

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(10) Número de Publicación Internacional
WO 2011/089291 A1

(43) Fecha de publicación internacional
28 de julio de 2011 (28.07.2011)

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G02B 17/08 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2011/000012

(22) Fecha de presentación internacional:

20 de enero de 2011 (20.01.2011)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:

P201000068 20 de enero de 2010 (20.01.2010) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): **UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID** [ES/ES]; Avda. Séneca, 2, E-28040 Madrid (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **BERNABÉU MARTÍNEZ, Eusebio** [ES/ES]; Escuela universitaria de óptica, C/ Arcos del Jalón, 118, 28037 Madrid (ES). **VAZQUEZ MOLINI, Daniel** [ES/ES]; Escuela universitaria de óptica, C/ Arcos del Jalón, 118, 28037 Madrid (ES). **GONZALEZ MONTES, Mario** [ES/ES]; Escuela universitaria de óptica, C/ Arcos del Jalón, 118, 28037 Madrid (ES). **ALVARES**

FERNÁNDEZ-BALBUENA, Antonio [ES/ES]; Escuela universitaria de óptica, C/ Arcos del Jalón, 118, 28037 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: OPTICAL SYSTEM FOR THE COLLIMATION OR CONCENTRATION OF LIGHT RADIATION

(54) Título : SISTEMA ÓPTICO DE COLIMACIÓN O CONCENTRACIÓN DE RADIACIÓN LUMINOSA

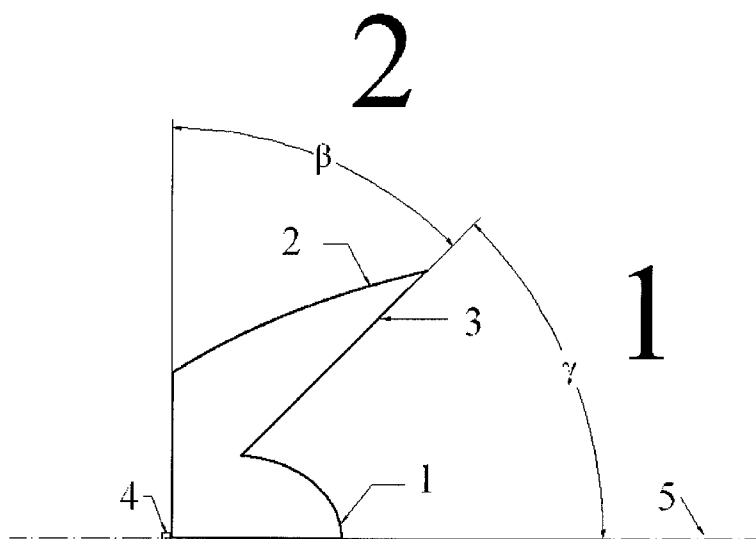


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an optical system for the collimation or concentration of light radiation. The invention specifically relates to an optical system that enables a high level of collimation from a light source or enables the concentration of the radiation with different degrees of collimation over a determined surface. The system comprises two zones: zone 1 including a surface (1) that has the geometry of a cartesian elipsoid, captures the light from the light source (4) of the system, and collimates said light by means of a single refraction; and zone 2 including two parts: a parabola (2) reflecting the light collimated in zone 1, and a conical surface (3) with a straight cross-section where the light reflected on the parabola (2) is subjected to a refraction and exits parallel to the optical axis (5) of the system. When the collimation system works the other way round, it acts like a radiation concentrator. With this basic configuration, the parameters defining

the system can be optimised by means of mathematic models.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

**Publicada:**

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

— antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))

Sistema óptico de colimación o concentración de radiación luminosa. La presente invención se refiere a un sistema óptico que permite obtener un alto nivel de colimación procedente de una fuente de luz o bien permite la concentración de la radiación con distintos grados de colimación sobre una superficie determinada. El sistema comprende dos zonas: la zona 1 incluye una superficie (1) que tiene la geometría de un elipsoide cartesiano, capta la luz procedente de la fuente luminosa (4) del sistema y colima dicha luz mediante una única refracción; la zona 2 incluye dos partes: una parábola (2) que refleja la luz colimada en la zona 1 y una superficie (3) cónica de sección recta donde la luz reflejada en la parábola (2) sufre una refracción y sale paralela al eje óptico (5) del sistema. Cuando el sistema de colimación trabaja en sentido inverso, se comporta como un concentrador de radiación. Con esta configuración básica se pueden optimizar los parámetros que definen el sistema mediante el empleo de modelos matemáticos.

TÍTULO

Sistema óptico de colimación o concentración de radiación luminosa

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema óptico que permite obtener un alto nivel de colimación procedente de una fuente de luz o bien, en caso de que trabaje en sentido inverso, permite la concentración de la radiación luminosa
10 con distintos grados de colimación sobre una superficie determinada.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La colimación de la luz generada por una fuente luminosa permite la
15 obtención de elevadas intensidades de luz en la dirección de colimación y por tanto hace posible su percepción a grandes distancias o la iluminación de superficies desde lugares alejados con gran eficiencia. Si el sistema trabaja en sentido inverso, es decir como concentrador de luz, permite concentrar la luz de una fuente colimada sobre una pequeña superficie, tal y como se hace
20 en los sistemas fotovoltaicos de alta concentración en los que se intenta reducir al máximo la superficie de célula empleada.

La incorporación desde hace 10 años de los LED al campo de la señalética ha resultado imparable debido a las ventajas que incorporan respecto de
25 otras fuentes de luz empleadas de forma histórica. Dichas ventajas se basan esencialmente en su bajo consumo, gran eficacia, emisión espectral, posibilidad de variación de flujo continua y seguridad frente a vibraciones.

La incorporación de los LED al mercado de la iluminación en arquitectura y la
30 señalética en los últimos 3 años ha marcado una necesidad imperiosa por el desarrollo de sistemas ópticos que permitan su aplicación a dicho entorno. Podemos ver cómo los catálogos de las mejores casas han ido incorporando

productos basados en este tipo de fuentes: Erco, Lledó, Philips, etc... En general este tipo de dispositivos no requieren un alto grado de colimación, aunque en determinados casos esto si es así. La colimación se hace imprescindible en sistemas de iluminación como son linternas, focos o
5 balizas.

Dada la enorme competencia generada existen en la actualidad multitud de sistemas que permiten dicho objetivo y en particular la colimación de la luz. Son bastantes las casas que se han especializado en el desarrollo de ópticas
10 específicas para LED y que buscan nuevos sistemas de colimación.

El colimador/concentrador se basa en un sistema de diseño óptico que ha sido ampliamente expuesto en multitud de publicaciones bajo la denominación de "nonimaging optics" (Wiston, *Nonimaging optics*, Elsevier
15 (2005); J.Chaves *Introduction to nonimaging optics*, CRC Press, (2008); J.J. O`Gallagher *Nonimaging optics in solar energy*, Frank Kreith (2008)). En estos trabajos se exponen diversas metodologías para conseguir concentrar la luz en una superficie o bien colimar la luz emitida por una fuente luminosa.

