



TÍTULO DE PATENTE No. 406056

Titular(es): UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Domicilio: Lascuráin de Retana No. 5, Col. Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO

Denominación: GENERADOR SINTONIZABLE DE REJILLAS LINEALES Y CIRCULARES DE FASE.

Clasificación: **CIP:** G02B5/18; F03G7/08; H02K35/02
CPC: G02B5/18; F03G7/08; H02K35/02

Inventor(es): JORGE OJEDA CASTAÑEDA; CRISTINA MARGARITA GÓMEZ SARABIA; MIGUEL TORRES CISNEROS; EDUARDO AGUILERA GÓMEZ; HÉCTOR PLASCENCIA MORA; LUIS MANUEL LEDESMA CARRILLO

SOLICITUD

Número:
MX/a/2018/008155

Fecha de Presentación:
29 de Junio de 2018

Hora:
14:36

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 29 de junio de 2038

Fecha de Expedición: 31 de agosto de 2023

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5º fracción I, 9, 10 y 119 de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso iii), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; 1º, 3º y 5º fracción I y antepenúltimo párrafo del Acuerdo Delegatorio de Facultades del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

El presente documento electrónico ha sido firmado mediante el uso de la firma electrónica avanzada por el servidor público competente, amparada por un certificado digital vigente a la fecha de su elaboración, y es válido de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 9 fracción I de la Ley de Firma Electrónica Avanzada y artículo 12 de su Reglamento. Su integridad y autoría, se podrá comprobar en www.gob.mx/impj. Asimismo, se emitió conforme lo previsto por los artículos 1º fracción III; 2º fracción VI; 37, 38 y 39 del Acuerdo por el que se establecen lineamientos en materia de Servicios Electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

SUBDIRECTORA DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

MARINA OLIMPIA CASTRO ALVEAR



Cadena Original:
MARINA OLIMPIA CASTRO ALVEAR|00001000000510738631|SERVICIO DE ADMINISTRACION
TRIBUTARIA|1987||MX/2023/83807|MX/a/2018/008155|Título de patente normal|1223|GAGV|Pág(s)
1|MFix2fpvdMsuFEive1UErmsg/U=

Sello Digital:
KZQsrp25vkVbl4RLBtndc9TmOn/JXyXuqY4dZzHxIH9STVnv1Lzzyv6DkP/ukyDuo03xqEAdI0T+s1OLCsHu3ZZBd
QYdFHw8oUPIO27EeZ+IAr9aL8pNLx0N96b5ZLtuaQGYM4lvVllebn2zegbMKHCv1ULG/vSGV4OAhY7HqPk5o36VF7o
tpe5kngF+tGEYDci2OvSn6jamCM4Tph1 MfP21gFE+3IU/T/SdZmhneNf5iV6uOOQJhnhHK4cHLLUjFgYDrZknwIBNw
rwMMkAWgzGP9UGFb/RSqVwSvOasGDHGG7C22mNGbxjJHtz41agR1FIMi/hDJ1cYTGzp/Qhg==



MX/2023/83807



GENERADOR SINTONIZABLE DE REJILLAS LINEALES Y CIRCULARES DE FASE

OBJETO DE LA INVENCION

Un dispositivo óptico para generar rejillas de fase, tanto lineales como circulares, con retardos de camino óptico sintonizables; mediante el uso de un par de mascarillas de fase conjugada. La transmitancia en amplitud de un elemento del par es la compleja conjugada del otro elemento del par. Para generar rejillas lineales, con retardos sintonizables, se introduce un desplazamiento lateral relativo entre las mascarillas de fase conjugada. Al presentarse este movimiento relativo, se genera una transmitancia periódica lineal; la cual tiene un retraso en el camino óptico proporcional al movimiento relativo. Para generar rejillas circulares, con retardos sintonizables, se introduce una rotación entre otro par de mascarillas de fase conjugada. Al presentarse una rotación relativa entre los elementos se genera una transmitancia periódica radial; la cual tiene un retraso en el camino óptico proporcional a la rotación relativa. Las máscaras de fase obtenidas pueden ser usadas para modificar los órdenes de difracción de espectrógrafos, sistemas de alineación y como estructuras de referencia patrón para calibrar la visualización de estructuras transparentes; mediante técnicas “Schlieren” y de microscopía de fase.

