

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



1 Número de publicación: 2 540 921

21 Número de solicitud: 201500173

51 Int. Cl.:

G02B 27/30	(2006.01)
G02B 23/10	(2006.01)
G01T 1/29	(2006.01)
G01B 11/00	(2006.01)

# PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN PREVIO

B2

73) Titular/es:
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (100.0%) Sección de Contratos y Patentes, C/ Donoso Cortés, 65 28015 Madrid (Madrid) ES
<ul> <li>(72) Inventor/es:</li> <li>SÁNCHEZ BREA, Luis Miguel y</li> <li>TORCAL MILLA, Francisco José</li> </ul>

# 54) Título: Dispositivo opto-electrónico y métodos para colimar y determinar el grado de colimación de un haz de luz

#### 57 Resumen:

(12)

Dispositivo opto-electrónico y métodos para colimar y determinar el grado de colimación de un haz de luz. La presente invención se refiere a un dispositivo optoelectrónico para determinar el grado de colimación de un haz de luz que, mediante la incorporación de un elemento de colimación 2, también puede utilizarse para colimar haces. El dispositivo comprende una red de difracción 3, una máscara 5 que incluye una multiplicidad de ventanas 4 cada una de ellas con una red de difracción, estando las redes de difracción de las ventanas 4 desfasadas entre sí, una matriz 7 de fotodetectores 6 cuyo número puede ser igual o mayor al número de ventanas 4 de la máscara 5 o bien pueden estar ubicados en una matriz con distribución bidimensional (CMOS o CCD) y uno o más elementos de procesamiento de datos 8. La invención también incluye métodos para determinar el grado de colimación de un haz de luz o para colimar un haz.



Figura 1

#### DESCRIPCIÓN

Dispositivo opto-electrónico y métodos para čolimar y determinar el grado de colimación de un haz de luz

## 5 Sector de la técnica

La presente invención se encuadra en el sector de Tecnología Óptica y más concretamente en el sector de Dispositivos Opto-electrónicos.

# Estado de la técnica

- La determinación o conocimiento del grado de colimación de un haz de luz es de gran importancia en numerosas aplicaciones ópticas, tales como dispositivos metrológicos, sistemas para iluminación, óptica de consumo, aplicaciones de los láseres, etc. Existen métodos sencillos y bien conocidos para colimar de forma aproximada una fuente de luz general, mediante el uso de una lente, tal como el método de autocolimación. Las
- 15 técnicas interferométricas para la medida del grado de colimación de un haz están entre las más precisas, siendo conocidas desde hace varias décadas [D. Malacara, ed., Optical Shop Testing (Wiley, New York, 1978)]. No obstante, solamente se pueden utilizar con haces de luz que tengan un alto grado de coherencia temporal o espacial, como suelen ser los láseres.
- 20 Por otra parte, en muchas situaciones es necesario conocer el grado de colimación de un haz de luz proveniente de otro tipo de fuentes tales como diodos emisores de luz (LEDs), diodos láser, láseres de emisión superficial con cavidad vertical (VCSELs) y otras fuentes que presentan un grado de coherencia parcial temporal y/o espacial.

Existen técnicas que permiten medir el grado de colimación de haces de luz mediante
sistemas de doble red, pero necesitan realizar desplazamientos laterales, por lo que los dispositivos de colimación se vuelven complicados [L.M. Sanchez-Brea, F.J. Torcal-Milla, F. J. Salgado-Remacha, T. Morlanes, I. Jimenez-Castillo, and E. Bernabeu, "Collimation method using a double grating system" Appl. Opt. 49, 3363 (2010)].

Por otro lado, han aparecido sistemas para determinar el grado de colimación basados 30 en una conjunción de redes lineales y circulares, pero el procesado de las señales

resulta complicado y no intuitivo [K. Patorski, K. Pokorski, and M. Trusiak, "Circularlinear grating Talbot interferometry with moiré Fresnel imaging for beam collimation" Opt. Lett. 39, 291 (2014)].

Asimismo, se puede determinar el grado de colimación mediante la medida del periodo
de una auto-imagen y comparación con el periodo de la red de difracción que genera dicha auto-imagen [L.M. Sanchez-Brea, F.J. Torcal-Milla, J.M. Herrera-Fernandez, T. Morlanes, and E. Bernabeu "Self-imaging technique for beam collimation" Optics Letters 39(19) 5764-5767 (2014)]. Cuando el periodo de la auto-imagen es el mismo que el de la red, entonces el haz está colimado. La desventaja de esta técnica es que requiere una precisión muy grande en el posicionado de los elementos ópticos y opto-

electrónicos para asegurar la medida del periodo con la precisión requerida, del orden de nanómetros en muchos casos.

La ventaja de utilizar las auto-imágenes de una red de difracción para determinar el grado de colimación de un haz es que los requisitos de la fuente de iluminación son menos restrictivos, pues el fenómeno no se debe a las interferencias, sino a la difracción. De esta forma no es necesario que la fuente sea puntual para producir auto-imágenes, ni necesita ser monocromática. Por ejemplo, es conocido que las fuentes policromáticas pueden generar autoimágenes estables durante una larga distancia [N Guérineau, B. Harchaoui, J. Primot "Talbot experiment re-examined: demonstration of an achromatic and continuous self-imaging regime," Optics Communications 180 199-203 (2000)].

Entre las patentes relacionadas con la invención cabe destacar:

25

La patente CN1080997 (A) que muestra un dispositivo que testea el grado de colimación de una fuente de luz láser de forma computerizada comprensiva. Incluye un ancho rango de medidas siempre que se trate de una fuente de luz láser.

La patente CN101469977 (A) que muestra un dispositivo que testea la colimación incrementando la precisión y con una estructura compacta.

Es por ello que el objeto de la presente patente es un dispositivo que determina el grado de colimación de un haz de forma robusta y sencilla, que sirve para distintos 30 tipos de fuentes de luz, y no solamente para haces láser. Asimismo, utilizando el

dispositivo que mide el grado de colimación descrito en esta patente se desarrolla un método para obtener un haz con alto grado de colimación.

#### Descripción detallada de la invención

10

5 Dispositivo opto-electrónico y métodos para colimar y determinar el grado de colimación de un haz de luz.

Un aspecto de la presente invención se refiere a un dispositivo opto-electrónico que permite medir el grado de colimación de un haz láser o un haz de luz con una coherencia parcial espacial o temporal y que, asimismo, sirve para colimar un haz de luz con precisión cuando se le añade un elemento colimador.

En esta memoria descriptiva, se entiende por "haz de luz" o, simplemente, "haz" cualquier tipo de haz de luz y de haz láser.