20 Entre las patentes que forman parte del estado de la técnica cabe destacar la patente EP1880139B1. Se refiere a un sistema de doble lente para controlar el ángulo de radiación del LED e iluminar localmente a larga distancia.

Otra patente es la US2007263390A1, que se refiere a un sistema compuesto
25 por una lente convergente en el interior y un reflector en el exterior.

La invención DE202005007500U1 es muy similar a la anterior tanto en concepción como en diseño.

30 La patente US2004070855A1 muestra un concepto desarrollado por Benítez y Miñano para concentradores solares y aplicado a colimadores. Es un

dispositivo parecido a los anteriores, aunque la geometría no es exactamente equivalente. En este caso, los rayos sufren dos reflexiones internas en el dieléctrico que rodea a la fuente de luz, aunque no está en contacto directo con ella, antes de salir colimadas.

5

La patente US2003075167A1 es completamente diferente y desarrolla una serie de superficies dentadas que trabajan en reflexión total y se desarrollan en un perfil curvado para evitar apantallamientos de unas sobre otras.

10 A la patente US2005129358A1 le sucede otro tanto, aunque presenta otra versión en la que existen varias reflexiones totales y la superficie de salida se encuentra en la periferia. Además, esta solución solamente trabaja con luz que en el emisor sale lateralmente, y por tanto, descarta la emisión frontal de la fuente.

15

En EP1266255B1 la colimación se produce por reflexión interna de la radiación proveniente de la fuente, situada en el eje óptico del sistema. Las caras del dispositivo pueden ser "suaves", o bien estar compuestas por microfacetas. Como en casos anteriores, este dispositivo puede funcionar
20 como concentrador de radiación si opera en sentido inverso.

25

En el caso de la patente US7006306B2 se trata de producir iluminación homogénea a partir de una fuente puntual, en un ángulo de 180°, mediante reflexiones internas de la luz en un dieléctrico (también se habla del caso de 360°). La fuente de luz se sitúa dentro de un cono truncado con las caras internas talladas en microfacetas de modo que la luz proveniente de la fuente se refleje y salga en dirección perpendicular al eje óptico. Este dispositivo no colima la luz sino más bien todo lo contrario: la reparte radialmente de manera homogénea.

30

En la patente US2004105171A1 se utiliza un diseño tipo lente TIR. Se utiliza

la reflexión interna total en las facetas de la cara interna, junto con el desplazamiento angular del eje de simetría para alinear los rayos en una dirección que no sea paralela al eje óptico del sistema.

- 5 Existen por lo tanto muchos sistemas de colimación que ya se utilizan para LED, sin embargo hay particularidades que sigue siendo necesario mejorar como pueden ser la eficiencia y la eliminación o aminoración de aberraciones cromáticas.

10 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un nuevo sistema óptico de colimación de radiación luminosa mediante la combinación de diferentes geometrías y formas de trabajo para cada zona del sistema. El sistema se divide en dos

15 zonas que trabajan de diferente manera: por una parte una zona 1 que es una superficie que capta directamente la luz emitida por la fuente luminosa y mediante una única refracción la colima, y por otra parte una zona 2 que refleja la luz hacia una superficie de salida que en sección es recta sufriendo la luz en esta parte primero una reflexión y luego una refracción. Como se

20 puede ver en la figura 1, la zona 1 tiene la geometría de un elipsoide cartesiano (1) que capta la luz emitida por la fuente luminosa (4); la zona 2 comprende dos partes: una parábola inclinada (2), cuyo tamaño angular está limitado por el máximo nivel de pérdida admitido en el sistema, y una superficie cónica de sección recta (3) inclinada un ángulo tal que hace que la

25 luz reflejada en la parábola (2) salga, una vez refractada en la superficie cónica de sección recta (3), paralela al eje óptico del sistema (5).

La relación que deben guardar el giro de la parábola (2) y el de ángulo que forma la superficie cónica de sección recta (3) con el eje óptico del sistema

30 (5) aparece representado en la figura 3, donde el eje de abscisas representa el ángulo de inclinación de la parábola y el de ordenadas el de la superficie cónica de sección recta.

Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema de colimación de radiación luminosa que puede también diseñarse para trabajar en dirección inversa como un sistema de concentración.

5

Con respecto a otros sistemas conocidos en el estado de la técnica, una diferencia de la presente invención estriba en que en nuestro caso no empleamos una caja para el alojo de la fuente luminosa y la superficie de salida lateral es en nuestro caso cónica de sección recta. En la presente invención, al considerar la luz como proveniente del chip, aunque se tenga una lámina de aire, ésta es planoparalela y por tanto no desvía la luz, la superficie de salida exterior focaliza sobre la fuente.

Esta diferencia tiene dos consecuencias:

- 15 1.- el sistema propuesto en la presente invención tiene menos aberraciones cromáticas que los sistemas ya conocidos;
- 2.- tiene una ligera mayor eficiencia ya que la refracción en la caja se realiza con ángulos más reducidos.

El punto 1 tiene especial importancia cuando se aplica a LED blancos, de un uso muy extendido en la actualidad.

Esta invención viene además avalada por un desarrollo teórico que permite una modelización mediante la cual se optimiza la configuración final del sistema optimizando el rendimiento de la óptica colimadora en función de las necesidades específicas que se asignen al sistema en cuanto a las características de colimación, el tamaño del chip y las restricciones de tamaño del conjunto.

La invención también se refiere al sistema de colimación trabajando en sentido inverso, comportándose en este caso como concentrador de radiación luminosa con aplicación, por ejemplo, a sistemas fotovoltaicos.

Como se aprecia en la figura 1, la primera parte del sistema, es decir la zona 1, se corresponde con un elipsoide cartesiano calculado para el índice de refracción del material con el que se construye la unidad. El tamaño angular y de esa zona 1 se calcula de acuerdo con la máxima pérdida que de acuerdo con las ecuaciones de Fresnel se quiera asumir al producirse la refracción. En la figura 2 a) se representa cómo es el trazado de rayos en esta zona. La distancia a la que se encuentra el vértice del elipsoide cartesiano (1) respecto de la fuente luminosa (4) es función del tamaño total máximo que queramos que tenga el sistema y de la máxima desviación de la luz que podamos tolerar para el tamaño de fuente luminosa (4).

Opcionalmente, el sistema puede incluir una zona 3 que comprende una superficie de entrada (6) de la luz al sistema siendo esta superficie (6) paralela a la superficie exterior de la fuente de luz de tal forma que la lámina que queda entre ambas superficies es planoparalela. En el caso de los sistemas analizados en las patentes del estado de la técnica, el alojamiento o caja del LED no genera esa lámina planoparalela lo que genera que las pérdidas energéticas sean más elevadas.