ANTECEDENTES

De manera general, un haz de luz puede sufrir modificaciones en su intensidad, fase o dirección mediante el uso de elementos de fase, de transmitancia o mixtos. Una lente es un antiguo y conocido elemento de fase, que, por ejemplo, es utilizado en los anteojos para que

los haces de luz converjan al plano de la retina (*E. Hetch, "Optics" 4th Ed. Addison Wesley 2002*). Otro ejemplo de un elemento óptico que modifica solamente la fase de un haz de luz se refiere a un prisma, el cual también es conocido en la técnica y provee una modificación en fase lineal (*F. J. Duarte and J. A. Piper, 1982*). "*Dispersion theory of multiple-prism beam expanders for pulsed dye lasers*". *Opt. Commun.* 43 (5): 303–307). Una rejilla de fase es una estructura periódica transparente, que posee variaciones de espesor o variación del índice de refracción, en alguna de sus dos superficies de vidrio. (*Joseph von Fraunhofer, 1821*). "*Neue Modifikation des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben*" [*New modification of light by the mutual influence and the diffraction of [light] rays, and the laws thereof*]. *Denkschriften der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu München (Memoirs of the Royal Academy of Science in Munich)*. 8: 3–76). Para variaciones de espesor, la realización física se lleva a cabo utilizando técnicas de micromaquinado o de desgaste, las cuales rayan y pulen con alta precisión, para generar perfiles de fase cuadrados, triangulares o senoidales. Para variación del índice de refracción, se proyecta un patrón de interferencia en luz UV, sobre un vidrio fotosensible (litografía), lo que permite modificar el índice de refracción en los sitios que son expuestos a la proyección luminosa. En todos los casos antes mencionados, los elementos ópticos descritos poseen un retardo de fase fijo. Si se pretende variar el retardo de fase, se tiene que fabricar un nuevo elemento con nuevas características. Esto es análogo al caso en el que una persona miope tiene que visitar a su oftalmólogo para que le haga un nuevo par de anteojos, porque su defecto visual se ha incrementado.

Sin embargo, existe una opción que permite obtener retrasos de fase variables con el uso de dos elementos de fase fija. Nos referimos a la incorporación de dos elementos de fase fija

que, mediante un desplazamiento relativo entre ambos elementos, es posible variar el retardo de fase. Como ejemplo tenemos al uso de pares de prismas en binoculares, por ejemplo y más recientemente han sido propuestos el uso de pares de lentes o incluso pares de elementos con perfiles cúbicos (US3305294A, MX2010005792A y US 8159753B2).

- 5 Pero, hasta el día de hoy y a nuestro mejor entender, no había sido propuesto el uso de un par de rejillas de fase circulares con retardo de fase fija o un par de rejillas lineales con retardo de fase fija, cuyo desplazamiento relativo en cada caso, permitiera obtener, a la salida de un dispositivo óptico, una distribución de amplitud compleja con un retardo de fase sintonizable. De manera específica, esta patente propone incorporar entre sus lentes, a un par de rejillas de
- 10 fase periódicas, con simetría rectangular para variaciones de fase en una dimensión (1-D) o rejillas de fase periódicas con simetría radial bidimensional (2-D). Por ejemplo; una rejilla de fase unidimensional (1-D), una rejilla de fase circular bidimensional (2-D) o una placa zonal circular bidimensional (2-D). Entre las rejillas de fase existe un desplazamiento relativo a su par, ya sea en forma lateral o angular, dependiendo de las simetrías (rectangular o
- 15 circular). En los tres casos mencionados, es posible comprobar, de acuerdo con la transmitancia en amplitud compleja obtenida mediante el uso del par de rejillas de fase, que los retardos en el camino óptico obtenidos varían linealmente con respecto del desplazamiento lateral relativo del par de elementos de fase en el caso de rejillas con simetría rectangular, o del ángulo relativo entre el par de rejillas de fase para el caso de simetría
- 20 circular.