Para medir el grado de colimación de un haz de luz, en la presente invención se utiliza una red de difracción 3 de un periodo *p*. Al propagarse la luz, debido a efectos

- 15 difractivos, se generan auto-imágenes a varias distancias de la red de difracción [K. Patorsky, "The self-imaging phenomenon and its applications," Progress in Optics 27 1-108 1989]. Si  $\lambda$  es la longitud de onda media del haz de luz, y la red de difracción modula la amplitud de dicha onda, las auto-imágenes generadas se ubican a distancias múltiplos enteros de la distancia de Talbot  $z = p^2/\lambda$ . En la referencia [L.M. Sanchez-
- Brea, F.J. Torcal-Milla, F. J. Salgado-Remacha, T. Morlanes, I. Jimenez-Castillo, and E. Bernabeu, "Collimation method using a double grating system" Appl. Opt. 49, 3363 (2010)] se describe un sistema que utiliza una red de difracción de periodo *p y* una máscara con dos ventanas, cada una con una red de difracción de periodo *p*, desplazadas entre sí *p*/4 (90 grados eléctricos). Mediante las señales eléctricas, S<sub>A</sub> y
- 25 S<sub>B</sub> respectivamente, generadas por dos fotodetectores ubicados detrás de las redes de difracción de las dos ventanas, se puede obtener una Figura de Lissajous al mover lateralmente y de forma continuada la red de difracción.

La forma de la Figura de Lissajous depende de diversos aspectos. Si utilizamos un modelo puramente geométrico para el análisis del dispositivo, la Figura de Lissajous es cuadrangular o rectangular. No obstante, debido a efectos difractivos, el tamaño finito de la fuente de luz, la policromaticidad de la fuente de luz, o a un mal posicionamiento

de los elementos que involucran el dispositivo, la Figura de Lissajous presenta una forma más redondeada. Este tipo de formas se pueden describir matemáticamente, como veremos posteriormente.

La forma de la Figura de Lissajous también depende del grado de colimación del haz. 5 Cuando el haz está colimado, la Figura de Lissajous es simétrica respecto a los ejes vertical y horizontal, mientras que cuando el haz está descolimado la Figura de Lissajous se hace elipsoidal y no simétrica respecto a los mismos ejes. Por consiguiente, la medida de la elipticidad de la Figura de Lissajous obtenida nos permite determinar el grado de colimación del haz de luz. El problema que se plantea con la

- 10 solución descrita en la referencia [L.M. Sanchez-Brea, F.J. Torcal-Milla, F. J. Salgado-Remacha, T. Morlanes, I. Jimenez-Castillo, and E. Bernabeu, "Collimation method using a double grating system" Appl. Opt. 49, 3363 (2010)] es que, para generar la Figura de Lissajous, se requiere el desplazamiento lateral mecánico de la red de difracción respecto de la máscara con dos ventanas y los fotodetectores del dispositivo.
- 15 Aunque este sistema es viable en prototipos de laboratorio, el movimiento continuo de la red de difracción hace que un dispositivo que utilice esta tecnología sea complicado y costoso.

En la presente invención se simplifica el método de obtención de la Figura de Lissajous con respecto a lo descrito en los párrafos anteriores. Un esquema del dispositivo de la invención se muestra en la Figura 1. En lugar de requerir un movimiento relativo entre

la red de difracción y la máscara formada por dos ventanas, cada una de las cuales tiene un fotodetector detrás, como tenía el dispositivo descrito en [L.M. Sanchez-Brea, F.J. Torcal-Milla, F. J. Salgado-Remacha, T. Morlanes, I. Jimenez-Castillo, and E. Bernabeu, "Collimation method using a double grating system" Appl. Opt. 49, 3363

- 25 (2010)], en la presente invención se sustituye dicha máscara con únicamente dos ventanas por una máscara 5 con una multiplicidad (N) de ventanas 4, cada una de ellas con una red de difracción de periodo *p*. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la máscara 5 con la multiplicidad de ventanas 4 cuyas redes de difracción están desplazadas unas con respecto de las demás. Las redes de difracción de las ventanas
- 30 4 deben estar desplazadas entre sí una fracción del periodo. Una opción es que, si hay N ventanas, el desplazamiento relativo entre ellas sea  $2\pi/N$  o  $360^{\circ}/N$ , aunque otras opciones son también viables. Asimismo, en lugar de ubicar 2 fotodetectores, uno detrás de cada una de las dos ventanas, en el dispositivo de la presente invención se

ubican N fotodetectores 6 o un array bidimensional, como puede ser una cámara CCD o CMOS. De esta forma, se obtienen N señales que, convenientemente dispuestas en pares {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>} permiten la obtención de la Figura de Lissajous sin necesidad de movimiento relativo de la red de difracción. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de

- 5 distribución de intensidad que llega a cada uno de los fotodetectores 6 para el caso de la distribución de ventanas de la Figura 2. El dispositivo de la invención presenta una gran ventaja puesto que simplifica enormemente la medición del grado de colimación del haz. Con los N fotodetectores, que podrán estar duplicados, o no, para mejorar la calidad de la señal, se obtiene una serie de pares de señales {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>} que se utilizan
- 10 para representar la Figura de Lissajous. En la Figura 4 se muestra la Figura de Lissajous obtenida con los fotodetectores 6 de la Figura 3 para tres grados distintos de colimación. Cuando el haz está colimado, Figura 4b, la Figura de Lissajous es simétrica respecto a los ejes vertical y horizontal mientras que en las Figuras 4a y 4c el haz está descolimado.
- 15 Un aspecto de la presente invención se refiere a un dispositivo para determinar el grado de colimación de un haz de luz que comprende:

- una red de difracción 3,

- una máscara 5 que incluye N ventanas 4 cada una de ellas con una red de difracción, donde  $N \ge 4$ ,

 - una matriz 7 de fotodetectores 6, situados detrás de cada una de las ventanas, siendo su número N igual o mayor al número de ventanas,

- uno o más elementos de procesamiento de datos 8.

Cuando el dispositivo quiere utilizarse para colimar un haz de luz, debe incorporarse al mismo un elemento de colimación 2 que puede ser una lente, un conjunto de lentes o

- 25 un elemento óptico difractivo. Por lo tanto, un segundo aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para colimar un haz de luz que comprende:
  - un elemento de colimación 2,

- una red de difracción 3,

- una máscara 5 que incluye N ventanas 4 cada una de ellas con una red de difracción, 30 donde  $N \ge 4$ ,

- una matriz 7 de fotodetectores 6, situados detrás de cada una de las ventanas, siendo su número N igual o mayor al número de ventanas,

- uno o más elementos de procesamiento de datos 8.

