



TÍTULO DE PATENTE No. 394759

Titular(es): UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Domicilio: Lascuráin de Retana 5, Col. Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO

Denominación: DISPOSITIVO CORRELADOR DE POLARIZACIÓN ÓPTICA PARA ALINEACIÓN ANGULAR.

Clasificación: **CIP:** G01C25/00; G01C19/06; H01F7/02
CPC: G01C25/005; G01C19/065; G02C7/16; H01F7/02

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

SOLICITUD

Número:	Fecha de Presentación:	Hora:
MX/a/2018/010463	30 de Agosto de 2018	12:07

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 30 de agosto de 2038

Fecha de Expedición: 22 de junio de 2022

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 auturía, 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/2022/75095|MX/a/2018/010463|Título de patente normal|1220|RRGO|Pág(s)
1|/t/vxqqV9wW0G1n/3hucjkYc5Gul=

Sello Digital:
MMeFqdK5rCVay2sh9c5WZKgEo0goFN4P+gfyOvohAWyYXRzULy8rtgi/Ps5hJ6fMemSDtcZiv9pt8MjJftsprzM75
d3clBcv7fgk/5pgspY0LGMkyXFMZcO/4vNuKt/k4sFlyNPSzLB6JextVXLiPHSWMolFwRGBOR0dQNfhu1Zm9bUw2QS
SbgotXS4vceVuwWsvaBOzwDEtdxvNEuVHoVkiJF6+g4LZ5b9hOJO5Mnr3gOH6IW8M8ajvT1Dn9S8vpKvVGr8g76VdD
+H/sHM+cpllafnygmuE/zp+X+Khhk8QXYp40XXO2Y+XQlvPwaUsouypRQbi2fKuQyyoqWxFQ==



MX/2022/75095



DISPOSITIVO CORRELADOR DE POLARIZACIÓN ÓPTICA PARA ALINEACIÓN ANGULAR

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

Un dispositivo que permite alinear, de manera angular, un sistema que puede ser
5 mecánico u óptico. El dispositivo utiliza la correlación óptica, para lo cual involucra
dos máscaras circulares en las que se ha grabado angularmente una misma secuencia
pseudo-aleatoria específica; conocida como el código de Barker. Si ambas máscaras
están angularmente alineadas, un detector de radiación luminosa registrará una
irradiancia máxima, la cual decrece abruptamente cuando una de las máscaras es rotada.
10 Utilizando un detector adecuado, el dispositivo es capaz de reconocer rotaciones
menores a microradianes.

Las secuencias de Barker son un conjunto de números binarios (+1 y -1), los cuales se
emplean para codificar en forma radial las máscaras propuestas, mediante la siguiente
metodología. La codificación de las máscaras se realiza mediante ranuras radiales; si en
15 la secuencia de Barker seleccionada existe un número uno (+1), entonces a la ranura le
corresponderá una diferencia de fase igual a cero. Mientras que, si la secuencia de
Barker seleccionada existe un menos uno (-1), entonces a la ranura le corresponderá una
diferencia de fase igual a π . El dispositivo propuesto puede ser utilizado en diversos
sistemas mecánicos, como codificadores rotatorios, o en sistemas ópticos para analizar
20 el comportamiento de lentes vari focales.

ANTECEDENTES

En lo general, los codificadores son transductores eléctrico-electrónico-mecánico diseñados para traducir la posición geométrica de un dispositivo mecánico, en una secuencia de números binarios; la cual corresponde a una señal digital en electrónica. Equivalentemente, los codificadores son capaces de guiar los movimientos de dispositivos mecánicos (sistemas articulados o robots) para obtener una posición geométrica particular; a partir de la información de una señal electrónica, en la forma de una secuencia de números binarios. Ejemplos típicos del uso de codificadores son un ratón de computadora (X-Y Position indicator for a display system, US Patent 3,541,541; nov. 17, 1970, D. C. Engelbart) o el de una brújula digital (Magnetic compass with optical encoder, US4937945A, Kenneth Schofield Desmond, J. O'Farrell Kenneth, L. Schierbeek; Donnelly Corp).

En lo particular, los codificadores rotatorios, también llamados codificadores de eje, son transductores eléctrico-electrónico-mecánico que asignan un código digital a la posición angular de un eje de giro. Los codificadores rotatorios se pueden clasificar en absolutos e incrementales. El codificador absoluto emplea discos grandes para que la información de la posición del eje esté grabada a lo largo del radio para un ángulo establecido (Rotary optical encoder employing multiple subencoders with common reticle substrate, US20080042051A1, Kurt Sidor Keith, M. Hinrichs; Novanta Inc); mientras que el codificador incremental utiliza discos con radios reducidos que poseen muescas y que utilizan fotodetectores para calcular la posición angular, mediante el conteo de muescas en un sentido o en otro (Photoelectric shaft angle encoder, US3187187A, Wayne George Corp).