20

Una configuración particular del presente sistema es que la superficie (3) está orientada hacia la fuente luminosa (4), de tal manera que la luz directa desde la fuente (4) sale a través de esta superficie (3), de forma que no existen en el sistema salidas de luz no deseada, que o bien reducirían la eficiencia del sistema o bien harían que tuviera luminancia en direcciones no deseadas.

25

Dado que la superficie (3) debe estar orientada hacia la fuente luminosa, para que los rayos salgan paralelos al eje óptico del sistema (5), es necesario que incidan en un ángulo determinado $\delta 1$.

Como se puede ver en la figura 2 b) y de una forma más detallada en la figura 7:

30

$n \sin(\delta_1) = \sin(\delta_2) = \sin(90-\gamma)$, es decir

$$\delta_1 = \text{asen}[\sin(90 - \gamma) / n].$$

Esto nos lleva a que la superficie (2) debe ser una parábola girada un ángulo en sentido antihorario definido por:

$$\alpha = \delta_2 - \delta_1 = 90 - \gamma - \delta_1.$$

La relación entre el ángulo de rotación de la parábola y el ángulo de inclinación de la sección recta de la parte cónica (3) para asegurar una emisión de luz colimada se expresa en la siguiente ecuación matemática:

$$\gamma = 90^\circ - \left(\alpha + \text{tg}^{-1} \left(\frac{n_2 \cdot \sin(\alpha)}{n_1 - n_2 \cdot \cos(\alpha)} \right) \right)$$

o, lo que es lo mismo, si se ha determinado el ángulo γ , entonces se encuentra el ángulo α :

$$\alpha = 90 - \gamma - \text{asen}(\sin(90 - \gamma) / n_1)$$

Con esta configuración toda la luz que emite el punto central de la fuente luminosa (4) sale paralela al eje óptico del sistema (5). Dado que la fuente luminosa nunca es puntual, la luz que emite el sistema tendrá una divergencia que será función del tamaño de la fuente y de la distancia desde la fuente al vértice de la zona 1 a partir de la cual hemos generado el sistema.

25

Con la dirección del eje de la parábola de la superficie (2) definida, la distancia focal se determina calculando aquella distancia focal que hace que la parábola corte con la superficie de salida (3) en el punto definido por el diámetro D del sistema tal y como aparece representado en la figura 4.

30

No obstante lo anterior es posible girar levemente la parábola de la superficie (2), y por tanto la superficie (3) para que siga colimando la luz, con el objetivo de conseguir maximizar el flujo de energía que sale del sistema. Un giro de la superficie (3) implicará una cierta cantidad de luz que se pierde por incidir
5 directamente desde la fuente luminosa (4) que se compensará por las pérdidas de Fresnel que produce la refracción sobre la cara de la superficie (3). Dicha radiación sería la que corresponde con el ángulo ζ tal y como aparece representado en la figura 5.

10 Cuando la fuente emisora emite a diversas longitudes de onda el sistema se calcula para aquella que optimiza el sistema en los parámetros que se consideren prioritarios (flujo de salida, intensidad pico, divergencia máxima,...).

15 Con esta configuración básica se puede proceder, si se considera necesario, a un proceso de optimización de los parámetros que definen el sistema optimizando, por ejemplo, el flujo de salida de todo el sistema. Para ello se emplean los modelos que se exponen en esta memoria.

20 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos en
25 donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra, de forma esquemática, la configuración básica del dispositivo y la distribución de las diferentes zonas de funcionamiento.

30 Figura 2.- Muestra de forma esquemática las diferentes formas de trabajo de las zonas 1 y 2.

Figura 3.- Muestra una gráfica con la relación existente entre la inclinación de la superficie (3) y la inclinación necesaria de la superficie (2).

Figura 4.- Determinación de la distancia focal de la parábola.

5

Figura 5.- Muestra el ángulo que describe la radiación perdida por incidencia directa sobre la ventana de salida de la superficie (3).

Figura 6.- Muestra un esquema de los ángulos de incidencia y transmisión en el elipsoide cartesiano que define la superficie (1).

10

Figura 7.- Muestra un esquema de los ángulos de incidencia y transmisión en la parábola de la superficie (2) y la sección recta de la parte cónica de la superficie (3).

15

Figura 8.- Muestra el Flujo total de salida del dispositivo en función del ángulo de inclinación de la parábola para una emisión de 90° .

Figura 9.- Muestra Flujo total de salida en función del ángulo de inclinación de la parábola para una emisión de 80° .

20

Figura 10.- Sistema colimador con superficie de entrada (6) de la luz paralela a la superficie exterior de la fuente luminosa.

Figura 11.- Sistema óptico de la invención trabajando como concentrador.

25

MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Una vez definida la geometría del sistema y los parámetros que caracterizan la misma, a continuación se presentan ejemplos de optimización de dichos parámetros.

30

Ejemplo 1

Se procedió a determinar el valor del ángulo de rotación de la parábola α que asegura la máxima eficiencia del sistema óptico de colimación.

5

La condición de máxima eficiencia del sistema se equivale a extraer la mayor cantidad de flujo colimado, los valores del sistema se determinan sin necesidad de espejar ninguna superficie. Suponiendo una fuente puntual y uniforme, de emisión uniforme en todas las direcciones, y de semiángulo de

10 emisión 90° , el flujo emitido Φ paralelo al eje óptico del sistema (5) se describe mediante la siguiente ecuación:

$$\Phi = I \cdot \left[\int_0^{2\pi(1-\cos\gamma)} T_{\text{ellipse}}(\alpha, \beta) \cdot d\Omega + \int_{2\pi(1-\cos\gamma)}^{2\pi} T_{\text{unionPE}}(\alpha) \cdot R_{\text{parabola}}(\alpha, \beta) \cdot d\Omega \right]$$

- 15 Sustituyendo el ángulo sólido Ω por el ángulo de emisión de la fuente β , y expresando la transmitancia T en función de la reflectancia R :

$$\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \beta), \quad d\Omega = 2\pi \cdot \sin \beta, \quad T = (1 - R)$$

- 20 se obtiene la siguiente ecuación:

$$\Phi = K \cdot \left[\int_0^\gamma (1 - R_{\text{ellipse}}(\alpha, \beta)) \cdot 2\pi \cdot \sin(\beta) \cdot d\beta + \int_\gamma^{90^\circ} (1 - R_{\text{unionPE}}(\alpha)) \cdot R_{\text{parabola}}(\alpha, \beta) \cdot 2\pi \cdot \sin(\beta) \cdot d\beta \right]$$

[ec.1]

- 25 Esta ecuación depende de una constante de proporcionalidad I debido a que se supone la fuente de luz uniforme y genera flujo independientemente del valor del ángulo de emisión. Pero esta constante no es relevante en este ejemplo porque lo que se persigue es encontrar el máximo de la anterior ecuación [ec.1].

También se necesita conocer las expresiones de la reflectancia en función del ángulo de entrada y de salida a la superficie analizada en cada zona.

