas, con lo cual puede diseñarse por ejemplo la vista de cerca y de lejos o la vista intermedia y de lejos para que sean máximas en caso de pupilas dilatadas.

30 Preferiblemente, las dos estructuras difractivas están apodizadas en la dirección radial de la lente, preferiblemente en diferente medida. De este modo se consigue obtener con una pupila pequeña una distribución de intensidad diferente que con una pupila grande. Además se obtiene una transición constante de la variación de la distribución de intensidad con pupilas en aumento o en disminución. Si se eligen apodizaciones diferentes, pueden adaptarse las distribuciones de intensidad a voluntad a los tamaños de pupila deseados.

35 La lente de la invención puede utilizarse en principio en cualquier aparato óptico, aunque son especialmente adecuadas como lente de contacto o intraocular multifocal.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención crea también un procedimiento para la fabricación de la lente anteriormente expuesta en el presente documento. En una primera forma de realización, el procedimiento
40 comprende las siguientes etapas:

- a) proporcionar una pieza en bruto de lente con un punto focal refractivo;
- b) calcular una estructura de superposición formada por una primera estructura difractiva y una segunda estructura difractiva, siendo las dos estructuras difractivas diferentes y coincidiendo un punto focal de primer orden de la primera estructura difractiva con un punto focal de primer orden de la segunda estructura difractiva;
45 y
- c) incorporar la estructura de superposición en la pieza en bruto de lente para fabricar la lente multifocal.

La etapa de incorporación de la estructura de superposición en la pieza en bruto de lente se realiza preferiblemente mediante torneado, lo que permite una producción especialmente precisa de la lente multifocal.
50

En una segunda forma de realización, el procedimiento comprende las siguientes etapas:

- a) proporcionar una pieza en bruto de molde;
- b) calcular una estructura de superposición formada por una primera estructura difractiva y una segunda estructura difractiva, siendo las dos estructuras difractivas diferentes y coincidiendo un punto focal de primer orden de la primera estructura difractiva con un punto focal de primer orden de la segunda estructura difractiva;
- c) incorporar la estructura de superposición como negativo en la pieza en bruto de molde; y
- d) fabricar la lente multifocal poniendo en contacto un material de lentes con la pieza en bruto de molde,
60 confiriéndose al material de lente también un punto focal refractivo.

En esta forma de realización se crea en primer lugar una pieza en bruto de molde con la estructura de superposición, es decir un "molde negativo", por ejemplo mediante torneado o fresado. A continuación puede colarse, prensarse, examinarse o moldearse de otro modo la lente por medio del molde negativo.
65

Preferiblemente, la puesta en contacto tiene lugar mediante colada del material de lente sobre la pieza en bruto de molde y endurecimiento del material de lente. En este caso, el material de lente puede solidificarse por sí mismo o endurecerse por ejemplo por medio de luz o tratamiento térmico.

5 Las dos formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención se caracterizan por un cálculo sencillo de la estructura de superposición, al superponer dos estructuras por ejemplo mediante simple adición, lo que requiere una potencia de cálculo reducida.

10 De manera particularmente preferible, en las dos formas de realización la primera estructura difractiva tiene una distribución de intensidad asimétrica alrededor del punto focal refractivo y la segunda estructura difractiva tiene una distribución de intensidad esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo.

15 En relación con características y ventajas adicionales del procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de la lente multifocal se remite a las características y ventajas anteriormente mencionadas de la lente de acuerdo con la invención.

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

20 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, perfiles de una primera y una segunda estructura difractiva así como el perfil de una estructura de superposición, que se obtiene a partir de la superposición de las estructuras primera y segunda, para la lente de la figura 1;
 25 la figura 4, la lente de la figura 1 con la estructura de superposición de la figura 3 en una sección por la mitad ampliada;
 la figura 5, la distribución de intensidad de una lente dotada de la primera estructura difractiva de la figura 3;
 la figura 6, la distribución de intensidad de una lente dotada de la segunda estructura difractiva de la figura 3;
 la figura 7, la distribución de intensidad de la lente de acuerdo con la invención de la figura 1;
 30 la figura 8, una primera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de la lente de la figura 1 en un diagrama de bloques esquemático;
 la figura 9, una segunda forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de la lente de la figura 1 en un diagrama de bloques esquemático; y
 la figura 10, una comparación de la distribución de intensidad de la lente de acuerdo con la invención con una
 35 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 dos zonas anulares Z_2, Z_3 , que se describirán más detalladamente más adelante. La lente 1 descrita se utiliza como lente intraocular o lente de contacto, aunque también puede usarse en aparatos ópticos.

40 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, véase la figura 4, con el fin de adaptar la lente 1 tanto para la vista de cerca como para la vista intermedia y de lejos.

45 La estructura difractiva 5 genera un gran número de puntos focales $F_{q,i}$, $i = \dots, -2, -1, 1, 2, \dots$ adicionales que se sitúan sobre el eje óptico 4, los cuales están distribuidos de forma esencialmente 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 $F_{q,1}, F_{q,2}$ 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 $F_{q,-1}, F_{q,-2}$ 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.

50 Aunque la distribución (de la posición) de los puntos focales $F_{q,i}$ es esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo F_r , la distribución de intensidad que le corresponde a los respectivos puntos focales $F_{q,i}$ 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 formando la estructura difractiva 5 tal y como sigue, a partir de una primera y una segunda estructura difractiva 6, 7, que se superponen en al menos una de las zonas Z_1, Z_2, Z_3 .