La red de difracción **3** puede ser una red de Ronchi que modula la amplitud aunque 5 también podría ser una red con una modulación sinusoidal u otro tipo de modulación de amplitud y/o fase.

El número de ventanas 4 en la máscara 5 es variable, aunque preferentemente, será un número par y más preferentemente, la máscara 5 incluye 16 ventanas 4. Por otro lado, las ventanas 4 en la máscara 5 pueden estar dispuestas en una o más columnas (Figuras 9 y 10). Es conveniente, aunque no necesario, que el desfase transversal

10 (Figuras 9 y 10). Es conveniente, aunque no necesario, que el desfase transversal entre cada una de las redes de difracción de cada ventana 4 sea igual a 360º/N, donde N es el número de ventanas 4. Otra opción es duplicar las ventanas con el mismo desfase, como se muestra en la Figura 2.

Una configuración posible es ubicar todas las ventanas 4 a la misma distancia *d* entre el eje óptico del haz y el centro de la ventana, como se muestra en la Figura 8. Cuanto mayor sea la distancia *d* entre el eje óptico del haz y el centro de la ventana, mayor será la sensibilidad que tendrá el dispositivo de medida. No obstante, como el haz debe cubrir todas las ventanas (o al menos la mayoría de ellas) la distancia *d* se debe

20 En relación con el desfase entre las redes de las diferentes ventanas, también es posible que no se produzca dicha duplicidad. Entonces, los datos de salida se pueden disponer convenientemente para obtener N datos de la Figura de Lissajous a partir de las N ventanas utilizadas. Este ejemplo se muestra en la Figura 11.

adaptar al tamaño estimado que tendrá el haz una vez colimado.

Aunque simplifica el procesado de señales posterior, no es necesario que todas las
ventanas 4 se encuentren a la misma distancia del eje óptico del haz de luz de entrada.
Otra posible configuración es ubicar las ventanas 4 y, por ello los fotodetectores 6, en varias columnas como se muestra en la Figura 9. De esta forma, se optimiza el área de detección.

Desde el punto de vista electrónico, la configuración más rápida desde el punto de vista
de procesamiento de datos es ubicar N fotodetectores 6 uno detrás de cada ventana 4.
Sin embargo, dicha configuración se simplifica si se ubica una cámara formada por una

distribución bidimensional de fotodetectores **6**, como es una cámara CCD o una cámara CMOS. En este caso, mediante programación, se pueden seleccionar los fotodetectores (también denominados píxeles) adecuados para obtener los datos para la Figura de Lissajous.

5 Entre los elementos para el procesamiento de datos **8** se pueden seleccionar una placa electrónica, un microprocesador o un ordenador.

Si se analiza el sistema desde un punto de vista geométrico, la Figura de Lissajous será cuadrada o rectangular si las redes son redes de Ronchi. No obstante, la forma de la Figura de Lissajous puede cambiar por distintos motivos. En primer lugar, se producen efectos difractivos que hacen que la auto-imagen no se recupere de forma perfecta, sobre todo si el plano de los fotodetectores **6** no coincide con la distancia de Talbot. Además, cuando la fuente de luz no es puntual sino que tiene un tamaño finito, la Figura de difracción tiende a eliminar armónicos superiores y la Figura de Lissajous se hace cada vez más suave. También, cuando la fuente es policromática, se eliminan

15 armónicos en la Figura de Lissajous. Todo esto debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar un dispositivo que mida la elipticidad de la Figura de Lissajous.

Por consiguiente, para determinar el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous de una forma precisa, las señales { $S_A$  y  $S_B$ } se ajustan a una figura compleja generada por [M. Fernandez-Guasti, M. de la Cruz Heredia "Diffraction pattern of a circle / square aperture" J. Mod. Opt. 40(6) 1073-1080 (1993)]

$$\frac{x^{\prime 2}}{R_1^2} + \frac{y^{\prime 2}}{R_2^2} - s^2 \frac{x^{\prime 2} y^{\prime 2}}{R_1^2 R_2^2} = 1, \tag{1}$$

donde x' e y' son las coordenadas de la Figura (señales {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>}), R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> son los ejes principales y s es el parámetro que da cuenta de la forma de la Figura de Lissajous.
25 Cuando el parámetro s es nulo, s = 0, la función representa una elipse / círculo. Cuando el parámetro s = 1 la función representa un rectángulo / cuadrado.

:

El grado de elipticidad se puede medir a partir del siguiente parámetro,

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{R_{min}}{R_{max}}\right)^2},\tag{2}$$

donde  $R_{min}$  es el valor menor entre  $R_1$  y  $R_2$  y  $R_{max}$  es el valor mayor entre  $R_1$  y  $R_2$ , aunque cualquier parámetro que compare  $R_1$  y  $R_2$  es válido.

Por consideraciones físicas, cuando la Figura de Lissajous no es circular, los ejes principales de la elipse (1) están ubicados a 45 grados respecto al eje x. Por consiguiente, considerando este cambio de variables

$$x = (x' - \bar{x})\cos\theta - (y' - \bar{y})\sin\theta$$
  

$$y = (x' - \bar{x})\cos\theta + (y' - \bar{y})\sin\theta$$
(3)

donde  $\theta$  = 45°,  $\overline{x}$  es el valor medio de la señal de los fotodetectores 6 que generan S<sub>A</sub> e  $\overline{y}$  es el valor medio de la señal de los fotodetectores 6 que generan S<sub>B</sub>, la ecuación (1) se convierte en la siguiente ecuación

15

5

$$\frac{s^2}{4R_1^2R_2^2}\left(x^2-y^2\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right)\left(x^2+y^2\right) + \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2}\right)xy + 1 = 0,\tag{4}$$

En la Figura 5 se muestra esta ecuación para diversos valores de s y  $R_1/R_2$ . Con el fin de obtener los parámetros de interés  $R_1$ ,  $R_2$ , los puntos de la Figura de Lissajous experimentales { $S_A$  y  $S_B$ } se tienen que ajustar a esta ecuación. Para ello, a partir de (4) consideraremos el siguiente polinomio

$$a u + b v + c x y + 1 = 0$$
 , (5)

donde u = (x<sup>2</sup> - y<sup>2</sup>)<sup>2</sup>, v = (x<sup>2</sup> + y<sup>2</sup>), a = s<sup>2</sup>/4R<sub>1</sub><sup>2</sup>R<sub>2</sub><sup>2</sup>, b = -(1/R<sub>1</sub><sup>2</sup> + 1/R<sub>2</sub><sup>2</sup>)/2 y c = (1/R<sub>1</sub><sup>2</sup> - 1/R<sub>2</sub><sup>2</sup>). Los parámetros a, b, c se deben calcular a partir de datos experimentales {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>}. Entonces, para cada par de valores (x<sub>m</sub>, y<sub>m</sub>) con m = 1,..., M
del conjunto {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>} que generan la Figura de Lissajous, obtenemos una ecuación que se puede representar de forma matricial A\*z = B

$$\begin{pmatrix} u_1 & v_1 & x_1y_1 \\ u_2 & v_2 & x_2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_M & v_M & x_My_M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix},$$
(6)