- 5 Las dos componentes, perpendicular y paralela, de la reflectancia son:

$$R_{paralela} = \frac{tg^2(\theta_1 - \theta_2)}{tg^2(\theta_1 + \theta_2)} \quad R_{perpendicular} = \frac{sen^2(\theta_1 - \theta_2)}{sen^2(\theta_1 + \theta_2)}$$

[ec. 2]

- 10 Siendo θ_1 y θ_2 , los ángulos de entrada y de salida a la superficie estudiada respectivamente.

$$R = \left(\frac{R_{paralela}}{2} + \frac{R_{perpendicular}}{2} \right)$$

- 15 Ahora, para poder calcular la integral del flujo, es necesario despejar θ_1 y θ_2 en función del ángulo de emisión β , teniendo en cuenta si estamos analizando el caso de la luz transmitida por la elipse, zona 1, o reflejada en la parábola, zona 2, figura 6.

- 20 En base al anterior esquema se formulan las ecuaciones de partida:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_2 = \theta_1 + \beta \\ n_1 sen\theta_1 = n_2 sen\theta_2 \end{array} \right\}$$

- 25 Mediante un desarrollo teórico se obtienen los ángulos de incidencia, θ_1 , y transmitancia, θ_2 , en función del ángulo de emisión β :

12

$$\theta_1 = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{n_2 \operatorname{sen}(\beta)}{n_1 - n_2 \cos(\beta)} \right)$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{n_1 \operatorname{tg}(\beta)}{n_1 - n_2 \cdot (\cos(\beta) + \operatorname{sen}(\beta) \cdot \operatorname{tg}(\beta))} \right)$$

Análisis del ángulo de incidencia y transmisión en la parábola (2) y en la sección recta de la parte cónica de la superficie (3).

5

Parábola (2)

$$\begin{cases} \beta + 2\theta_1 + \alpha = 180 \\ n_1 \operatorname{sen}\theta_1 = n_2 \operatorname{sen}\theta_2 \end{cases}$$

10

$$\theta_1 = \left(\frac{180 - \alpha - \beta}{2} \right)$$

$$\theta_2 = \operatorname{sen}^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \operatorname{sen} \left(\frac{180 - \alpha - \beta}{2} \right) \right)$$

15 Sección recta de la parte cónica de la superficie (3)

$$\begin{cases} \theta_2' = \theta_1' + \alpha \\ n_1 \operatorname{sen}\theta_1' = n_2 \operatorname{sen}\theta_2' \end{cases}$$

20

$$\theta_1' = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{n_2 \operatorname{sen}(\alpha)}{n_1 - n_2 \cos(\alpha)} \right)$$

$$\theta_2' = \alpha + \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{n_2 \operatorname{sen}(\alpha)}{n_1 - n_2 \cos(\alpha)} \right)$$

Estas relaciones aparecen reflejadas en la figura 8. En esta figura el eje de abscisas representa el ángulo de inclinación de la parábola α y el eje de ordenadas el flujo emitido por el sistema. A trazos se representa el flujo transmitido por la superficie 1, en cruces el transmitido por la parábola (2) y la superficie cónica de sección recta (3) y con cuadrados el flujo total.

FLUJO TOTAL DEL SISTEMA COLIMADOR

Semiángulo de divergencia de la fuente 90°

10

RESULTADO MÁXIMA EFICIENCIA ÁNGULO INCLINACIÓN $\alpha = 16.9^\circ$

Ejemplo 2

Si la fuente luminosa no emite en todo el semiespacio, tal y como es el caso de los LED con cazoleta, la solución es ligeramente diferente. Por ejemplo, en el caso de semiángulo de divergencia de la fuente 80°

RESULTADO MAXIMA EFICIENCIA ANGULO INCLINACION $\alpha = 17.9^\circ$ tal y como aparece reflejado en la figura 9. En esta figura el eje de abscisas representa el ángulo de inclinación de la parábola α y el eje de ordenadas el flujo emitido por el sistema. A trazos se representa el flujo transmitido por la superficie 1, en cruces el transmitido por la parábola (2) y la superficie cónica de sección recta (3) y con cuadrados el flujo total.

25 Ejemplo 3

En el caso de que la fuente luminosa sea un LED con un encapsulado, la cara posterior del sistema incorpora una superficie (6) de entrada de la luz al sistema paralela a la superficie exterior del LED (figura 10) que permite su acople. La superficie (6) adopta la geometría del encapsulado del LED de manera que el interface entre el LED y el sistema es una lámina planoparalela

30

que no modifica la colimación de la luz, aunque sí supone una ligera pérdida de energía.

Ejemplo 4

- 5 En este ejemplo se describe el sistema óptico de la invención diseñado en esta ocasión para trabajar como sistema de concentración solar de forma similar a como se muestra en la figura 11.

10 La superficie (1) está formada por un material transparente que, en este ejemplo, es la silicona con índice de refracción $n=1,49$ para una longitud de onda elegida $\lambda=550nm$ y para el cálculo en el que la superficie (1) está situada a una distancia de 3,67 mm de la fuente luminosa (4).

15 La superficie (1) responde a la geometría de un elipsoide cartesiano cuyo centro emisor es el centro de la fuente luminosa (4).

La distancia del emisor al vértice de la superficie (1) se fija en función de la apertura que se desea obtener en el sistema, en este caso son 3,69mm.

20 El tamaño angular γ de la superficie (1) que define la zona 1, se fija en función de la máxima pérdida por reflexión en dicha superficie (1) permitida al sistema, que en este ejemplo se establece en el 80%.

25 Con el ángulo γ de inclinación de la superficie (3) se calcula el ángulo α de giro de la superficie parabólica (2), que en este caso son $38,38^\circ$. La distancia focal de la parábola (2) es de 2,16 mm.

En la figura 9 se representa gráficamente esta ecuación para comprobar el rango de valores de la zona de trabajo. Fijamos los valores de los índices de refracción para los siguientes medios: Silicona $n_1=1.49$ y aire $n_2=1$.

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema óptico de colimación de radiación luminosa que comprende dos
5 zonas:
- la zona 1 incluye una superficie (1) que tiene la geometría de un elipsoide cartesiano, capta la luz procedente de la fuente luminosa (4) del sistema y colima dicha luz mediante una única refracción;
 - la zona 2 incluye dos partes:
10
 - una parábola (2) que refleja la luz colimada en la zona 1;
 - una superficie (3) cónica de sección recta donde la luz reflejada en la parábola (2) sufre una refracción y sale paralela al eje óptico (5) del sistema.
2. Sistema óptico de colimación, según la reivindicación 1, que incluye una
15 superficie (6) de entrada de la luz al sistema siendo dicha superficie (6) paralela a la superficie exterior de la fuente luminosa (4).
3. Sistema óptico de colimación, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie de sección recta de la parte cónica (3) pasa
20 por el punto central de la fuente de luz (4).
4. Sistema óptico de concentración de radiación luminosa que comprende dos zonas:
- la zona 1 incluye una superficie (1) que tiene la geometría de un elipsoide
25 cartesiano, capta la luz procedente de la fuente luminosa externa al sistema y concentra dicha luz mediante una única refracción;
 - la zona 2 incluye dos partes:
 - una superficie (3) cónica de sección recta donde la luz se refracta y se dirige hacia la parábola girada de la superficie (2). Esta superficie forma un
30 ángulo tal que la luz refractada se introduce en el sistema formando un ángulo

igual al del giro del eje de la parábola (2).