Por otra parte, para reconocer la similitud de dos señales electrónicas, o de dos imágenes, se emplea la operación matemática de correlación; la cual comúnmente se realiza mediante circuitos electrónicos o por dispositivos ópticos. La realización de la operación de correlación entre imágenes se aplica para el reconocimiento de caracteres, de textos y para
5 identificar características cinemáticas de un dispositivo mecánico (A Determination of the Kinematic Quantities of a Rotating Object by Digital Image Correlation Method, Martin Hagara, Róbert Huňady, Pavol Lengvarský, American Journal of Mechanical Engineering, 2013, Vol. 1, No. 7, 289-292).

Para un eficiente reconocimiento de caracteres específicos, empleando la operación de
10 convolución, conviene diseñar secuencias de números. A estas secuencias de números se denominan códigos, y en algunas ocasiones los códigos llevan asociado los apellidos de sus inventores (Golomb, S.W.; Scholtz, R.A. (octubre de 1965). "Generalized Barker Sequences", IEEE Trans. Information Theory. IT-11: 533-537). Ciertas secuencias de números garantizan que la operación de convolución tenga solo dos valores. Un valor
15 máximo, si la secuencia es la misma. De otro modo, la operación de correlación tiene un valor mínimo. De este modo, se detecta si se trata de la misma secuencia, o no es la misma secuencia (Pseudo-Random Sequences and Arrays, F. Jessie Macwilliams and Neil J. A. Sloane, Proceedings of the IEEE, Vol. 64, 1715-1729, 1976). Un ejemplo del uso de la operación de convolución es la identificación de mercancías mediante códigos de barras.
20 En esta patente se emplean dos discos opacos, iguales entre sí, en donde cada uno de los discos contienen ranuras radiales transparentes. Las ranuras van del origen a la periferia de cada uno de los discos opacos. La transmitancia de cada una de las ranuras radiales es proporcional a un número de la secuencia de Barker. Al realizarse ópticamente la operación

matemática de correlación, es posible identificar a una ranura respecto de otra; y consecuentemente es posible reconocer la posición angular del disco opaco.

Ya que las secuencias de Barker contienen números con valores positivos y negativos, una de las modalidades en esta patente propone el uso de luz polarizada para lograr asignar valores negativos a una señal luminosa. Específicamente, si la secuencia de Barker contiene el número uno (+1), entonces a la ranura le corresponde una polarización radial; mientras que si la secuencia de Barker contiene el número menos uno (-1), entonces a la ranura le corresponde una polarización angular. Si ambos discos coinciden angularmente entonces, la irradiancia luminosa detectada tiene un valor máximo. De otro modo, la irradiancia luminosa decrece con gran pendiente hasta un valor mínimo (C.M. Gómez-Sarabia, L.M. Ledesma-Carrillo, C. Guzmán-Cano, M. Torres-Cisneros, R. Guzmán-Cabrera, J. Ojeda-Castañeda, "Pseudo-random masks for angular alignment"; Applied Optics, Vol. 56, No. 28 (2017) 7869-7876). Entonces, un ligero movimiento angular puede ser detectado en este dispositivo, mientras que en las propuestas existentes solo se detecta la presencia, o ausencia, de la ranura (modo binario), lo que permite aumentar la sensibilidad de detección en varios órdenes de magnitud.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Dispositivo óptico, en un posicionador mecánico, que incorpora en el plano de Fraunhofer un par de máscaras circulares; las cuales contienen varias ranuras radiales.

Figura 2. Representación esquemática del sistema de iluminación y de detección luminosa.

Figura 3. Descripción gráfica de la polarización luminosa, para obtener un valor máximo si las máscaras tienen coincidencia angular.

Figura 4. Descripción gráfica de la polarización luminosa, para obtener un valor mínimo si las máscaras no coinciden angularmente.

5 Figura 5. Descripción gráfica de la inclusión de una lente entre las dos máscaras.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Una posible configuración del dispositivo es detallada en la figura 1, en donde; una fuente puntual de luz (1) ilumina a una lente colimadora (2), que está colocada a su distancia focal; para iluminar uniformemente a la primera máscara (3) con ranuras radiales, que van del centro a la periferia, codificadas con el código de Barker, de orden “L”. Un ejemplo, sin ser limitativo, para realizar la codificación con la secuencia de Barker de orden L seleccionada; si existe un número uno (+1), entonces a la ranura le corresponderá una diferencia de fase igual a cero. Es decir, una ranura que deja pasar la luz libremente, mientras que, si la secuencia de Barker de orden L seleccionada, existe un menos uno (-1), entonces a la ranura le corresponderá una diferencia de fase igual a π , es decir, una ranura a la cual se le coloca material transparente con un camino óptico igual a la mitad de la longitud de onda. Esta primera máscara (3) gira con el eje mecánico, cuya posición angular nos interesa cuantificar.