25 donde  $u_1 = (x_1^2 - y_1^2)^2$ ,  $v_1 = (x_1^2 + y_1^2)$  y así sucesivamente. Este sistema de ecuaciones lineales se puede resolver mediante un ajuste de mínimos cuadrados

$$z = \left(A^T \cdot A\right)^{-1} A^T \cdot B \tag{7}$$

y de esta forma se obtienen los parámetros *a*, *b* y *c*. A partir de estos valores se pueden obtener los mejores parámetros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> para el ajuste, que por comparación resultan ser -2 -2

$$R_{1}^{2} = \frac{-2}{2b-c}$$

$$R_{2}^{2} = \frac{-2}{2b+c}$$
(8)

5

En consecuencia, la elipticidad se obtiene mediante

$$e^2 = \frac{2c}{2b+c} \quad o \quad e^2 = \frac{-2c}{2b-c}$$
 (9)

dependiendo del signo de los parámetros. Para una de las ecuaciones (9) e resulta un valor positivo y para la otra un número complejo puro. Nos quedaremos como
parámetro de elipticidad, e, con el valor positivo.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de ajuste de los datos obtenidos con la máscara 5 de la Figura 4 y con los parámetros *a*, *b*, y *c* obtenidos con este procedimiento para distintas distancias  $\Delta z$  entre la fuente de luz y el plano focal de la lente 2. Se observa claramente que la elipticidad es un parámetro válido para medir el grado de colimación

15 del haz y para buscar el grado de máxima colimación, que ocurre cuando  $\Delta z = 0$ .

Por otra parte, en la Figura 7 se muestra el ajuste de la ecuación (4) para dos casos obtenidos según el esquema de la Figura 1 y la máscara de la Figura 2. En la Figura 7a la distancia  $z_2$  es la que se corresponde a una autoimagen y en la Figura 7b la distancia  $z_2$  es distinta a la que se corresponde a una autoimagen. En ambas Figuras la

20 forma de la Figura de Lissajous es muy distinta, ya que varía el parámetro s. No obstante el ajuste obtenido con la ecuación (4) es excelente para ambos casos.

Por lo tanto, otro aspecto de la invención se refiere a un método para determinar el grado de colimación de un haz de luz que incluye los siguientes pasos:

a) hacer pasar el haz de luz a través del dispositivo de la invención,

25 b) obtener una Figura de Lissajous,

c) determinar el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous.

Para determinar el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous así obtenida, se puede recurrir a la medición visual de dicha Figura o bien se puede procesar

matemáticamente. En cuanto a la medición visual, el haz de luz estará colimado si la Figura de Lissajous es circular/cuadrada y no estará colimado si la Figura de Lissajous es elíptica/rectangular. Para la medición matemática se siguen los siguientes pasos:

d) obtener los datos de la matriz A (6),

5 e) realizar el ajuste por mínimos cuadrados de la ecuación (7),

f) obtener los parámetros R1 y R2 de la ecuación (8),

g) obtener la elipticidad e según la ecuación (9).

La invención también se refiere a un método para colimar un haz de luz que incluye los siguientes pasos:

10 a) hacer pasar el haz de luz a través del dispositivo de la invención que incluye un elemento colimador **2**,

b) obtener una Figura de Lissajous,

c) determinar el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous bien mediante medición visual bien matemáticamente,

- 15 d) desplazar la fuente de luz 1 con respecto al elemento de colimación 2 a lo largo del eje óptico,
  - e) monitorizar el parámetro de elipticidad e del paso c),
  - f) detener el desplazamiento de la fuente de luz 1 cuando el parámetro e sea mínimo,

teniendo en cuenta que los pasos c) y d) se realizan simultáneamente o

20 consecutivamente y que por mínimo se entiende el menor valor posible de la elipticidad a lo largo de la medida completa.

Para realizar la medición matemática del grado de elipticidad de la Figura de Lissajous en el paso c) se siguen los siguientes pasos:

- i) obtener los datos de la matriz A (6),
- 25 ii) realizar el ajuste por mínimos cuadrados de la ecuación (7),
  - iii) obtener los parámetros R1 y R2 de la ecuación (8),

iv) obtener la elipticidad e según la ecuación (9) seleccionando el parámetro de elipticidad, e, con valor positivo.

## Breve descripción de las Figuras

Figura 1. Muestra, de forma esquemática, la configuración básica del dispositivo para colimar y del dispositivo para determinar el grado de colimación de un haz de luz, y la distribución de los diferentes componentes: 1 fuente de luz, 2 elemento de colimación, 3 red de difracción, 4 ventana con red de difracción, 5 máscara que contiene la multiplicidad de ventanas, 6 fotodetector, 7 matriz de fotodetectores y 8 elementos de procesamiento de datos. Se muestran la máscara 5, la matriz 7 de fotodetectores 6 y los elementos de procesamiento de datos 8 separados para una mejor comprensión pero en una realización podrían ir pegados, al menos la máscara 5 y los fotodetectores 6.

Figura 2. Muestra, de forma esquemática, un ejemplo de máscara 5 para obtener la
Figura de Lissajous, para el caso de 8 ventanas 4 duplicadas (16 en total) con la que se obtienen ocho puntos en la Figura de Lissajous. En este caso, las ventanas están duplicadas para una mayor robustez, aunque podrían no estarlo. Los números representan el desplazamiento lateral de cada red de forma que 360 resulta un desplazamiento de un periodo *p*.

20 **Figura 3.** Ejemplo de distribución de intensidad en los fotodetectores para una fuente colimada utilizando la máscara **5** de la Figura 2.

**Figura 4.** Ejemplo de Figuras de Lissajous para el caso de haz descolimado convergente y descolimado divergente, Figura 4a y Figura 4c respectivamente, y para el caso de haz colimado, Figura 4b. Cuando el haz está colimado la Figura de Lissajous

25 presenta simetría. Este ejemplo se ha obtenido con la distribución de intensidad de la Figura 3.

**Figura 5.** Gráfica de la ecuación 1 donde se muestra un perfil de ajuste de la Figura de Lissajous. En la Figura 5a la relación entre ejes es la misma (haz colimado), y el factor de forma s varía para cada curva. En la Figura 5b la relación entre ejes es distinta (haz

30 descolimado) y el factor de forma s varía para cada curva.