- Una superficie parabólica (2) girada un ángulo respecto del eje del sistema (5).

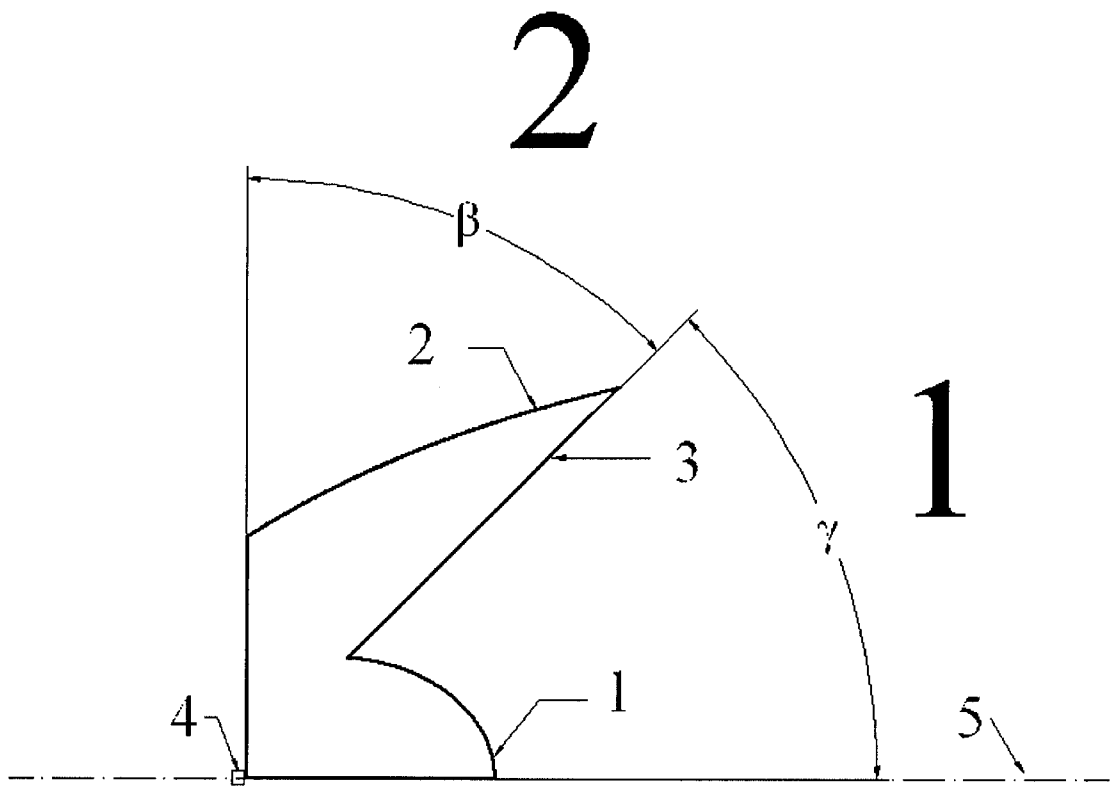


Fig. 1

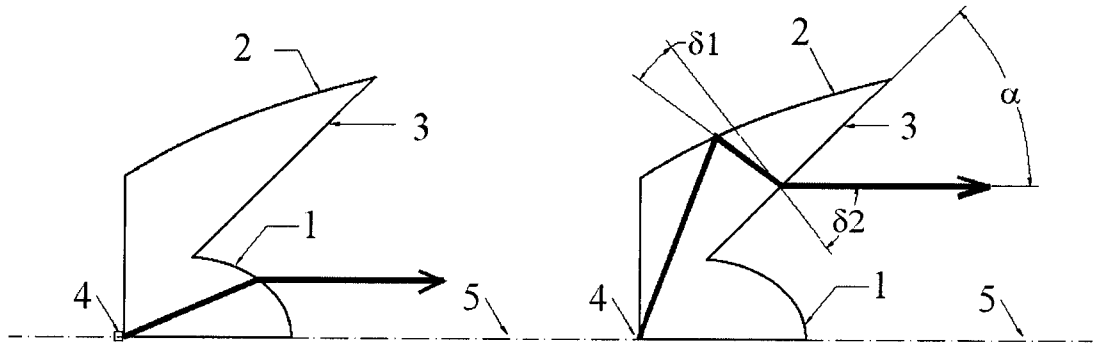