20 Continuando con la Figura 1; la radiación luminosa, que deja pasar la primera máscara (3), incide en la segunda máscara (4); que a su vez está codificada con el mismo código de Barker L, y de la misma forma que para la máscara (3). Esta segunda máscara (4) es fija,



para ser utilizada como sistema de referencia. Lo anterior genera una distribución de amplitud compleja que es colectada por una segunda lente (5), colocada a distancia focal para recaudar en un fotodetector (6) la radiación luminosa. La irradiancia total se registra en el integrador (7) para identificar un valor de la radiación luminosa y correlacionarla con la posición angular de la primera máscara (3).

Otra posible configuración del dispositivo, que enfatiza gráficamente las características de iluminación, transmitancia, detección e integración; para realizar ópticamente la operación de correlación angular, es detallada en la figura 2, en donde; una fuente puntual de luz (1) ilumina a una lente colimadora (2), que está colocada a su distancia focal; para iluminar uniformemente a la primera máscara (8) con ranuras radiales, que van del centro a la periferia, codificadas con el código de Barker, de orden "L". Un ejemplo, sin ser limitativo, para realizar la codificación es que si en la secuencia de Barker de orden L seleccionada existe un número uno (+1), entonces a la ranura le corresponderá una diferencia de fase igual a cero. Es decir, una ranura que deja pasar la luz libremente, mientras que, si la secuencia de Barker de orden L seleccionada, existe un menos uno (-1), entonces a la ranura le corresponderá una diferencia de fase igual a π , es decir, una ranura a la cual se le coloca material transparente con un camino óptico igual a la mitad de la longitud de onda. Esta primera máscara (8) puede girar, y es su posición angular, la que nos interesa cuantificar.

Continuando con la Figura 2; la radiación luminosa, que deja pasar la primera máscara (8), incide en la segunda máscara (9); que a su vez está codificada con el mismo código de Barker L, y de la misma forma que para la máscara (8). Esta segunda máscara (9) es fija,



para ser utilizada como sistema de referencia. Lo anterior genera una distribución de amplitud compleja que es colectada por una segunda lente (5), colocada a distancia focal para recaudar en un fotodetector (6) la radiación luminosa. La irradiancia total se registra en el integrador (7) para identificar un valor de la radiación luminosa y correlacionarla con la posición angular de la primera máscara (8). Se debe notar que en la Figura 2 la irradiancia de la lente (2) incide sobre toda el área de la máscara (8) y de la máscara (9), mientras que, en la Figura 1, la irradiancia de la lente (2) incide solamente sobre una parte de la máscara (2) y de la máscara (3).

Otra modalidad de la invención es la forma en que se usa una secuencia de Barker de orden L para codificar las máscaras. Para realizar la codificación con la secuencia de Barker de orden L seleccionada; si existe un número uno (+1), entonces a la ranura se le coloca un polarizador cuyo eje está alineado con la rendija, mientras que, si la secuencia de Barker de orden L seleccionada, existe un menos uno (-1), entonces a la ranura se le coloca un polarizador cuyo eje es perpendicular al eje de la ranura. En esta modalidad, los arreglos que se muestran en las Figuras 1 y 2, usan las máscaras (2) y (3), así como las máscaras (8) y (9) con polarizadores.

Si en el dispositivo mostrado en la Figura 2 la máscara (8) se intercambia por la máscara polarizada (10) y la máscara (9) se intercambia por las máscara polarizada (11), el arreglo de máscaras polarizadas se muestra en la figura 3, en el funcionamiento del dispositivo nuevamente se tiene un haz de luz colimado que proviene de la lente (2) ilumina de manera homogénea la máscara polarizada (10), que a manera de ejemplo no limitativo se ha codificado usando una secuencia de Barker de orden 5, con valores 1,1,1,-1,1, mediante el uso de polarizadores, descritos en el párrafo anterior. En el radio exterior a la máscara (10)



se ejemplifica por medio de flechas en tono gris y en tono negro, las orientaciones de la polarización luminosa, que codifican a las ranuras radiales. La radiación luminosa transmitida por la máscara (10) incide sobre la máscara (11), la cual utiliza la misma secuencia de Barker de orden 5 y los polarizadores para su codificación, la orientación de éstos está indicada en el círculo exterior. De hecho, como es posible analizarlo de la figura 3, las rendijas de las máscaras (10) y (11), y la orientación de los polarizadores localizados en sus rendijas, empatan perfectamente, es decir, existe coincidencia angular, ángulo 0° , Debido a esta coincidencia, la luz que es transmitida en cada una de las 5 rendijas de la máscara (10), es polarizada linealmente en la misma dirección del polarizador localizado en la rendija correspondiente de la máscara (11), por lo que es transmitida y la suma de la irradiancia detectada en el integrador (7) es igual al número 5, en unidades arbitrarias.