Las máscaras de fase obtenidas pueden ser usadas para modificar los órdenes de difracción de espectrógrafos, sistemas de alineación y como estructuras de referencia patrón para

calibrar la visualización de estructuras transparentes; mediante técnicas “Schlieren” y de microscopía de fase, entre varios usos posibles.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5 Figura 1. Dispositivo óptico que emplea un par de mascarillas de fase, circulares y cada una con retraso fijo, para generar mediante una rotación una transmitancia periódica con retraso variable.

Figura 2. Dispositivo óptico que emplea un par de mascarillas de fase, lineal y cada una con retraso fijo, para generar mediante un desplazamiento lateral una transmitancia periódica con
10 retraso variable.

Figura 3. Distribución bidimensional de una rejilla de fase circular, con anillos periódicos equidistantes y con retraso fijo. Además, se muestra una rejilla de fase lineal, con líneas periódicas equidistantes y con retraso fijo.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

De acuerdo a la figura 1, la luz proveniente del objeto (1), que es una fuente puntual de luz, ilumina a la lente (2) colocada a su distancia focal; por lo que así se logra una iluminación uniforme y de fase constante sobre la primera rejilla de fase circular con retraso fijo (3). Esta primera rejilla está colocada a distancia focal de la lente (2). En contacto cercano a la primera
20 rejilla de fase circular con retraso fijo (3), se localiza una segunda rejilla de fase circular y con retraso fijo (4). La transmitancia en amplitud compleja es colectada por la lente (5), que está colocada a distancia focal de la segunda rejilla de fase circular y con retraso fijo (4). Ya que las rejillas de fase circular y con retraso fijo (3) y (4), se encuentran en los planos focales

de las lentes, se observan órdenes de difracción (6), a lo largo del eje de simetría (eje óptico) de la lente (5). La intensidad luminosa de los órdenes de difracción (6), puede ser medida con un sensor; que detecta los retardos variables generados al rotar entre si, las rejillas de fase circular y con retraso fijo (3) y (4).

- 5 La transmitancia en amplitud de primera rejilla de fase circular y con retraso fijo (3); está descrita por la expresión matemática

$$g_1(r, \theta) = \exp \left[i 2\pi a \left(\frac{\theta}{2\pi} \right) \sin \left(2\pi \left(\frac{r}{p} \right) \right) \right] \text{circ} \left(\frac{r}{R} \right). \quad (1)$$

En la ecuación (1), la letra “p” representa el periodo radial, las coordenadas polares sobre la primera rejilla de fase circular y retraso fijo (3) son (r, θ) . El último término de la ecuación

- 10 (1) denota el límite físico de la rejilla circular de radio “R”. En forma similar, la transmitancia en amplitud compleja de la segunda rejilla de fase circular y retraso fijo (4) es

$$g_2(r, \theta) = g_1^*(r, \theta). \quad (2)$$

En la ecuación (2) el asterisco denota la operación matemática de complejo conjugado.