60 La figura 3 muestra en el diagrama superior el perfil 11 de la primera estructura difractiva 6 (abscisas: radio r^2 [mm²]; ordenadas: profundidad de perfil T [mm]). La primera estructura difractiva 6 tiene un periodo de red de difracción $p_1(r)$, que depende del radio r , mejor dicho de r^2 . Si se aplica la estructura 6 sobre r^2 como escala de abscisas, el periodo p_1 aparece en repeticiones equidistantes sobre las abscisas.

65

La primera estructura difractiva 6 tiene una distribución de intensidad asimétrica alrededor del punto focal refractivo F_r en sus puntos focales difractivos $F_{1,i}$, véase a este respecto posteriormente la figura 5, y presenta a este respecto un perfil 8 con, flancos 9, 10 que suben y bajan de forma asimétrica aplicados sobre el radio al cuadrado r^2 , pudiendo ser uno de los flancos 9, 10 perpendicular.

5 La figura 3 muestra la primera estructura difractiva 6 con forma de dientes de sierra, aunque alternativamente también podría presentar una forma de tipo Echelle o Kinoform. El periodo de red de difracción $p_1(r)$ determina la distancia de los puntos focales $F_{1,i}$ generados por la primera estructura difractiva 6 con respecto al punto focal refractivo F_r .

10 La figura 3 muestra en el diagrama central el perfil de la segunda estructura difractiva 7 (abscisas: radio r^2 [mm^2]; ordenadas: profundidad de perfil T [mm]). La segunda estructura difractiva 7 tiene un periodo de red de difracción $p_2(r)$, que depende del radio r , mejor dicho de r^2 . Si la estructura 7 se aplica sobre r^2 como escala de abscisas, el periodo p_2 aparece en repeticiones equidistantes sobre las abscisas.

15 La segunda estructura difractiva 7 tiene una distribución de intensidad esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo F_r en sus puntos focales difractivos $F_{2,i}$, tal como se explica con más detalle más adelante con ayuda de la figura 5. La estructura 7 presenta a este respecto un perfil con flancos 12, 13 que suben y bajan de forma esencialmente simétrica entre sí, aplicados sobre el radio al cuadrado r^2 , que son preferiblemente perpendiculares. El término “de forma esencialmente simétrica” incluye a este respecto en cada caso ligeras desviaciones de la simetría.

20 La figura 3 muestra la segunda estructura difractiva 7 como estructura binaria, es decir con forma rectangular. Alternativamente, también podría presentar sin embargo, por ejemplo, una forma trapezoidal o sinusoidal. El periodo de red de difracción $p_2(r)$ determina la distancia de los puntos focales $F_{2,i}$ generados por la segunda estructura difractiva 7 con respecto al punto focal refractivo F_r .

30 La figura 5 muestra la distribución de intensidad de una lente, sobre la que solo se ha aplicado una primera estructura difractiva 6 según el diagrama superior de la figura 3 (abscisas: distancia D respecto a la lente [mm]; ordenadas: intensidad relativa I [1]). Tal como se muestra, la distribución de intensidad de los puntos focales difractivos $F_{1,i}$ es de forma asimétrica alrededor del punto focal refractivo.

35 La figura 6 muestra la distribución de intensidad de una lente 1, sobre la que solo se ha aplicado una segunda estructura difractiva 7 según el diagrama central de la figura 3 (abscisas: distancia D respecto a la lente [mm]; ordenadas: intensidad relativa I [1]). Tal como se muestra, a los puntos focales $F_{1,1}$, $F_{2,2}$, ... de orden positivo les corresponde una proporción de intensidad esencialmente igual a la de los puntos focales $F_{2,-1}$, $F_{2,-2}$, ... de orden negativo.

40 Tal como se muestra en la figura 3, los periodos de red de difracción $p_1(r)$ y $p_2(r)$ son igual de grandes, de modo que según las figuras 5 y 6 el primer punto focal positivo $F_{1,1}$ de la primera estructura difractiva 6 se encuentra a una distancia del punto focal refractivo F_r que se corresponde con la distancia del primer punto focal positivo $F_{2,1}$ de la segunda estructura difractiva 7.

45 Según el diagrama inferior de la figura 3, la estructura difractiva 5 “superpuesta”, compuesta, se obtiene mediante superposición aditiva de las dos estructuras 6, 7 (abscisas: radio r^2 [mm^2]; ordenadas: profundidad de perfil T [mm]). La estructura difractiva 5 superpuesta tiene un perfil 14 con flancos 15, 16 que suben y bajan, de modo que el perfil 14 de la estructura difractiva 5 es creciente de manera monótona esencialmente dentro de un periodo. La estructura difractiva 5 con el perfil 14 se aplica sobre uno de los lados 2, 3 de la lente 1, véase la figura 4. Para facilitar la fabricación, los perfiles 8, 11, 14 podrían tener flancos redondeados o biselados 9, 10, 12, 13, 15, 16.