En el caso en la que hay un desplazamiento angular de la máscara (10), ejemplo no limitativo, en un ángulo de 72° , como se observa en la figura 4, se ha codificado usando una secuencia de Barker de orden 5, con valores 1,1,1,-1,1, mediante el uso de polarizadores, descritos en el párrafo anterior. En el radio exterior a la máscara (10) se ejemplifica por medio de flechas en tono gris y en tono negro, las orientaciones de la polarización luminosa, que codifican a las ranuras radiales. La radiación luminosa transmitida por la máscara (10) incide sobre la máscara (11), la cual utiliza la misma secuencia de Barker de orden 5 y los polarizadores para su codificación, la orientación de éstos está indicada en el círculo exterior, pero ésta presenta una rotación en contra de las manecillas de reloj de 72° . Por esta razón, los polarizadores de dos de las rendijas de la máscara (10) son perpendiculares a las correspondientes rendijas de la máscara (11), lo que significa que la luz no será transmitida a través de ellas. Obteniendo, en este caso, que la

suma de la irradiancia detectada se registra en el integrador (7), es igual al número 3, en unidades arbitrarias.

Para cualquiera de las modalidades del dispositivo, al incorporar más ranuras es posible detectar rotaciones de ángulos pequeños, y también es posible incrementar la diferencia
5 entre el valor máximo y el valor mínimo (Razón Señal/Ruido). Para ello se emplea el producto directo, como se emplea en algebra lineal, de la secuencia de Barker. Estas características se discuten con detalle en la publicación de C.M. Gómez-Sarabia, L.M. Ledesma-Carrillo, M.C. Guzmán-Cano, M. Torres-Cisneros, R. Guzmán-Cabrera, and J. Ojeda-Castañeda; “*Pseudo-random masks for angular alignment*”; *Applied Optics* Vol. 56,
10 No. 28 (2017) 7869-7876.

Otras modalidades del dispositivo son que la primera máscara (3) en la Figura 1 y (8) en la Figura 2 sean fijas y las segunda máscaras (4) en la Figura 1 y (9) en la Figura 2 sean rotatorias; también es posible que ambas máscaras sean rotatorias.

Otra modalidad para evitar posible la fricción o para aumentar la distancia entre las
15 máscaras, se incluye una lente entre las dos máscaras que forma la imagen del primer disco, en el segundo disco. Esta modalidad se presenta en la Figura 5.



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 correlador que consiste en una fuente puntual de luz ilumina a una lente colimadora, que está colocada a su distancia focal; para iluminar uniformemente a una primera máscara, la radiación luminosa, que deja pasar una primera máscara, incide en una segunda máscara cuya distribución de amplitud compleja que es colectada por una segunda lente colimadora, para recaudarla en un fotodetector, que
10 se registra en un integrador. La primera máscara y la segunda máscara se caracterizan porque: tienen ranuras radiales, que van del centro a la periferia, codificadas con el código de Barker, de orden "L".

- 15 2. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una primera máscara y una segunda máscara tienen ranuras radiales, que van del centro a la periferia, codificadas con el código de Barker, de orden "L", y que para realizar la
20 codificación con la secuencia de Barker de orden L seleccionada; si existe un número uno (+1), entonces a la ranura le corresponderá una diferencia de fase igual a cero. Es decir, una ranura que deja pasar la luz libremente, mientras que, si la secuencia de Barker de orden L seleccionada, existe un menos uno (-1), entonces a la ranura le
corresponderá una diferencia de fase igual a π , es decir, una ranura a la cual se le coloca material transparente con un camino óptico igual a la mitad de la longitud de onda.



3. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una primera máscara y una segunda máscara tienen ranuras radiales, que van del centro a la periferia, codificadas con el código de Barker, de orden "L", y que para realizar la codificación con la secuencia de Barker de orden L seleccionada; si existe un número
5 uno (+1), entonces a la ranura se le coloca un polarizador cuyo eje está alineado con la rendija, mientras que, si la secuencia de Barker de orden L seleccionada, existe un menos uno (-1), entonces a la ranura se le coloca un polarizador cuyo eje es perpendicular al eje de la ranura.
4. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la irradiancia
10 de la lente (2) incide solamente sobre una parte de una máscara (2) y de una máscara (3).
5. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la irradiancia de la lente (2) incide sobre toda el área de una máscara (8) y de una máscara (9).
6. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al incorporar
15 más ranuras es posible detectar rotaciones de ángulos pequeños, y también es posible incrementar la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo (Razón Señal/Ruido).
7. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una primera máscara sea rotatoria y una segunda máscara sea fija.
- 20 8. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una primera máscara sea fija y una segunda máscara sea rotatoria.

9. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una primera máscara sea rotatoria y una segunda máscara sea rotatoria.

10. Un dispositivo correlador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde para evitar posible la fricción o para aumentar la distancia entre las máscaras, se incluye una lente entre las dos máscaras que forma la imagen del primer disco, en el segundo disco.