Si las rejillas de fase circular y retraso fijo (3) y (4) se superponen y se rotan sobre su eje,

- 15 entonces la transmitancia de amplitud compleja resultante es

$$g(r, \theta; \beta) = g_1 \left(r, \theta + \frac{\beta}{2} \right) g_1^* \left(r, \theta - \frac{\beta}{2} \right) \text{circ} \left(\frac{r}{R} \right). \quad (3)$$

En la ecuación (3) la letra griega β representa el valor del ángulo de rotación relativa. Al substituir las ecuaciones (1) y (2) en (3), se obtiene que la transmitancia en amplitud compleja resultante es

- 20
$$g(r, \theta; \beta) = \exp \left[i (a\beta) \sin \left(2\pi \left(\frac{r}{p} \right) \right) \right] \text{circ} \left(\frac{r}{R} \right) \quad (4)$$

En la ecuación (4) es posible percibir que la variación periódica de fase obtenida presenta un retardo en el camino óptico que tiene una dependencia lineal del desplazamiento relativo entre el par de rejillas “ β ”.

Ahora, consideremos nuevamente a la primera de las rejillas de fase circular y con retraso
 5 fijo (3); en el caso especial en el que el perfil periódico sea no lineal, por ejemplo de la forma

$$g_1(r, \theta) = \exp \left[i 2\pi a \left(\frac{\theta}{2\pi} \right) \sin \left(2\pi \left(\frac{r}{p} \right)^2 \right) \right] \text{circ} \left(\frac{r}{R} \right) \quad (5)$$

Considerando la segunda rejilla de fase circular y con retraso fijo (4); en el caso especial en el que el perfil periódico sea también no lineal y compleja conjugada de la anterior.

Nos permite obtener la transmitancia en amplitud compleja promedio

$$10 \quad g(r, \theta, \beta) = \exp \left[i (a \beta) \sin \left(2\pi \left(\frac{r}{p} \right)^2 \right) \right] \text{circ} \left(\frac{r}{R} \right) \quad (6)$$

En la ecuación (6) puede observarse la dependencia no lineal de la variable “ r ”, en este caso cuadrática, describe a una distribución conocida como placa zonal. Además, es posible comprobar que el retardo en el camino óptico es también, como en el caso anterior, descrito en la ecuación 4, una función lineal del ángulo de desplazamiento entre ambas rejillas “ β ”.

15 Para los dos casos anteriores, relativos al uso de un par de rejillas de fase circulares con retraso fijo; en ellos es posible visualizar que los órdenes de difracción (6) proyectados a lo largo del eje óptico en la Figura 1 tendrán intensidad variable, de acuerdo al ángulo de desplazamiento entre ambas rejillas “ β ”.

De acuerdo con la figura 2, la luz proveniente del objeto (1), que es una fuente puntual de
 20 luz, ilumina a la lente (2) colocada a su distancia focal; por lo que así se logra una iluminación uniforme y de fase constante sobre la primera rejilla de fase lineal y con retraso fijo (7). Esta

primera rejilla de fase lineal y con retraso fijo está colocada a distancia focal de la lente (2).

En contacto cercano a la primera rejilla de fase lineal y con retraso fijo (7), se localiza una

segunda rejilla de fase lineal y con retraso fijo (8). La transmitancia en amplitud compleja es colectada por la lente (5), que está colocada a distancia focal de la segunda rejilla de fase

5 lineal y con retraso fijo (8). Ya que las rejillas de fase lineal y con retraso fijo (7) y (8), se encuentran en los planos focales de las lentes, se observan órdenes de difracción (9), perpendicularmente al eje de simetría (eje óptico). La intensidad luminosa de los órdenes de difracción (9), puede ser medida con un sensor; que detecta los retardos variables generados al desplazar lateralmente entre si, las rejillas de fase lineal y con retraso fijo (7) y (8).

10 Si consideramos ahora a una de las rejillas de fase de fase lineal y con retraso fijo (7), de acuerdo a la Figura 2, la transmitancia en amplitud compleja puede ser escrita como

$$g_1(x) = \exp \left[i 2 \pi a \sin \left(2 \pi \frac{x}{d} \right) \right] \text{rect} \left(\frac{x}{L} \right) \quad (7)$$

En la ecuación (7), la letra “a” representa la diferencia de camino óptico y la letra “d” representa el periodo de la rejilla. El último término de la ecuación (7) representa el ancho

15 finito de la rejilla “L”.