50 Como se muestra en los tres diagramas de la figura 3, el perfil 8 de la primera estructura difractiva 6 es creciente monótonamente dentro del periodo $p_1(r)$ y el perfil 11 de la segunda estructura difractiva 7 tiene un mínimo en la primera mitad del periodo $p_2(r)$ y un máximo en la segunda mitad del periodo. Esto hace que el perfil 14 de la estructura difractiva 5 superpuesta sea creciente monótonamente dentro del periodo $p_1(r)$, $p_2(r)$ y por tanto que solo tenga un máximo dentro de este periodo. En una forma de realización alternativa (no mostrada), la segunda estructura difractiva 7 podría tener el máximo también en la primera mitad del periodo $p_2(r)$ y el mínimo en la segunda mitad del periodo, lo que conduce entonces a una estructura difractiva 5 superpuesta con dos máximos por periodo. Por motivos de producción se prefiere la primera variante mencionada con solo un máximo por periodo.

60 La figura 7 muestra la distribución de intensidad de la lente 1, en la que la estructura difractiva 5 está incorporada a partir de las estructuras 6, 7 sumadas o superpuestas (abscisas: distancia D respecto a la lente [mm]; ordenadas: intensidad relativa I [1]). El punto focal refractivo F_r se utiliza aquí para la vista de lejos, el primer punto focal positivo difractivo $F_{g,1}$ se corresponde en su posición con los puntos focales $F_{1,1}$, $F_{2,1}$ de primer orden (positivo) de las estructuras difractivas 6, 7 y se usa para la vista intermedia, y el segundo punto focal difractivo positivo $F_{g,2}$ se corresponde en su posición con los puntos focales $F_{1,2}$, $F_{2,2}$ de segundo orden (positivo) de las estructuras difractivas 6, 7 y se usa para la vista de cerca. Alternativamente, las pendientes de los flancos 9, 10, 12, 13 podrían invertirse

en cada caso, con lo cual podrían usarse entonces por ejemplo el punto focal refractivo F_r para la vista de cerca y los puntos focales difractivos de primer orden $F_{1,1}$, $F_{2,1}$ o de segundo orden $F_{1,2}$, $F_{2,2}$ para la vista intermedia o de lejos.

5 Las dos estructuras 6, 7 podrían aplicarse en cada caso o bien sobre toda la superficie del lado 2, 3 de la lente 1 o bien solo zonalmente, como se representa en la figura 1. Así puede aplicarse, por ejemplo, la estructura 5 combinada únicamente en la zona más interna Z_1 , es decir en la zona central, de la lente 1. En una zona anular circundante Z_2 puede aplicarse solo una de las dos estructuras 6, 7, y en una zona anular más externa Z_3 ninguna de las estructuras 5, 6, 7. De este modo se consigue una distribución de intensidad que depende del tamaño de la pupila, aumentando la ponderación de la intensidad en el punto focal refractivo F_r a medida que aumenta el tamaño de la pupila.

15 Alternativa o adicionalmente, este efecto puede conseguirse mediante una apodización de las estructuras 5, 6, 7. Esto significa que la profundidad T de los perfiles 8, 11, 14 de las estructuras 5, 6, 7 disminuye a medida que aumenta el radio de la lente r (no mostrado en la figura 3).

20 Las figuras 8 y 9 muestran dos variantes del procedimiento para la fabricación de la lente multifocal 1. Para calcular la estructura difractiva 5, también llamada "estructura de superposición" 5, se superponen, por ejemplo se suman, en una unidad de cálculo 17 la primera estructura difractiva 6, que tiene una distribución de intensidad asimétrica alrededor del punto focal refractivo F_r , y la segunda estructura difractiva 7, que tiene una distribución de intensidad esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo F_r . Las estructuras 6, 7 pueden ponerse a disposición de la unidad de cálculo 17 por medio de memorias 18, 19 o calcularse o averiguarse ellas mismas en la unidad de cálculo 17.

25 La figura 8 muestra una primera variante del procedimiento de fabricación, en el que la estructura de superposición 5 calculada en la unidad de cálculo 17 se incorpora en una pieza en bruto de lente 20, por ejemplo mediante un mecanizado por arranque de virutas tal como torneado en un torno 21, para fabricar así la lente multifocal 1. A este respecto se hace girar por ejemplo la pieza en bruto de lente 20 alrededor de su eje óptico y la herramienta de torneado del torno 21 incorpora, mientras gira la pieza en bruto de lente 20, la estructura de superposición 5 en la pieza en bruto de lente 20. Tras el mecanizado por arranque de virutas puede pulirse opcionalmente la lente 1.

30 La pieza en bruto de lente 20 también podría ser, sin embargo, únicamente un material de partida susceptible de ser procesado para una impresora 3D, y la incorporación de la estructura de superposición 5 en la pieza en bruto de lente 5 se realiza entonces mediante impresión 3D del material de partida 20 dando lugar a la lente multifocal 1.

35 La figura 9 muestra una segunda variante del procedimiento de fabricación, en el que la estructura de superposición 5 calculada en la unidad de cálculo se incorpora en primer lugar como negativo en una pieza en bruto de molde 22, por ejemplo de nuevo por medio de un torno 21 o una impresora 3D. A continuación se pone en contacto un material de lente 20 con la pieza en bruto de molde 22, para fabricar así la lente multifocal 1. El material de lente 20 puede estar prefabricado, por ejemplo, ya en una pieza en bruto de lente, en la que se estampa o se graba la estructura de superposición 5 por medio de la pieza en bruto de molde 22 como "troquel". Alternativamente, el material de lente 20 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 20 se endurece, por ejemplo por medio de aporte de luz o calor.