10

15

20

RESUMEN

Se protege un dispositivo que permite la alineación angular, por ejemplo, de un sistema mecánico rotor; mediante el uso de un par de máscaras circulares que tienen ranuras radiales. La transmitancia en amplitud compleja, de las ranuras radiales, esta codificada con los valores de una secuencia pseudo-aleatoria, conocida como el código de Barker. Para esta codificación se emplean tanto retardadores de fase como polarizadores ópticos con orientaciones adecuadas. El dispositivo propuesto realiza la operación de correlación angular, y así puede generar un pico máximo de irradiancia cuando el par de máscaras están angularmente alineadas. En caso contrario, el dispositivo propuesto genera valores de irradiancia que decrecen drásticamente correlacionados con una diferencia angular entre las máscaras. Incrementando el número de ranuras radiales es posible incrementar la Razón Señal/Ruido (SNR) e identificar errores de alineación muy pequeños. Estos dispositivos pueden ser utilizados en diversos sistemas mecánicos como codificador angular o codificador rotatorio (también llamados *Encoders*), o en sistemas ópticos para analizar el comportamiento de lentes vari focales.

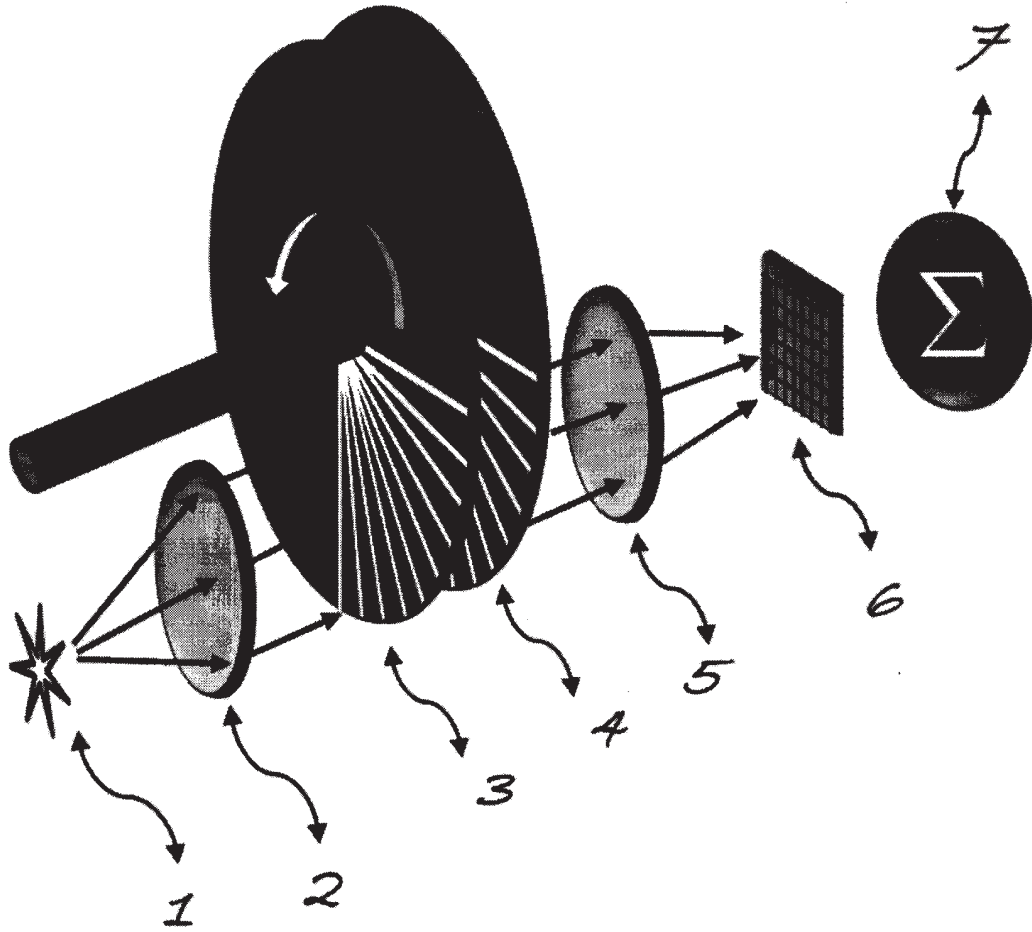


Figura 1

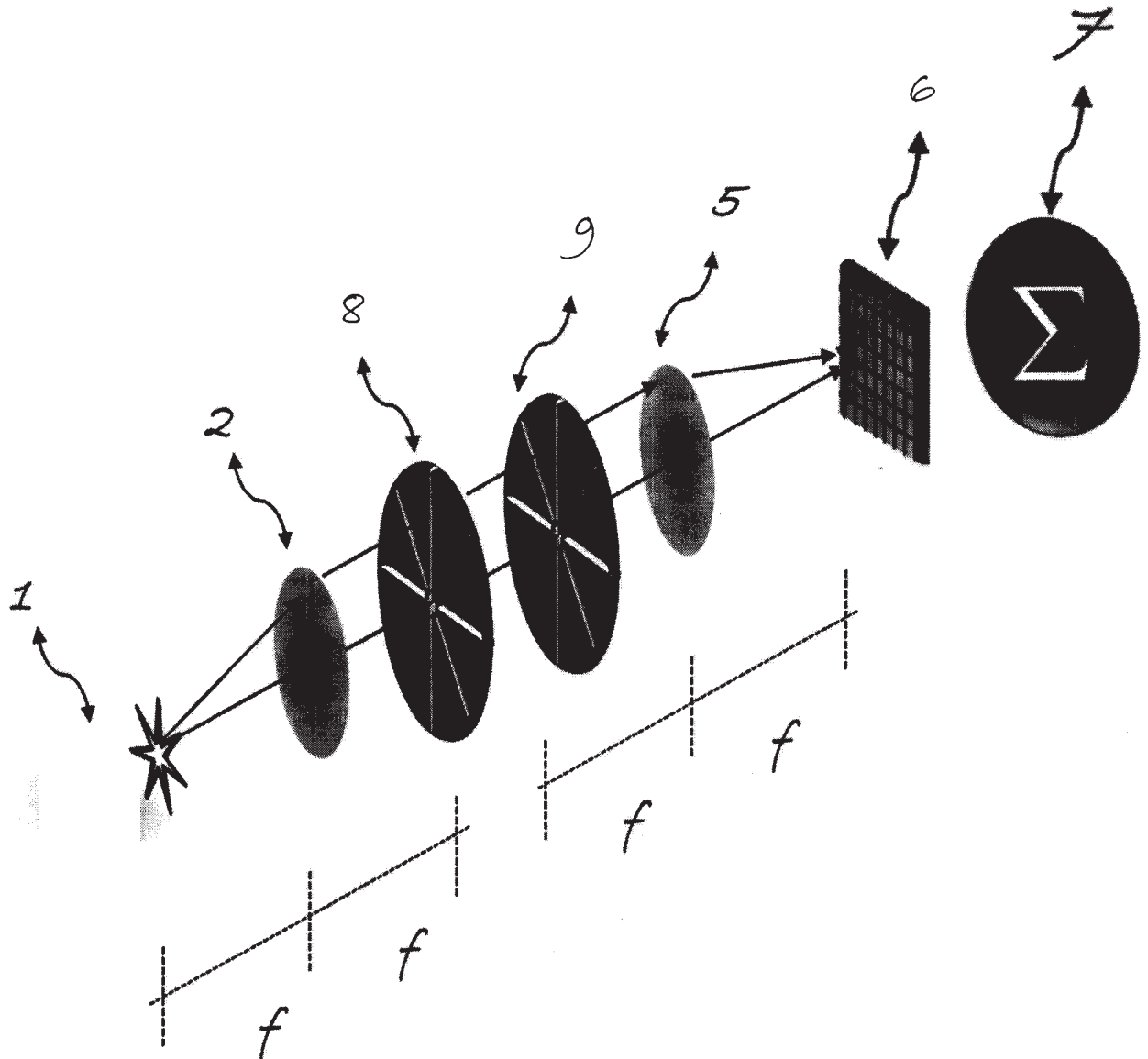


Figura 2

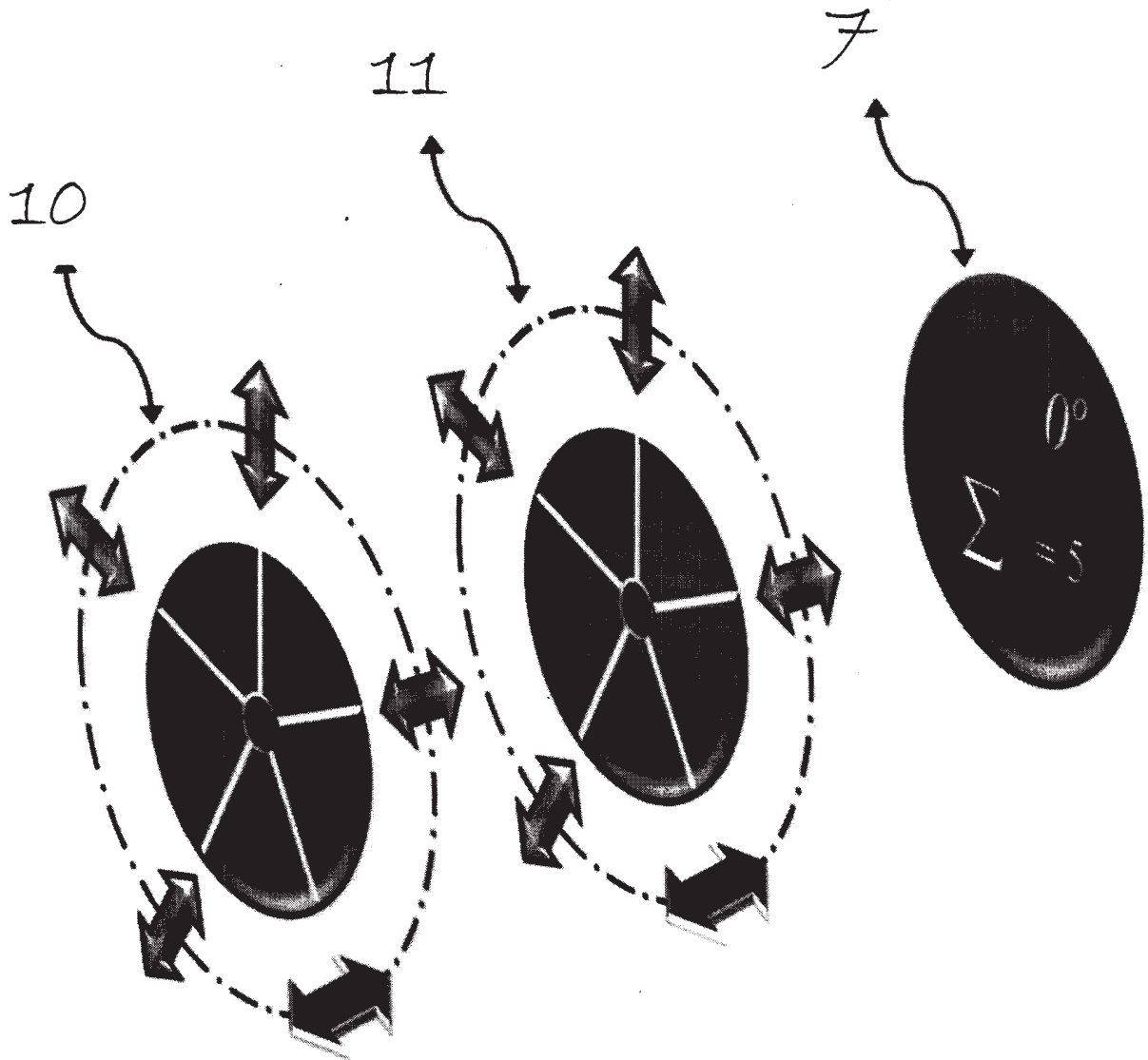


Figura 3

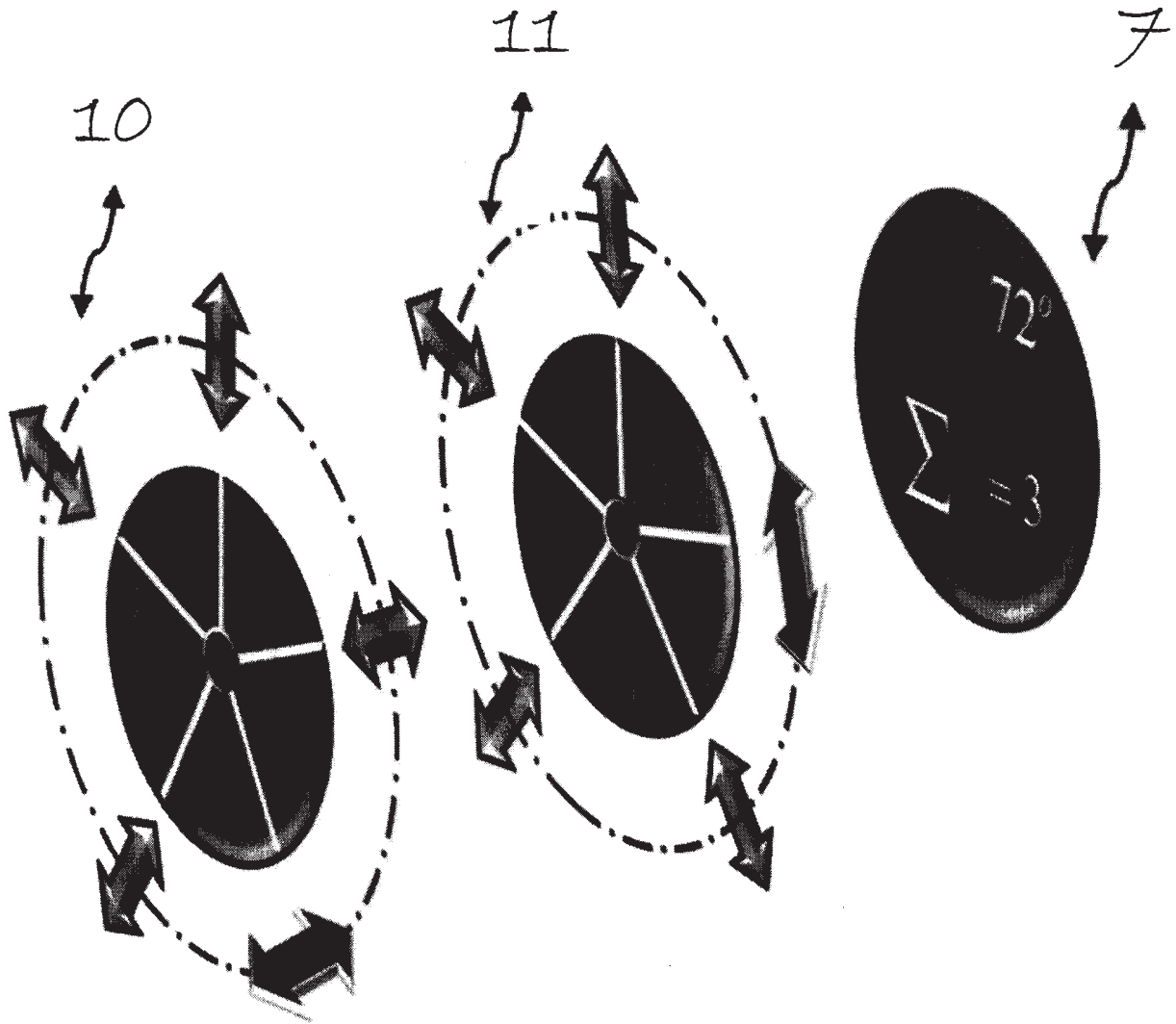


Figura 4

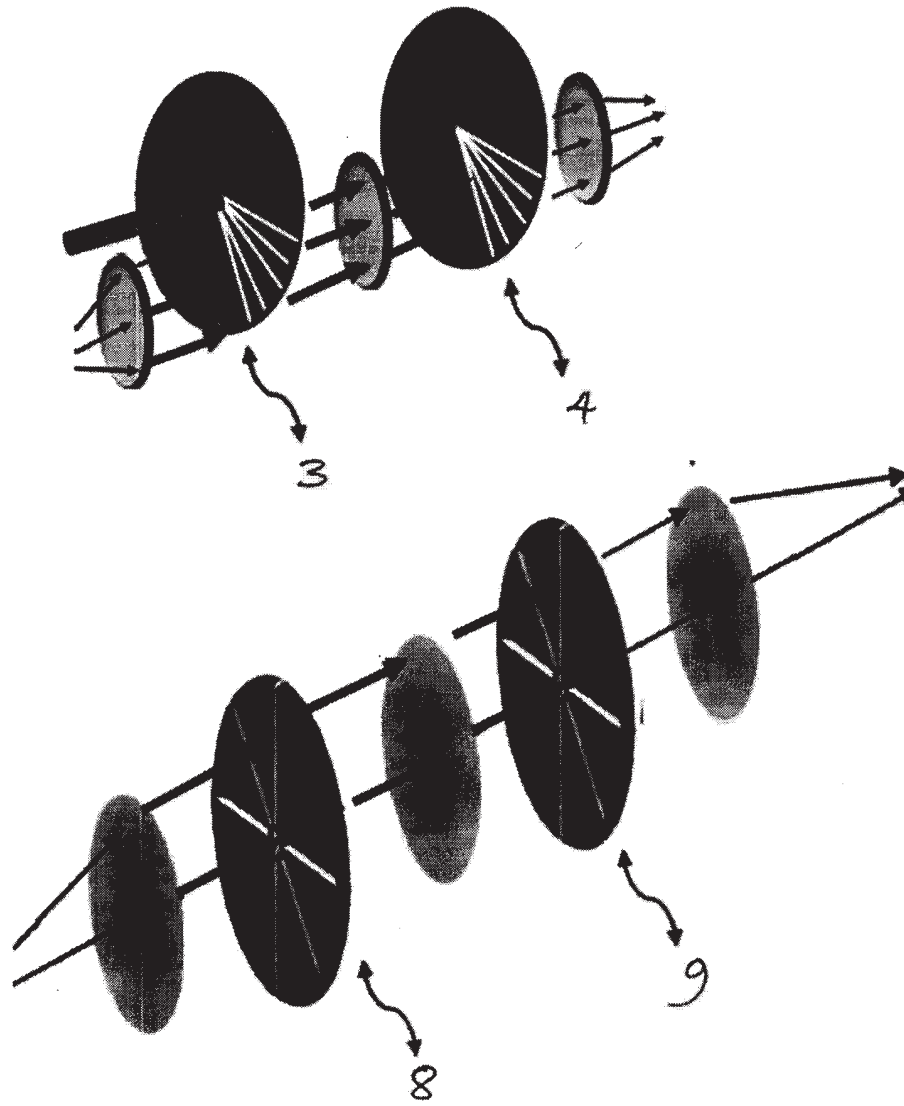


Figura 5