**Figura 6.** Variación de elipticidad *e* (ecuación 9) en función de la distancia entre la fuente de luz 1 y el punto focal del elemento colimador 2,  $\Delta z$ , para la máscara de la Figura 2. Conociendo el valor de la elipticidad podemos saber el grado de colimación del haz, por lo que se puede medir el grado de colimación del haz a partir de la elipticidad. Por otra parte, cuando se tiene  $\Delta z = 0$ , entonces el haz está perfectamente colimado.

5

10

25

**Figura 7.** Ejemplos de Figuras de Lissajous obtenidas con la máscara de la Figura 2 cuando el haz está perfectamente colimado para dos planos de observación  $z_2$  distintos. En la Figura 7a, la distancia  $z_2$  entre la red de difracción **3** y la máscara **5** con ventanas **4** es igual a un plano de Talbot de la red de difracción  $z_2 = p^2/\lambda$ ,  $\lambda = 880 nm$ ,

 $p = 110 \ \mu m$ . En la Figura 7b, esta distancia es  $z_2 = p^2/\lambda + 500 \ \mu m$ . Aunque la forma de la Figura de Lissajous cambie, y también lo haga el parámetro s, con la ecuación (9) se obtiene un valor de elipticidad igual para los dos casos.

Figura 8. Ejemplo de máscara 5 cuando las ventanas 4 se ubican únicamente en 2
columnas separadas una distancia d del eje central. Cada una de las ventanas (rectángulos negros) contiene una red de difracción con desfases relativos.

**Figura 9.** Ejemplo de máscara **5** cuando las ventanas **4** se ubican en 4 columnas. Cada una de las ventanas (rectángulos negros) contiene una red de difracción con desfases relativos.

Figura 10. Ejemplo de máscara 5 cuando las ventanas 4 se disponen en una multiplicidad de columnas equiespaciadas. Cada una de las ventanas (rectángulos negros) contiene una red de difracción con desfases relativos.

**Figura 11.** Ejemplo de máscara **5** cuando las redes de las ventanas **4** no están duplicadas. De esta forma se puede obtener un mayor número de puntos de la Figura de Lissajous.

**Figura 12.** Resultados experimentales de elipticidad en función de la distancia LEDlente obtenidos con el Ejemplo 1.

# Modo de realización de la invención

Una vez definida la geometría del sistema y el proceso de medida, a continuación se presentan ejemplos de dispositivos para medir el grado de colimación de un haz o colimar un haz.

5 Ejemplo 1.

Se fabricó un dispositivo para colimar y un dispositivo para determinar el grado de colimación de una fuente de luz 1 LED de longitud de onda  $\lambda = 880$  nanometros (modelo HE8807SG de Hitachi), incluyendo, como elemento de colimación 2, una lente de focal 25 milímetros y diámetro 20 milímetros en el caso del dispositivo para colimar. El 10 dispositivo incluía una red de difracción 3 de periodo p = 110 micrometros, una máscara 5 que contenía 16 ventanas 4 situadas en dos columnas con una distancia de d = 2 milimetros entre el eje central de la máscara 5 y el centro de las ventanas 4. Cada una de las ventanas contenía una red de difracción de periodo p = 110 micrometros con intervalos de desfase 360º/8. Las redes de difracción de las ventanas se encontraban duplicadas. Esta máscara se muestra en la Figura 2. Para la adquisición de datos se 15 utilizaron fotodetectores 6 de silicio para infrarrojo de Osram -modelo Opto SFH2400Z 60°, colocando uno detrás de cada ventana 4. La máscara 5 se encuentra a una distancia de Talbot de la red de difracción 3,  $z_T = 2 \cdot p^2 / \lambda = 27.5$  milimetros. Para el tratamiento de dichos datos se utilizó un programa informático. La dependencia de la

20 elipticidad de la Figura de Lissajous con la distancia entre la fuente de luz y el punto focal del sistema de colimación se muestra en la Figura 6. El mínimo corresponde a la situación óptima de colimación cuya Figura de Lissajous se muestra en la Figura 4b. El resultado experimental se muestra en la Figura 12.

## Ejemplo 2.

25 Se fabricaron dispositivos idénticos a los descritos en el Ejemplo 1 pero utilizando un número de ventanas N= 24 dispuestas en dos columnas equidistantes a ambos lados del eje central de la máscara. La máscara se situó a dos distancias de Talbot de la red de difracción. El desfase entre las redes de difracción de las ventanas era en este caso 360º/24 y las ventanas estaban duplicadas.

# Ejemplo 3.

Se fabricaron dispositivos idénticos a los descritos en el Ejemplo 2 sustituyendo la lente de colimación por un sistema de lentes, en el caso de los dispositivos para colimar, y no se duplicaron los desfases de las redes de difracción de las ventanas **4** de la

5 máscara 5. En este caso los desfases fueron a intervalos 360º/16. Un ejemplo con 16 ventanas se muestra en la Figura 11.

## Ejemplo 4.

Se fabricaron dispositivos idénticos a los descritos en el Ejemplo 2 con N=32 ventanas, situándolas en 4 columnas de 8 ventanas tal y como se muestra en la Figura 9. Como fuente de luz se utilizó un diodo LED de longitud de onda diferente:  $\lambda = 650$  nanometros.

# Ejemplo 5.

10

15

Se fabricaron dispositivos idénticos a los descritos en el Ejemplo 2 con N=72 ventanas, pero situando las ventanas en 9 columnas, tal y como se muestra en la Figura 10. Como elemento colimador, cuando fue necesario incluirlo, se utilizó un Elemento Óptico Difractivo en lugar de una lente.

## Ejemplo 6.

Se fabricaron dispositivos idénticos a los descritos en los ejemplos 1-5 pero se usó una matriz bidimensional de fotodetectores para la adquisición de datos. En unos casos se utilizó una cámara CMOS -modelo DMK 72BUC02 de Imaging Source- y en otros una cámara CCD –modelo DMK 51AU02.AS de Imaging Source-. En estos casos, la máscara se simula mediante software, integrando la luz que llega a los píxeles correspondientes de la cámara.

## Ejemplo 7.

Se fabricaron dispositivos idénticos a los descritos en el Ejemplo 2 utilizando como 25 fuente de luz un diodo laser en lugar de un LED.

## Ejemplo 8.

Se determinó el grado de colimación de un haz utilizando los dispositivos para tal fin que se describen en los Ejemplos 1-7. Se hizo pasar un haz de luz a través de cada uno de los dispositivos obteniendo una Figura de Lissajous. Observando en tiempo real

la representación gráfica de la Figura de Lissajous obtenida en cada caso, se determinó de forma visual si el haz de luz estaba o no estaba colimado adecuadamente. Si la Figura de Lissajous resultaba circular/cuadrada el haz estaba adecuadamente colimado.