45 La figura 10 muestra una comparación del desarrollo de la intensidad 23 de la lente 1 aquí presentada con el desarrollo de la intensidad 24 de una lente según el estado de la técnica (abscisas: distancia D respecto a la lente [mm]; ordenadas: intensidad relativa I [1]). La lente de comparación según el estado de la técnica está dotada de una estructura en la que se superponen dos estructuras difractivas con distribuciones de intensidad asimétricas (por ejemplo estructuras con forma de dientes de sierra), coincidiendo el punto focal de primer orden de la primera estructura difractiva con el punto focal de segundo orden de la segunda estructura difractiva.

50 De este modo se obtiene un desarrollo similar de las distribuciones de intensidad en la región del punto focal refractivo F_r . A partir de la figura 10 puede observarse bien, sin embargo, que la lente 1 según el estado de la técnica en la región del segundo punto focal negativo $F_{g,2}$ de la estructura difractiva 5 combinada (o del primer punto focal negativo $F_{2,-1}$ de la segunda estructura difractiva 7) presenta mayores valores de intensidad. A diferencia de ello, en la lente 1 aquí presentada, las intensidades no utilizables de órdenes negativos son desplazadas hacia órdenes positivos utilizables, tal puede observarse como con ayuda de las intensidades claramente aumentadas del desarrollo 17 en los puntos focales $F_{q,1}$ y $F_{q,2}$ así como la intensidad claramente reducida del desarrollo 23 en el punto focal $F_{g,2}$. 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.

60 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 intraocular o de contacto multifocal, con un punto focal refractivo (F_r) y una primera y una segunda estructura difractiva (6, 7), que se superponen al menos parcialmente, siendo las dos estructuras difractivas (6, 7) diferentes, **caracterizada por que** un punto focal de primer orden ($F_{1,1}$) de la primera estructura difractiva (6) coincide con un punto focal de primer orden ($F_{2,1}$) de la segunda estructura difractiva (7).
2. Lente intraocular o de contacto multifocal según la reivindicación 1, **caracterizada por que** las dos estructuras difractivas (6, 7) tienen distribuciones de intensidad diferentes.
3. Lente intraocular o de contacto multifocal según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** la primera estructura difractiva (6) tiene una distribución de intensidad asimétrica alrededor del punto focal refractivo (F_r) y la segunda estructura difractiva (7) tiene una distribución de intensidad esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo (F_r).
4. Lente intraocular o de contacto multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** los perfiles (8, 11) de las dos estructuras difractivas (6, 7) tienen una longitud de periodo (p_1, p_2) igual, siendo el perfil (8) de la primera estructura difractiva (6) creciente monótonamente dentro del periodo (p_1) y teniendo el perfil (11) de la segunda estructura difractiva (7) un mínimo en la primera mitad del periodo (p_2) y un máximo en la segunda mitad del periodo.
5. Lente intraocular o de contacto multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la primera estructura difractiva (6) tiene un perfil (8) con forma de dientes de sierra, de tipo Echelle o de Kinoform.
6. Lente intraocular o de contacto multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** la segunda estructura difractiva (7) tiene un perfil (11) con forma rectangular, trapezoidal o sinusoidal.
7. Lente intraocular o de contacto multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** al menos uno de los perfiles (8, 11, 14) tiene flancos redondeados o biselados (9, 10, 12, 13).
8. Lente multifocal según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** las dos estructuras difractivas (6, 7) están apodizadas en la dirección radial de la lente (1), preferiblemente en diferente medida.
9. Procedimiento para fabricar una lente intraocular o de contacto multifocal según la reivindicación 1, **caracterizado por** las etapas:
- a) proporcionar una pieza en bruto de lente (20) con un punto focal refractivo (F_r);
 - b) calcular una estructura de superposición (5) a partir de una primera estructura difractiva (6) y una segunda estructura difractiva (7), siendo las dos estructuras difractivas (6, 7) diferentes y coincidiendo un punto focal de primer orden ($F_{1,1}$) de la primera estructura difractiva (6) con un punto focal de primer orden ($F_{2,1}$) de la segunda estructura difractiva (7); y
 - c) incorporar la estructura de superposición (5) en la pieza en bruto de lente (20) para fabricar la lente multifocal (1).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** la incorporación de la estructura de superposición (5) en la pieza en bruto de lente (20) se realiza por medio de torneado.
11. Procedimiento para fabricar una lente intraocular o de contacto multifocal según la reivindicación 1, **caracterizado por** las etapas:
- a) proporcionar una pieza en bruto de molde (22);
 - b) calcular una estructura de superposición (5) a partir de una primera estructura difractiva (6) y una segunda estructura difractiva (7), siendo las dos estructuras difractivas (6, 7) diferentes y coincidiendo un punto focal de primer orden ($F_{1,1}$) de la primera estructura difractiva (6) con un punto focal de primer orden ($F_{2,1}$) de la segunda estructura difractiva (7);
 - c) incorporar la estructura de superposición (5) como negativo en la pieza en bruto de molde (22); y
 - d) fabricar la lente multifocal (1) poniendo en contacto un material de lente (20) con la pieza en bruto de molde (22), confiéndose al material de lente (20) también un punto focal refractivo (F_r).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la puesta en contacto tiene lugar mediante colada del material de lente (20) sobre la pieza en bruto de molde (22) y endurecimiento del material de lente (20).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado por que** la primera estructura difractiva (6) tiene una distribución de intensidad asimétrica alrededor del punto focal refractivo (F_r) y la segunda estructura difractiva (7) tiene una distribución de intensidad esencialmente simétrica alrededor del punto focal refractivo (F_r).