Fig. 2a

Fig. 2b

3/11

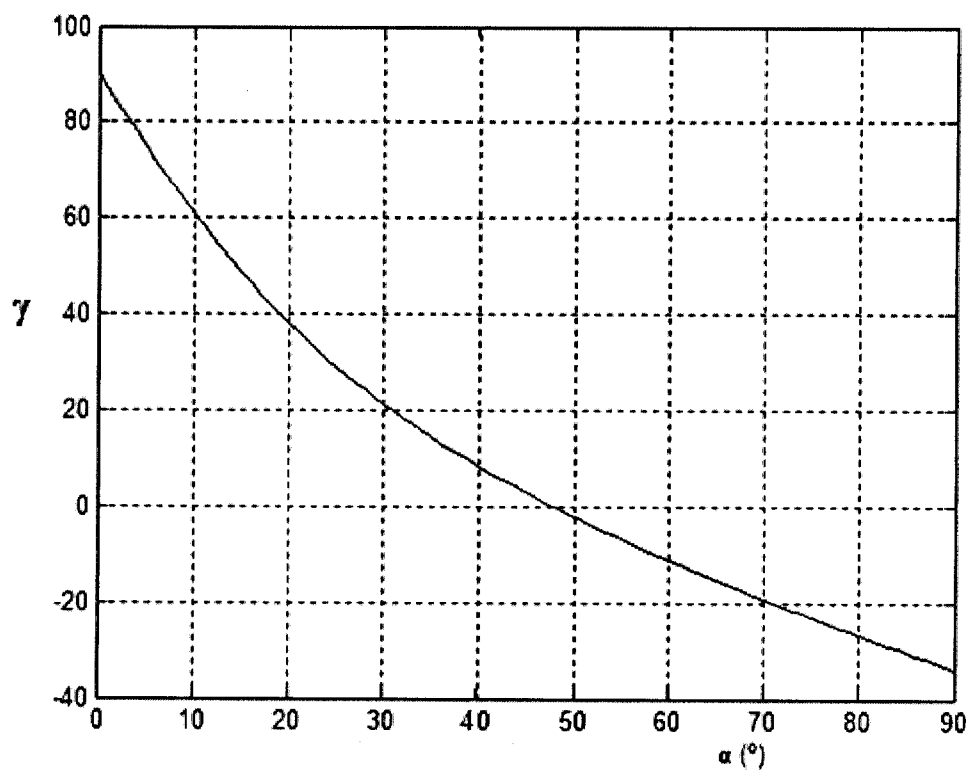


Fig. 3

4/11

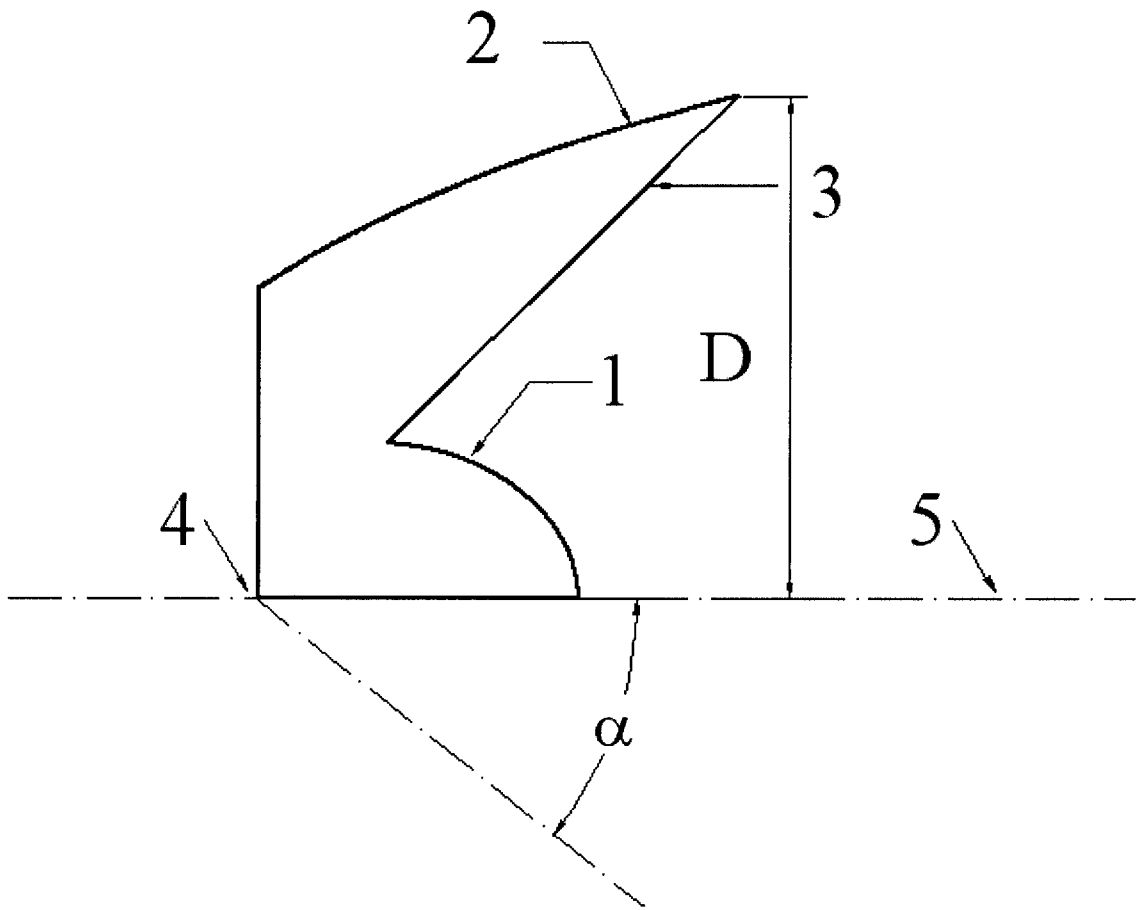


Fig. 4