# 5 Ejemplo 9.

Se determinó el grado de colimación de un haz utilizando los dispositivos para tal fin que se describen en los Ejemplos 1-7. Para ello se hizo pasar el haz de luz a través del dispositivo de la invención y se obtuvo una Figura de Lissajous. A continuación se obtuvieron los datos de la matriz A de la ecuación

10

$$\begin{pmatrix} u_1 & v_1 & x_1y_1 \\ u_2 & v_2 & x_2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_M & v_M & x_My_M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$$
(6)

que se resolvió mediante la inversa de Penrose para obtener el vector z = (a, b, c)

$$z = \left(A^T \cdot A\right)^{-1} A^T \cdot B, \qquad (7)$$

15 a continuación, de z se obtuvieron los parámetros R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> de la Figura de Lissajous

$$R_1^2 = \frac{-2}{2b - c},$$

$$R_2^2 = \frac{-2}{2b + c},$$
(8)

y se calculó la elipticidad de la Figura de Lissajous mediante la ecuación

$$e^2 = \frac{2c}{2b+c} \quad o \quad e^2 = \frac{-2c}{2b-c}$$
 (9)

## Ejemplo 10.

20

Se colimó un haz de luz proveniente de una fuente de luz **1**. Para ello se utilizaron los dispositivos que se describen en los Ejemplos 1-7 e incluyen un elemento de colimación **2**. Se hizo pasar un haz de luz a través de cada uno de los dispositivos obteniendo una Figura de Lissajous. Observando en tiempo real la representación gráfica de la Figura de Lissajous se determinó de forma visual si el haz de luz estaba o no estaba colimado adecuadamente. Se desplazó la fuente de luz respecto al elemento

de colimación **2**, hasta que la Figura de Lissajous resultó circular/cuadrada, de manera que el haz quedaba adecuadamente colimado.

# Ejemplo 11.

Se colimó un haz de luz proveniente de una fuente de luz 1 utilizando los dispositivos
que se describen en los Ejemplos 1-7 e incluyen un elemento de colimación 2. Se hizo pasar un haz de luz a través de cada uno de los dispositivos obteniendo una Figura de Lissajous y se representó en tiempo real la elipticidad de la Figura de Lissajous. Se fue desplazando la fuente de luz respecto al elemento de colimación 2, y monitorizando la elipticidad de la misma siguiendo el mismo método que se describe en el ejemplo 9,
hasta encontrar el mínimo, es decir, Δz=0 que correspondía con la posición de colimación óptima. El resultado experimental obtenido utilizando la configuración del Ejemplo 1 se muestra en la Figura 12. La incertidumbre en la distancia entre la fuente de luz 1 y el elemento colimador 2 resulta δz = 0.087 μm. La incertidumbre en la divergencia del haz calculada como δφ = D·δz/2·f<sup>2</sup> = 1.4 μrad.

# REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para determinar el grado de colimación de un haz de luz que comprende:

- una red de difracción 3,

- una máscara 5 que incluye N ventanas 4 cada una de ellas con una red de difracción,

5 estando las redes de difracción de las ventanas 4 desfasadas entre sí,

- una matriz 7 de fotodetectores 6 cuyo número es, al menos, igual al número N de ventanas,

- uno o más elementos de procesamiento de datos 8,

donde el número de ventanas  $N \ge 4$  y el desplazamiento entre las redes de difracción 10 de cada ventana **4** es igual a 360°/N.

2. Dispositivo según la reivindicación 1 en el que la máscara 5 incluye 16 ventanas 4.

Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las
 ventanas 4 están duplicadas con el mismo desfase.

4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la distancia *d* entre el eje óptico del haz de luz y el centro de la ventana **4** es la misma para todas las ventanas **4**.

# 20

5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1-3 en el que las ventanas 4 están dispuestas en 4 o más columnas.

6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los
25 fotodetectores 6 se ubican en una distribución bidimensional.

3:

7. Dispositivo según la reivindicación 6 en el que la distribución bidimensional es una cámara CMOS o una cámara CCD.

8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los
5 elementos para el procesamiento de datos 8 se seleccionan entre el grupo formado por: una placa electrónica, un microprocesador y un ordenador.

9. Dispositivo para colimar un haz de luz que comprende:

- un elemento de colimación 2,

10 - una red de difracción 3,

- una máscara 5 que incluye N ventanas 4 cada una de ellas con una red de difracción, estando las redes de difracción de las ventanas 4 desfasadas entre sí,

- una matriz 7 de fotodetectores 6 cuyo número es, al menos, igual al número N de ventanas,

15 - uno o más elementos de procesamiento de datos 8,

donde el número de ventanas  $N \ge 4$ .

10. Dispositivo según la reivindicación 9 en el que el elemento de colimación **2** es una lente, un conjunto de lentes o un Elemento Óptico Difractivo.

#### 20

11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-10 en el que la máscara 5 incluye 16 ventanas 4.

12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-11 en el que el
25 desplazamiento entre las redes de difracción de cada ventana 4 es igual a 360º/N,
donde N es el número de ventanas 4.

3;

13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-12 en el que las ventanas **4** están duplicadas con el mismo desfase.

14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-13 en el que la distancia d
entre el eje óptico del haz de luz y el centro de la ventana 4 es la misma para todas las ventanas 4.

15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-13 en el que las ventanas **4** están dispuestas en 4 o más columnas.

10

16. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-15 en el que los fotodetectores **6** se ubican en una distribución bidimensional.

17. Dispositivo según la reivindicación 16 en el que la distribución bidimensional es unacámara CMOS o una cámara CCD.

18. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-17 en el que los elementos para el procesamiento de datos **8** se seleccionan entre el grupo formado por: una placa electrónica, un microprocesador y un ordenador.

20

19. Método para determinar el grado de colimación de un haz de luz que incluye los siguientes pasos:

a) hacer pasar el haz de luz a través de un dispositivo según se define en las reivindicaciones 1-8,

b) obtener una Figura de Lissajous,

c) determinar el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous.

20. Método según la reivindicación 19 en el que el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous se determina mediante medición visual.