Para la segunda rejilla, de fase de fase lineal y con retraso fijo (8), la transmitancia en amplitud compleja correspondiente es entonces

$$g_2(x) = g_1^*(x) \quad (8)$$

En la ecuación (8) el asterisco denota la operación matemática de complejo conjugado.

20 Si ambas rejillas se colocan en contacto y se desplazan lateralmente de manera relativa una distancia “D”, la transmitancia en amplitud compleja promedio es

$$g(x; D) = g_1\left(x + \frac{D}{2}\right) g_1^*\left(x - \frac{D}{2}\right) \text{rect}\left(\frac{x}{X}\right) \quad (9)$$

En la ecuación (9) hemos considerado que el sistema óptico tiene una ventana promedio de ancho “X”, en donde “X” es menor a “L”. En consecuencia, el desplazamiento lateral máximo “D” será “L/2”. Sustituyendo las ecuaciones (7) y (8) en (9), la transmitancia en

5 amplitud compleja promedio es

$$g(x; D) = \exp\left\{i2\pi\left[2\sin\left(\frac{\pi D}{d}\right)\right]\cos\left(2\pi\frac{x}{d}\right)\right\} \text{rect}\left(\frac{x}{X}\right) \quad (10)$$

La ecuación (10) muestra una rejilla de fase cosenoidal de periodo fijo “d”. En ella, también es posible apreciar que la variación del camino óptico obtenido es una función sinusoidal dependiente del desplazamiento lateral “D”

10 Para el caso anterior, relativo al uso de un par de máscaras de fase lineales y de retraso fijo; es posible percibir que los órdenes de difracción (9) proyectados en el plano perpendicular al eje óptico en la Figura 2, tendrán intensidad variable; conforme al desplazamiento lateral relativo entre ambas rejillas “D”.

De acuerdo a la figura 3, se describe físicamente la variación periódica de fase, con periodo

15 “d” para la primera rejilla de fase circular y con retraso fijo (3) y para primera rejilla de fase lineal y con retraso fijo (7).

Estas 3 máscaras de fase obtenidas como ejemplos, pueden ser utilizadas para analizar objetos en fase, permitiendo modificar el retraso de camino óptico simplemente al desplazar una de las rejillas utilizadas, lo que puede ser aplicado en microscopía de fase.

REIVINDICACIONES

Habiendo descrito suficientemente nuestra invención, consideramos como una novedad y por lo tanto reclamamos como de nuestra exclusiva propiedad, lo contenido en las siguientes cláusulas:

- 5 1. Un dispositivo óptico para generar amplitudes controlables de perfiles periódicos de fase, tanto en forma unidimensional como en forma bidimensional, el cual consiste en: una fuente puntual de luz (1) que ilumina a una lente (2) colocada a distancia focal, iluminando uniformemente a la primera rejilla (3 o 7); en contacto a la primera
10 rejilla, se localiza una segunda rejilla (4 u 8), cuya transmitancia es colectada por una lente (5) que, a su vez, coloca la intensidad luminosa en un sensor; el par de máscaras o rejillas contienen perfiles periódicos de fase con amplitud fija y además; conjugada, una de la otra.

- 15 2. El dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque consiste en un par de rejillas de fase periódica unidimensionales (3 y 4), que al desplazarse entre si, proyectan los órdenes de difracción (6) en el plano focal de la lente (5); y en donde la intensidad luminosa de los órdenes de difracción es controlada mediante el desplazamiento relativo del par de rejillas propuesto.

- 20 3. El dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque consiste en un par de rejillas de fase circular bidimensional con simetría radial (7 y 8), la variación radial periódica es la de anillos concéntricos y equidistantes que proyectan los órdenes de difracción (6) a lo largo del eje óptico de las lentes (2) y (5), colocando el orden central en el punto focal de la lente (5); y en donde la intensidad luminosa de

10

cada uno de los órdenes de difracción, es controlada mediante la rotación relativa del par de rejillas propuesto.