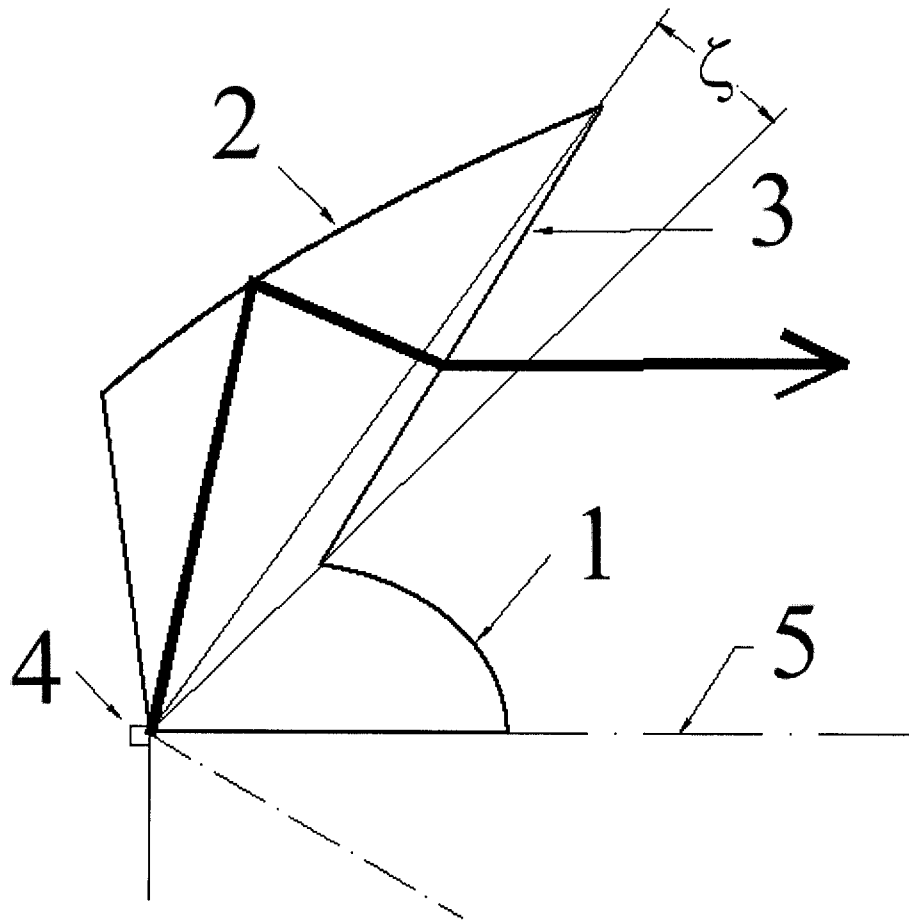


Fig. 5

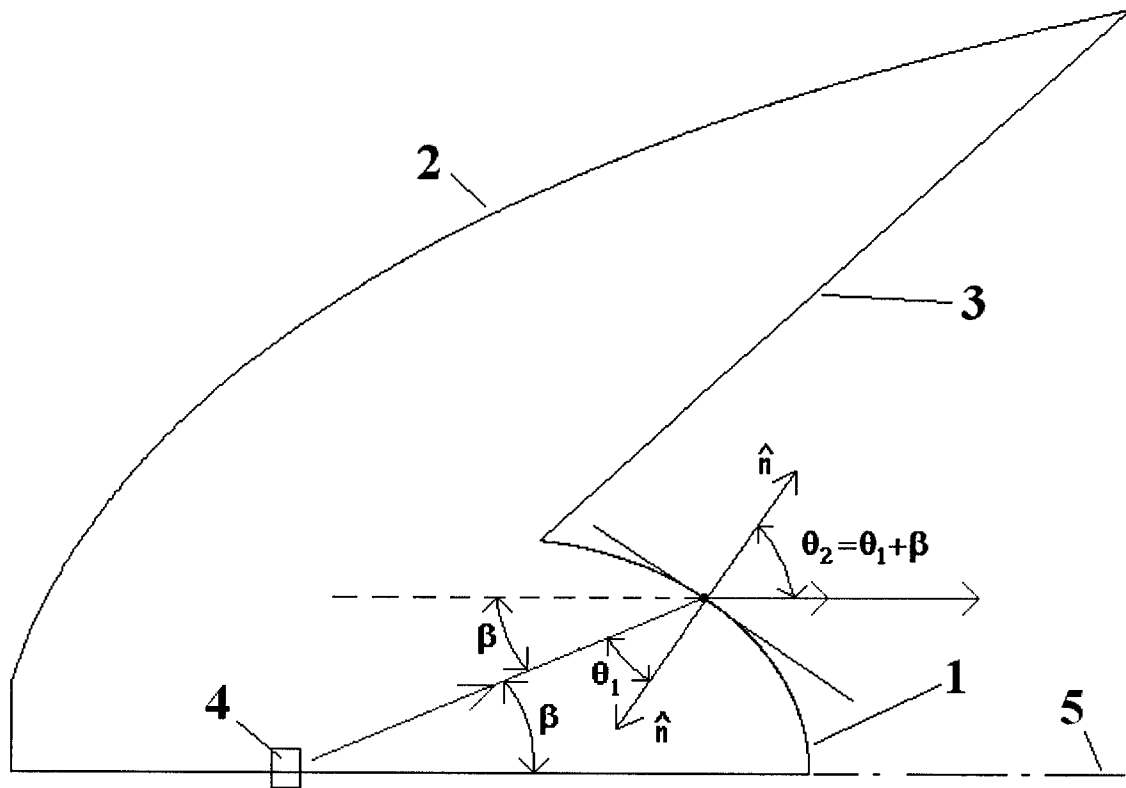


Fig. 6

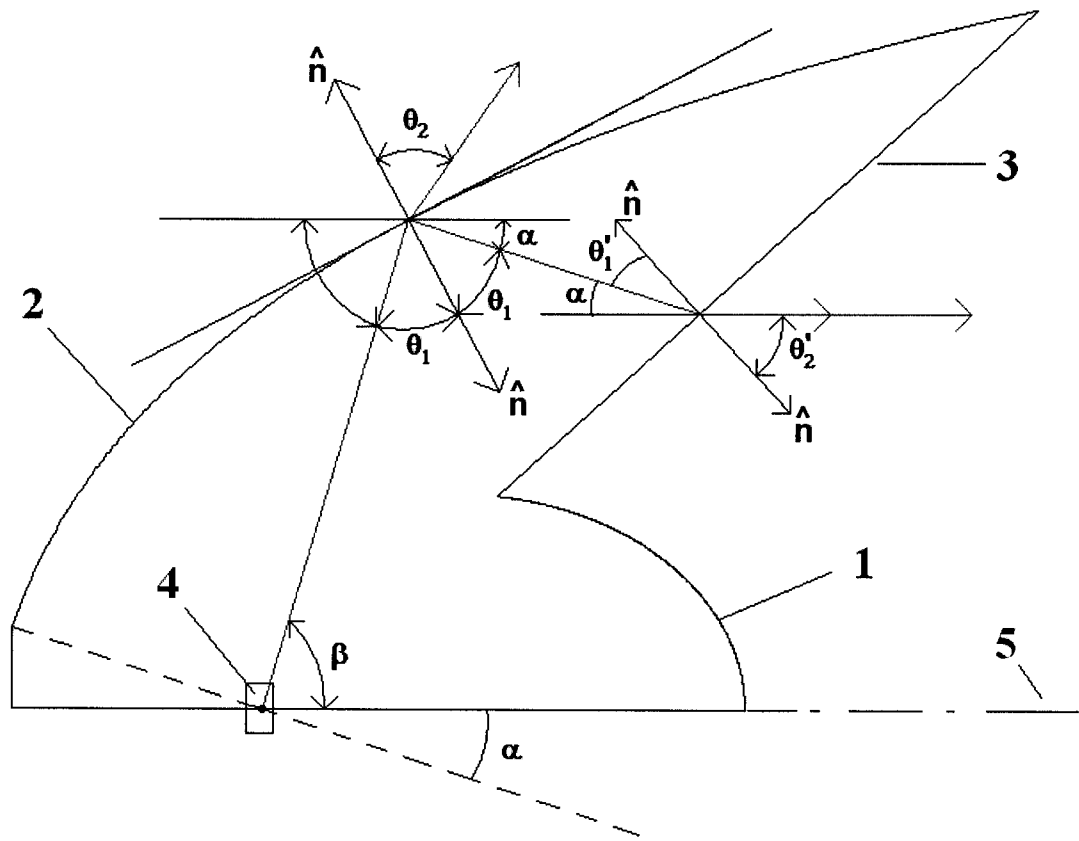


Fig. 7