21. Método según la reivindicación 19 en el que el grado de elipticidad de la Figura de

5 Lissajous se determina matemáticamente añadiendo los siguientes pasos:

d) obtener experimentalmente los datos de la matriz A de la ecuación

$$\begin{pmatrix} u_1 & v_1 & x_1y_1 \\ u_2 & v_2 & x_2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_M & v_M & x_My_M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix},$$

10 donde z=(a, b, c) se obtienen a partir de datos experimentales {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>} de las señales detectadas por los fotodetectores **6** y donde  $u_1 = (x_1^2 - y_1^2)^2$ ,  $v_1 = (x_1^2 + y_1^2)$  y así sucesivamente, mediante la resolución de la ecuación

$$z = \left(A^T \cdot A\right)^{-1} A^T \cdot B$$

e) obtener los parámetros R1 y R2 de la ecuación

15

$$R_1^2 = \frac{-2}{2b-c},$$
  
$$R_2^2 = \frac{-2}{2b+c},$$

f) obtener la elipticidad e según la ecuación

$$e^2 = \frac{2c}{2b+c}$$
 o  $e^2 = \frac{-2c}{2b-c}$ 

20 seleccionando el parámetro de elipticidad, e, con valor positivo.

22. Método para colimar un haz de luz que incluye los siguientes pasos:

a) hacer pasar el haz de luz a través de un dispositivo según se define en las reivindicaciones 9-18,

b) obtener una Figura de Lissajous,

c) determinar el grado de elipticidad de la Figura de Lissajous,

d) desplazar la fuente de luz 1 con respecto al elemento de colimación 2, a lo largo del eje óptico,

e) monitorizar el parámetro de elipticidad e del paso c)

- f) detener el desplazamiento de la fuente de luz 1 cuando el parámetro e sea mínimo,
   teniendo en cuenta que los pasos c) y d) se realizan simultáneamente o
   consecutivamente y que por mínimo se entiende el menor valor posible de la elipticidad
   a lo largo de la medida completa.
- 10 23. Método para colimar un haz de luz según la reivindicación 22 en el que el paso c) se realiza mediante medición visual.

24. Método para colimar un haz de luz según la reivindicación 22 en el que el paso c) se realiza matemáticamente siguiendo los siguientes pasos:

i) obtener los datos de la matriz A de la ecuación

$$\begin{pmatrix} u_1 & v_1 & x_1y_1 \\ u_2 & v_2 & x_2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_M & v_M & x_My_M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix},$$

donde *z*=(*a*, *b*, *c*) se obtienen a partir de datos experimentales {S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>} de las señales 20 detectadas por los fotodetectores **6** y donde  $u_1 = (x_1^2 - y_1^2)^2$ ,  $v_1 = (x_1^2 + y_1^2)$  y así sucesivamente, mediante la resolución de la ecuación

$$z = \left(A^T \cdot A\right)^{-1} A^T \cdot B$$

ii) obtener los parámetros R1 y R2 de la ecuación

$$\begin{aligned} R_1^2 &= \frac{-2}{2b-c}, \\ R_2^2 &= \frac{-2}{2b+c}, \end{aligned}$$

iii) obtener la elipticidad e según la ecuación

$$e^{2} = \frac{2c}{2b+c} \circ e^{2} = \frac{-2c}{2b-c}$$

seleccionando el parámetro de elipticidad, e, con valor positivo.



Figura 1



Figura 2



Figura 3







Figura 4b



Figura 4c







Figura 5b



Figura 6



Figura 7b



Figura 8











Figura 11



Figura 12



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201500173

(2) Fecha de presentación de la solicitud: 06.03.2015

32 Fecha de prioridad:

# INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(5) Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

#### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	66	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas	
Y	US 4498767 A (MCGOVERN WILL resumen; figuras; columna 1, línea	RN WILLIAM E et al.) 12.02.1985, a 1, línea 49 – columna 2, línea 16; columna 2, línea 30 – columna 3,		
А	linea 20; columna 4, lineas 16-23.		3,4,10-25	
Υ	Optics department, Applied Optics L M SÁNCHEZ-BREA, et. al.; "C Documento recuperado de interner <url: http:="" url?sa<br="" www.google.es="">=rja&amp;uact=8&amp;ved=0CDQQFjAC&amp;u 2F&amp;ei=u4CWVai9G4GtUaHal_AE&amp; A&amp;sig2=CMq3KJc639HaOgbv6e10 fecha 13.10.2009, toda la página w</url:>	ed Optics Complutense Groups, Universidad Complutense de Madrid, et. al.; "Continuous self-imaging regime with a double-grating mask", de internet e.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad QFjAC&url=http%3A%2F%2Feprints.ucm.es%2F26221% JaHal_AE&usg=AFQjCNHnEGO55Dpt8Tkl5fxn0_Dvr6kZc aOgbv6e1qvw&bvm=bv.96952980,d.d24 >, [recuperado el 03.07.2015] a página web.		
A	A US 3924953 A (ALLARD FREDERICK C) 09.12.1975, resumen; figuras; columna 1, línea 60 – columna 2, línea 26; columna 2, líneas 35-48.		1-25	
A EP 0462599 A2 (APPLIED MATERIALS INC) 27.12.1991, resumen; figuras; columna 1, líneas 37-44; columna 3, líneas 3-21,49-58; columna 5, línea 47 – columna 6, línea 28.		1-25		
A	US 2014071427 A1 (LAST MATTHEW EMANUEL) 13.03.2014, resumen; figuras; párrafos 33,38-40,47,48.		1-25	
A	US 2008128631 A1 (SUHAMI AVF resumen; figuras; párrafos 176-186	RAHAM) 05.06.2008, 6,252-266.	1-25	
Categoría de los documentos citados       O: referido a divulgación no escrita         X: de particular relevancia       O: referido a divulgación no escrita         Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría       P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud         A: refleja el estado de la técnica       E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud				
El presente informe ha sido realizado para todas las reivindicaciones				
Fecha	de realización del informe 06.07.2015	<b>Examinador</b> A. López Ramiro	Página 1/5	

# CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G02B27/30 (2006.01) G02B23/10 (2006.01) G01T1/29 (2006.01) G01B11/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B, G01B, G01T

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 06.07.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-25 Reivindicaciones	SI NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 3, 4, 10-25 Reivindicaciones 1, 2, 5-9	SI NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

#### Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

#### 1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 4498767 A (MCGOVERN WILLIAM E et al.)	12.02.1985
D02	Optics department, Applied Optics Complutense Groups, Universidad Complutense de Madrid, L M SÁNCHEZ-BREA, et. al.; "Continuous self-imaging regime with a double-grating mask", Documento recuperado de internet <url: http:="" url?sa="t&amp;rct=j&amp;q=&amp;esrc=s&amp;source=web&lt;br" www.google.es="">&amp;cd=3&amp;cad=rja&amp;uact=8&amp;ved=0CDQQFjAC&amp;url=http%3A%2F%2Fep rints.ucm.es%2F26221%2F&amp;ei=u4CWVai9G4GtUaHal_AE&amp;usg=AF QjCNHnEGO55Dpt8TkI5fxn0_Dvr6kZcA&amp;sig2=CMq3KJc639HaO gbv6e1qvw&amp;bvm=bv.96952980,d.d24 &gt;</url:>	13.10.2009
D03	US 3924953 A (ALLARD FREDERICK C)	09.12.1975
D04	EP 0462599 A2 (APPLIED MATERIALS INC)	27.12.1991
D05	US 2014071427 A1 (LAST MATTHEW EMANUEL)	13.03.2014