4. El dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque consiste en un par de rejillas de fase en la forma de una placa zonal (7 y 8), la variación radial periódica es la de anillos concéntricos y separados de forma no lineal, que proyectan los órdenes de difracción (6) a lo largo del eje óptico de las lentes (2) y (5), colocando el orden central en el punto focal de la lente (5); y en donde la intensidad luminosa de cada uno de los órdenes de difracción, es controlada mediante la rotación relativa del par de rejillas propuesto.

10

15

20

RESUMEN

La presente invención consiste en el uso de un par de elementos de fase (transparentes) en un sistema óptico conocido en la técnica. Cada uno de estos elementos transparentes funciona como una rejilla de fase periódica y con retardo fijo, una conjugada de la otra.

5 Cuando son iluminadas y existe un desplazamiento relativo entre los elementos que constituyen el par, posterior a ellas, se genera una distribución de transmitancia en amplitud compleja que equivale a una máscara de fase con un perfil periódico la cual posee un retardo en el camino óptico cuya magnitud puede variarse. Las rejillas de fase periódicas utilizadas en el par pueden ser unidimensionales o bidimensionales y, en consecuencia, las máscaras de fase generadas pueden ser unidimensionales o

10 bidimensionales, respectivamente. Puede probarse que, la transmitancia en amplitud compleja promedio obtenida por el uso del par de rejillas periódicas de fase sobrepuestas y con retardo fijo, presenta un retraso en el camino óptico, que es función del desplazamiento relativo entre el par de elementos. La transmitancia en amplitud compleja

15 generada por el uso de estos pares de rejillas de fase, puede utilizarse para sustituir interferómetros como Talbot o Zernike para iluminar muestras, con la ventaja de acortar distancias o variar el patrón con el movimiento de una de las rejillas de fase, por ejemplo en microscopía de fase. La máscara de fase obtenida también puede ser utilizada en sistemas de comunicación ópticos para modular la fase de los haces utilizados, entre

20 muchas otras aplicaciones.