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado por que** los perfiles (8, 11) de las dos estructuras difractivas (6, 7) tienen una longitud de periodo (p_1 , p_2) igual, siendo el perfil (8) de la primera estructura difractiva (6) creciente monótonamente dentro del periodo (p_1) y teniendo el perfil (11) de la segunda estructura difractiva (7) un mínimo en la primera mitad del periodo (p_2) y un máximo en la segunda mitad del periodo (p_2).
- 5
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado por que** al menos una de las dos estructuras difractivas (6, 7) tiene flancos redondeados o biselados.
- 10
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 15, **caracterizado por que** las dos estructuras difractivas (6, 7) están apodizadas en la dirección radial de la lente (1), preferiblemente en diferente medida.

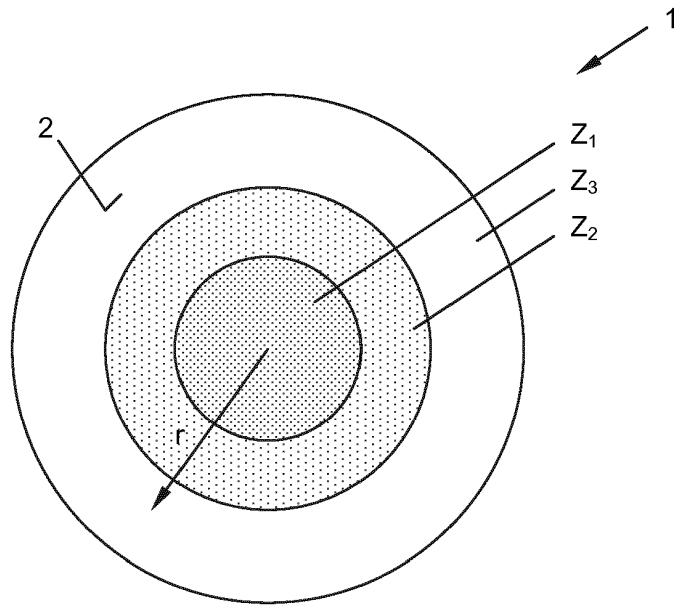


Fig. 1

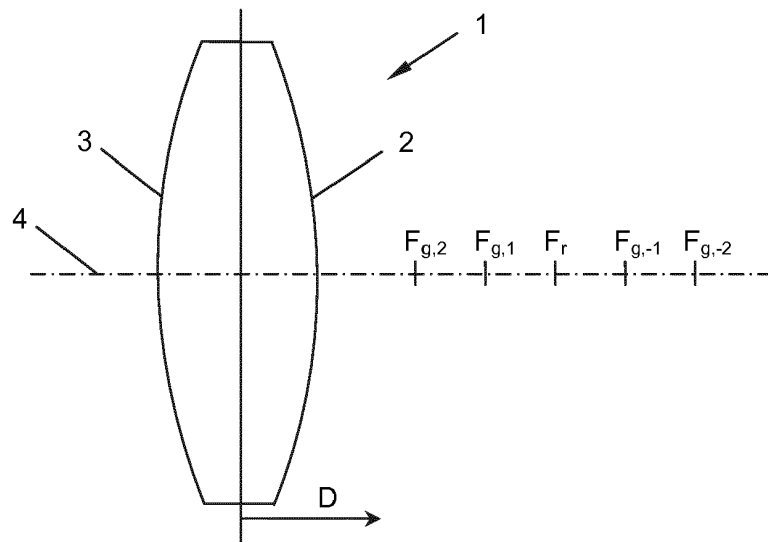


Fig. 2

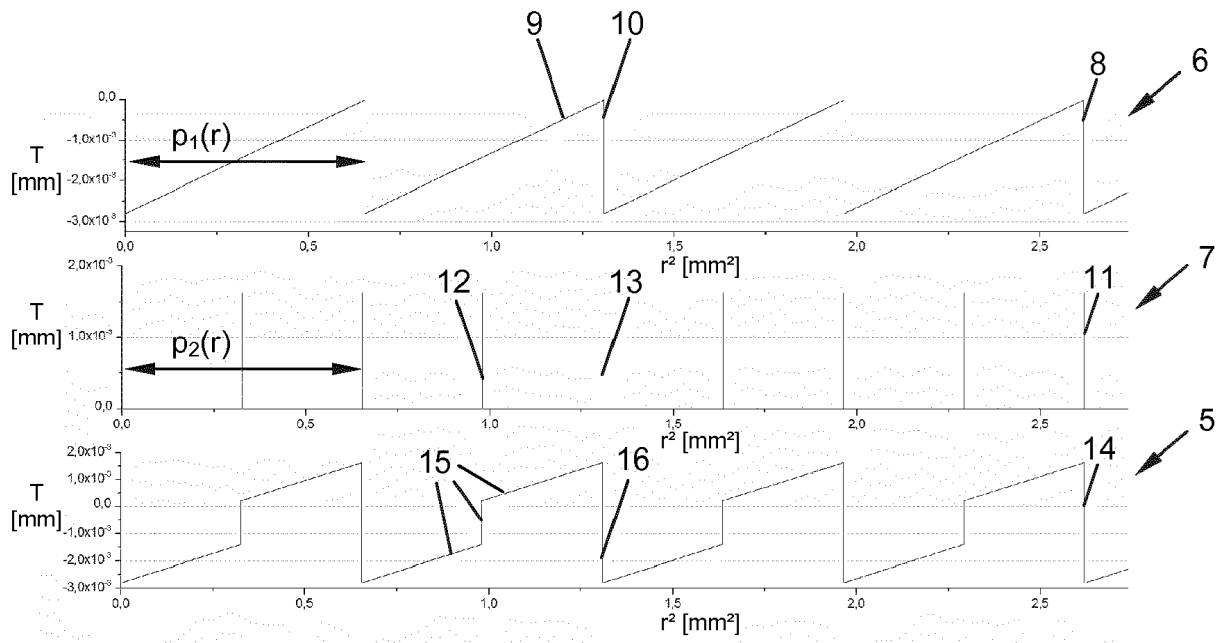


Fig. 3