# 2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Reivindicación 1

El documento más próximo es D01, dicho documento presenta (resumen, figuras, columna 1, línea 49-columna 2, línea 16; columna 2, línea 30- columna 3, línea 20; columna 4, líneas 16-23) un dispositivo para determinar el grado de colimación de un haz de luz que comprende:

- una máscara que incluye N ventanas (elementos 38, figura 1),

- una matriz de fotodetectores (26a-i) cuyo número es, al menos, igual al número N de ventanas,

- uno o más elementos de procesamiento de datos (figura 3),

donde el número de ventanas N >= 4 (N en D01 es 9).

La diferencia entre el objeto de la presente solicitud y D01 se basa en introducir una red de difracción y que las ventanas tienen cada una de ellas una red de difracción, estando las redes de difracción de las ventanas desfasadas entre sí.

El efecto de dicha diferencia se basa en modular la amplitud de la onda del haz de luz y permitir la generación de autoimágenes.

Sin embargo, el propio solicitante indica diversos documentos (uno de ellos es el documento D02), que presentan que era sobradamente conocido en el estado de la técnica el hacer uso de redes de difracción para modular haces de luz. Así, el documento D02 presenta (todo el documento) describe un sistema que utiliza una red de difracción de periodo p y una máscara con dos ventanas, con redes de difracción desfasadas entre sí.

Por tanto, en base a la combinación de ambos documentos, sería obvio para un experto en la materia obtener lo indicado en el objeto de la invención.

Además se observa que son conocidos los documentos D03 (resumen, figuras; columna 1, línea 60-columna 2, línea 26; columna 2, líneas 35-48); D04 (resumen, figuras; columna 1, líneas 37-44; columna 3, líneas 3-21 y 49-58; columna 5, línea 47- columna 6, línea 28); D05 (resumen, figuras; párrafos 33, 38-40, 47, 48) donde es sobradamente conocido en el estado de la técnica la utilización de colimadores, ventanas, y fotodetectores para la realización de distintas mediciones.

Por lo mencionado, la reivindicación 1 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 2, 5-6

En la solicitud, la máscara incluye 16 ventanas. No se indica que hacer uso de este número tenga ningún efecto técnico asociado respecto al número de 9 ventanas presente en D01, ya que en la propia solicitud, se indica que este número es variable.

No se considera que implique actividad inventiva alguna que la distancia d entre el eje óptico del haz de luz y el centro de la ventana sea la misma para todas las ventanas; como se indica en la propia solicitud (página 6), esto no es necesario.

Tampoco se considera que el disponer las ventanas en 4 o más columnas tenga actividad inventiva de por sí; en D01 (figura 1) las ventanas se disponen en 3 columnas; esto depende del número de ventanas N, ya que al haber elegido 16, el siguiente número de columnas si no es 2 (el caso de la reivindicación 5) es necesariamente 4.

Por lo mencionado, las reivindicaciones 2 y 5-6 presentan novedad (Artículo 6 LP) pero carecen de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### **Reivindicaciones 3-4**

Como se indica en la propia solicitud, no se puede extraer a partir de las enseñanzas de D02 (todo el documento) que el desplazamiento entre las redes de difracción de cada ventana es igual a 360<sup>o</sup>/N, donde N es el número de ventanas. Tampoco se puede extraer de las enseñanzas de D02 que las ventanas estén duplicadas con el mismo desfase. Por lo mencionado, las reivindicaciones 3 y 4 presentan novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 7-9

En el documento D01 (figura 1) los fotodetectores se ubican en una distribución bidimensional.

En D02 (página 5725, apartado "Experimental results") la distribución bidimensional en D01 es una cámara CMOS.

No se considera que seleccionar los elementos para el procesamiento de datos entre el grupo formado por una placa electrónica, un microprocesador y un ordenador tenga actividad inventiva de por sí, ya que se consideran una opción de diseño.

Por lo mencionado, las reivindicaciones 7-9 presentan novedad (Artículo 6 LP) pero carecen de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicación 10

Como se ha indicado, el documento D01 presenta (resumen, figuras, columna 1, línea 49-columna 2, línea 16; columna 2, línea 30- columna 3, línea 20; columna 4, líneas 16-23) un dispositivo con una máscara que incluye N ventanas, una matriz de fotodetectores cuyo número es, al menos, igual al número N de ventanas, uno o más elementos de procesamiento de datos, donde el número de ventanas N >= 4.

La diferencia entre la reivindicación 10 y D01 son los siguientes elementos: un elemento de colimación, una red de difracción, unas ventanas, cada una de ellas con una red de difracción y estando las redes de difracción de las ventanas desfasadas entre sí.

En la reivindicación 1 se ha observado que D02 (todo el documento), incluye algunos de estos elementos pero no todos. No se ha encontrado en el estado de la técnica un único elemento que incluya todos los elementos que diferencian a la reivindicación 10 de D01.

Además el efecto técnico de dichas diferencias permite simplificar la obtención de la colimación deseada.

Por lo mencionado, la reivindicación 10 presenta novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 11-19

Por su dependencia con la reivindicación 10, las reivindicaciones 11 a 19 presentan novedad y actividad inventiva. Por lo mencionado, las reivindicaciones 11 a 19 presentan novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicación 20

A partir de las enseñanzas de la combinación de documentos D01 y D02 no se extrae que sea posible medir el grado de colimación a partir de la obtención de la figura de Lissajous. Existen documentos que indican que a partir de dicha medida se obtiene el grado de colimación, sin embargo, no se ha encontrado un único documento que combinado con D01 solucione tal problema técnico.

Por lo mencionado, la reivindicación 20 presenta novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 21-22

Por su dependencia con la reivindicación 20, las reivindicaciones 21 y 22 presentan novedad y actividad inventiva. Por lo mencionado, las reivindicaciones 21 y 22 presentan novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicación 23

El método para colimar un haz de luz haciendo uso de un dispositivo (de la reivindicación 10) nuevo y con actividad inventiva se considera nuevo y que tiene actividad inventiva.

Por lo mencionado, la reivindicación 23 presenta novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 24 y 25

Por su dependencia con la reivindicación 23, las reivindicaciones 24 y 25 presentan novedad y actividad inventiva. Por lo mencionado, las reivindicaciones 24 y25 presentan novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).