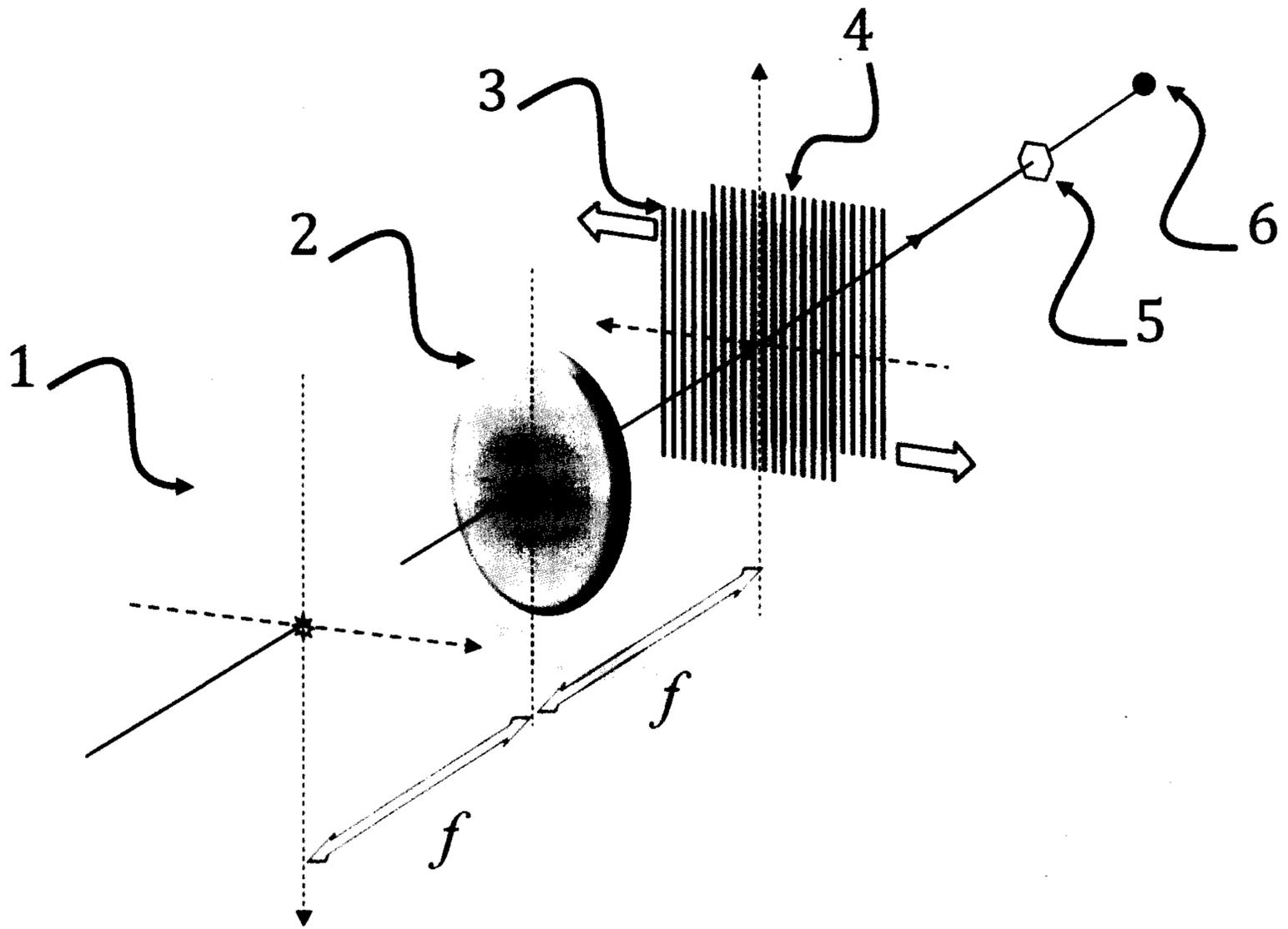


Figura 1

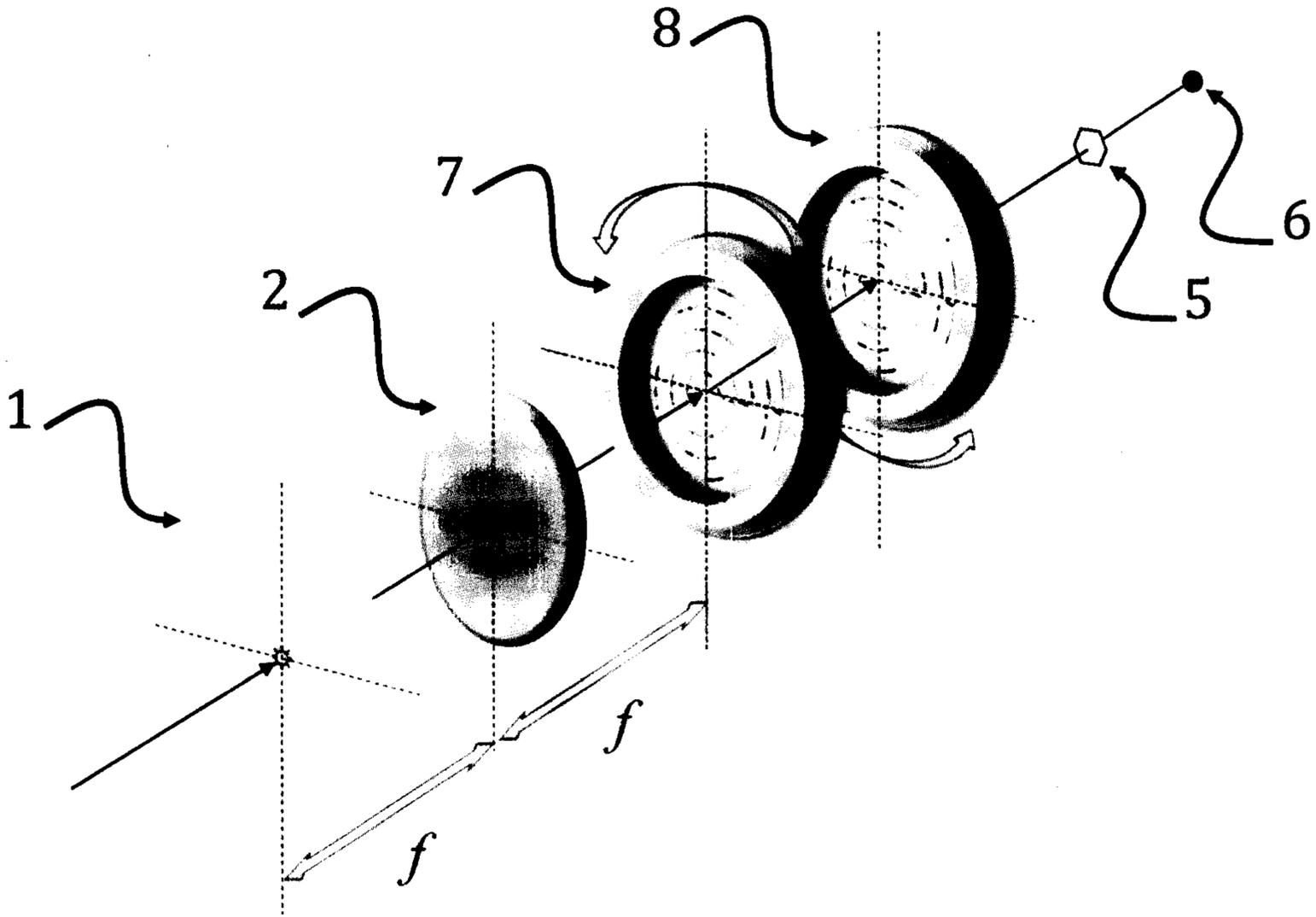