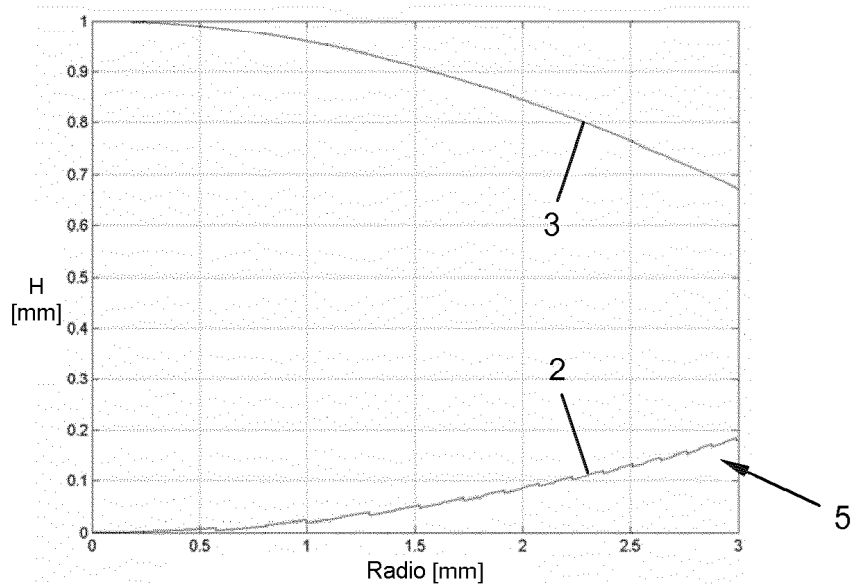


Fig. 4

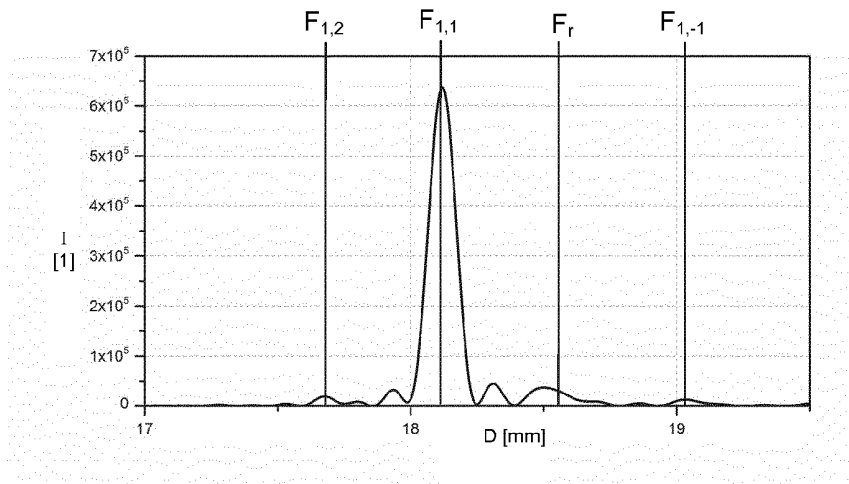


Fig. 5

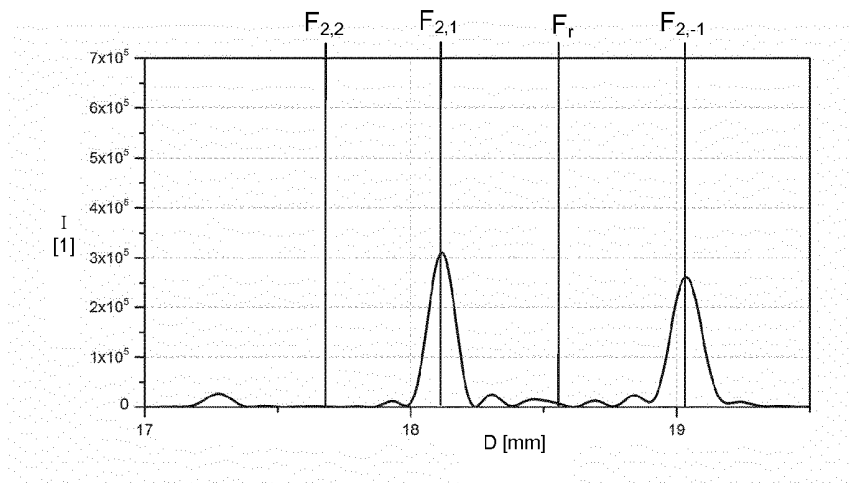


Fig. 6

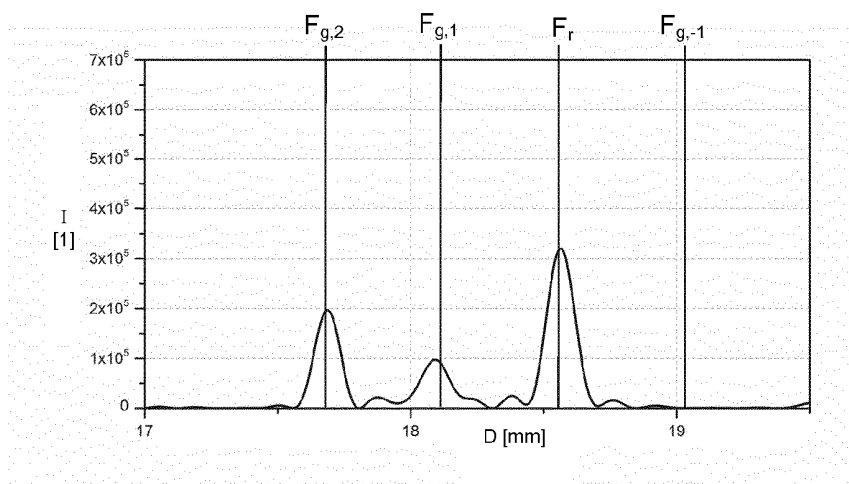


Fig. 7

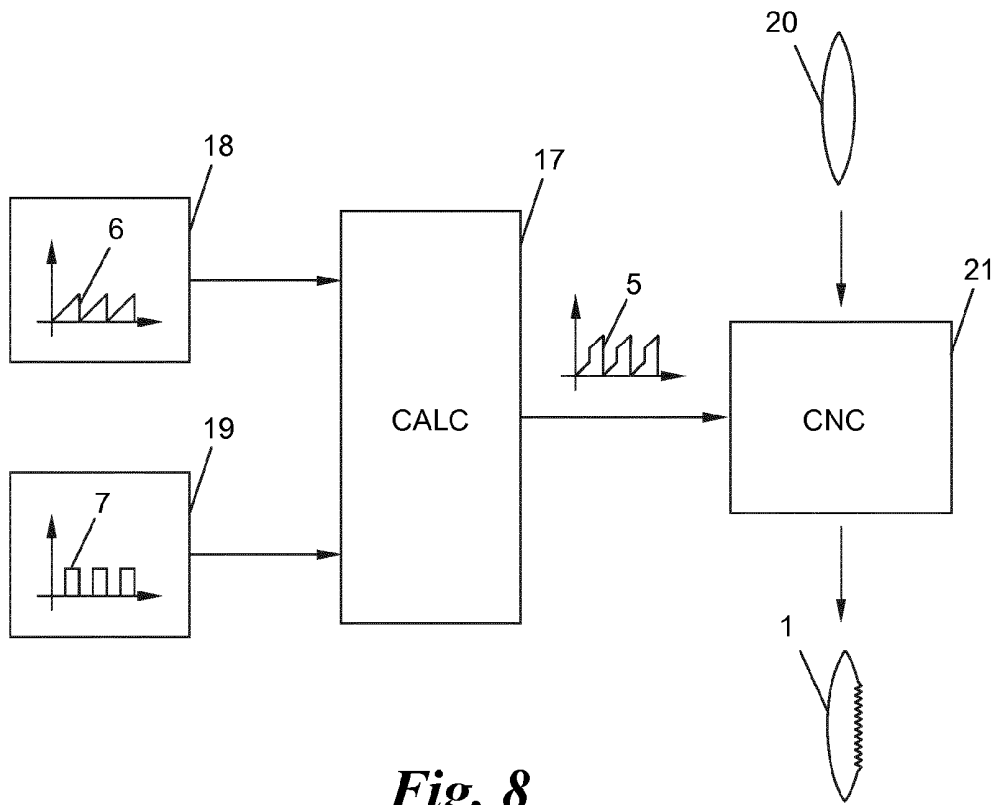


Fig. 8

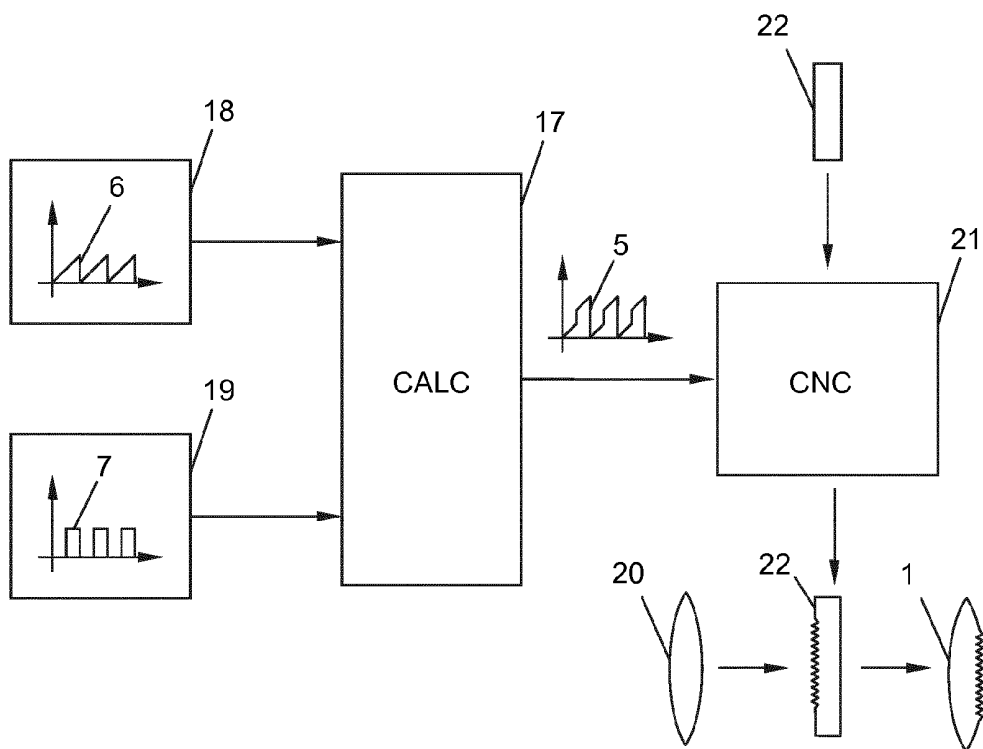


Fig. 9

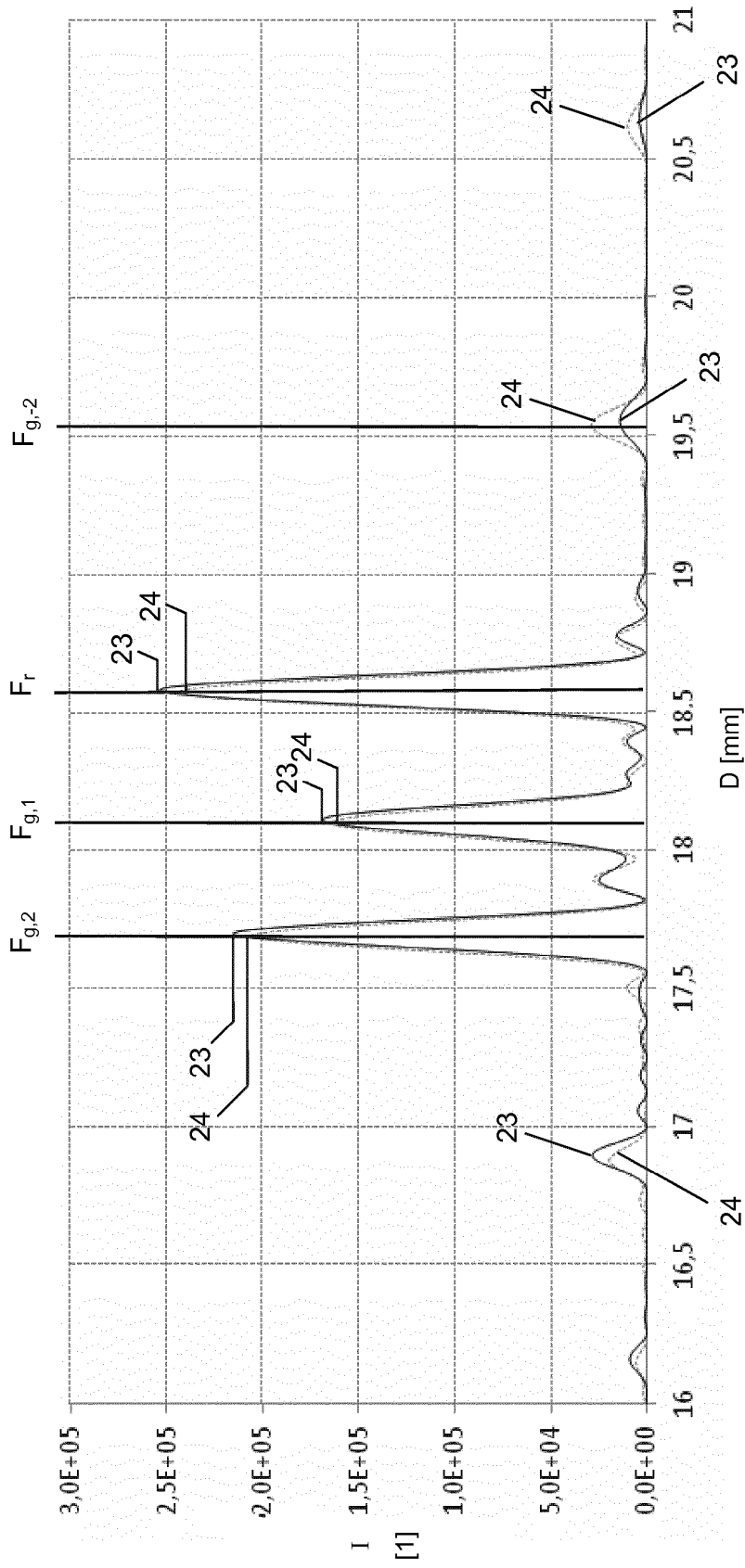


Fig. 10