Figura 2

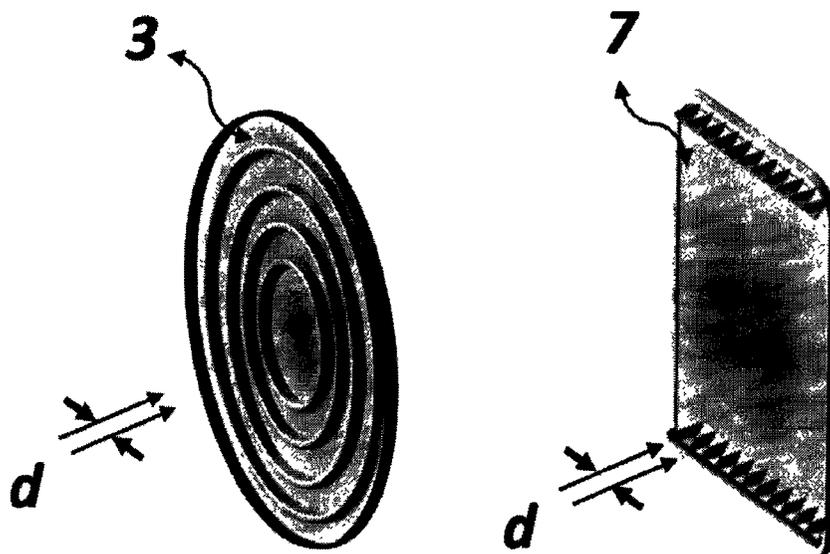


Figura 3