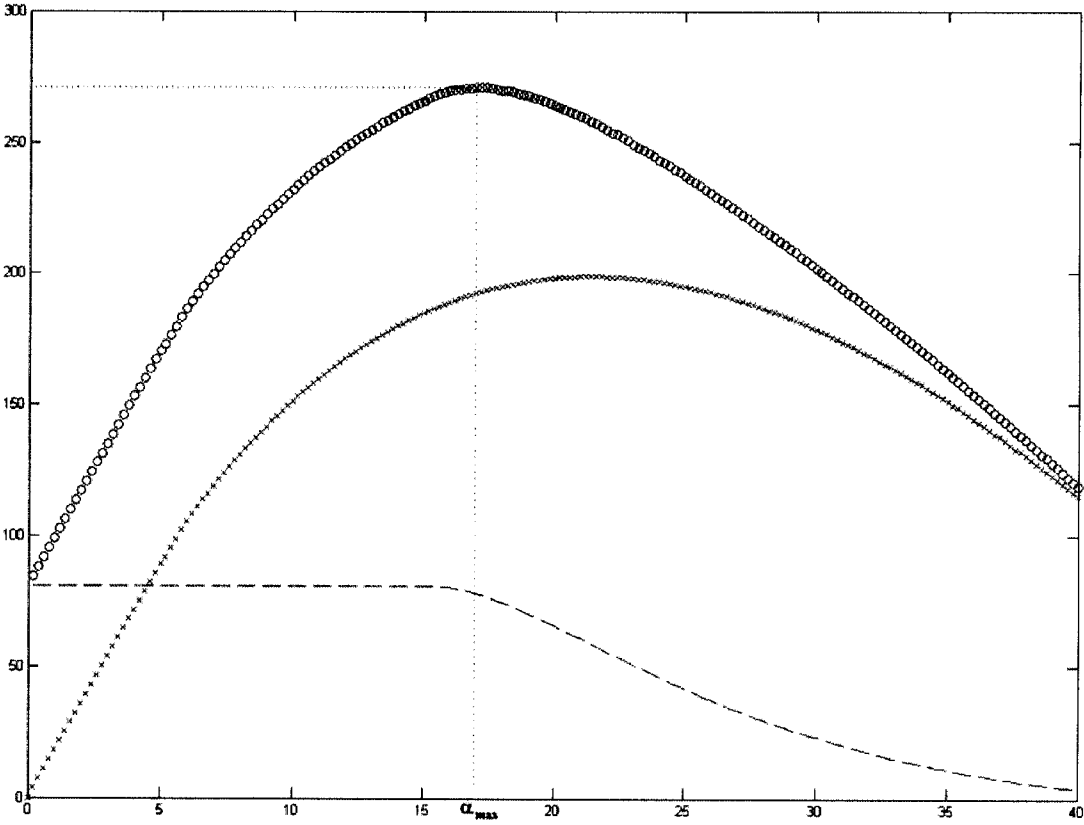


Fig. 8

9/11

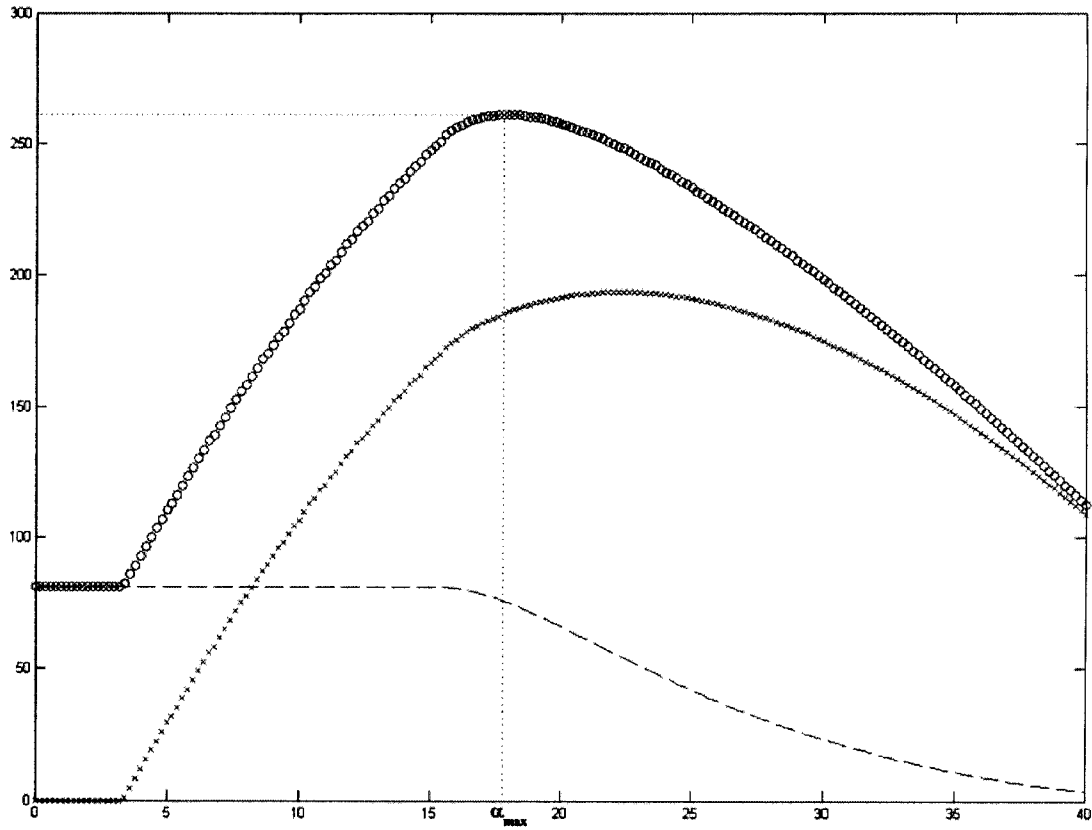


Fig. 9

10/11

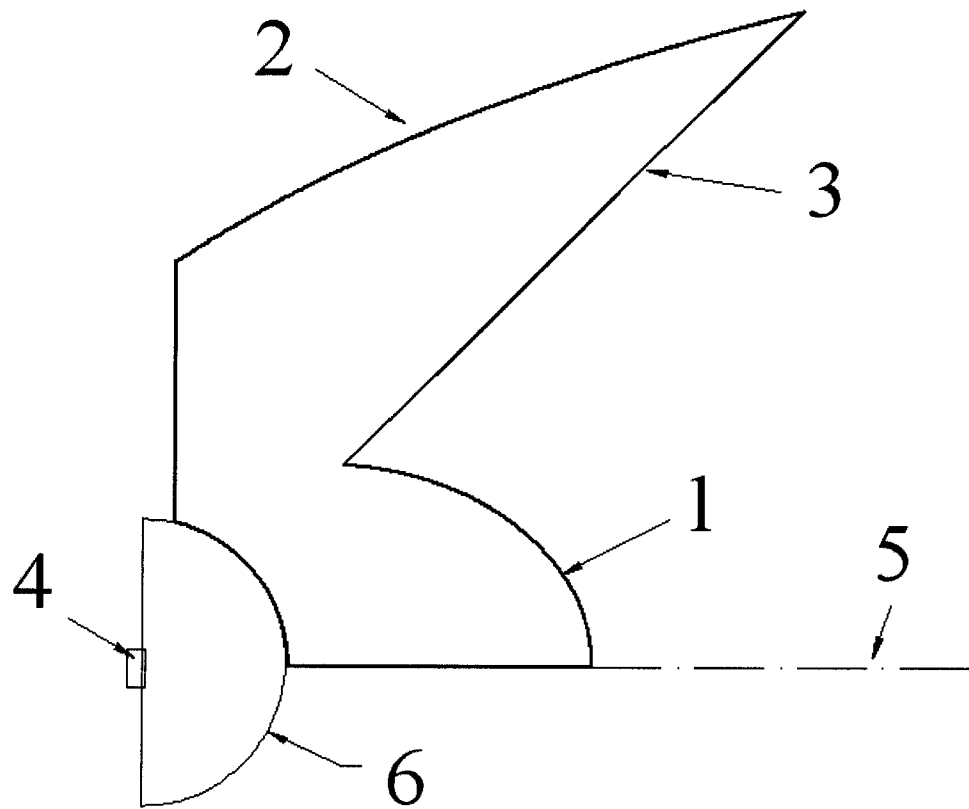


Fig. 10

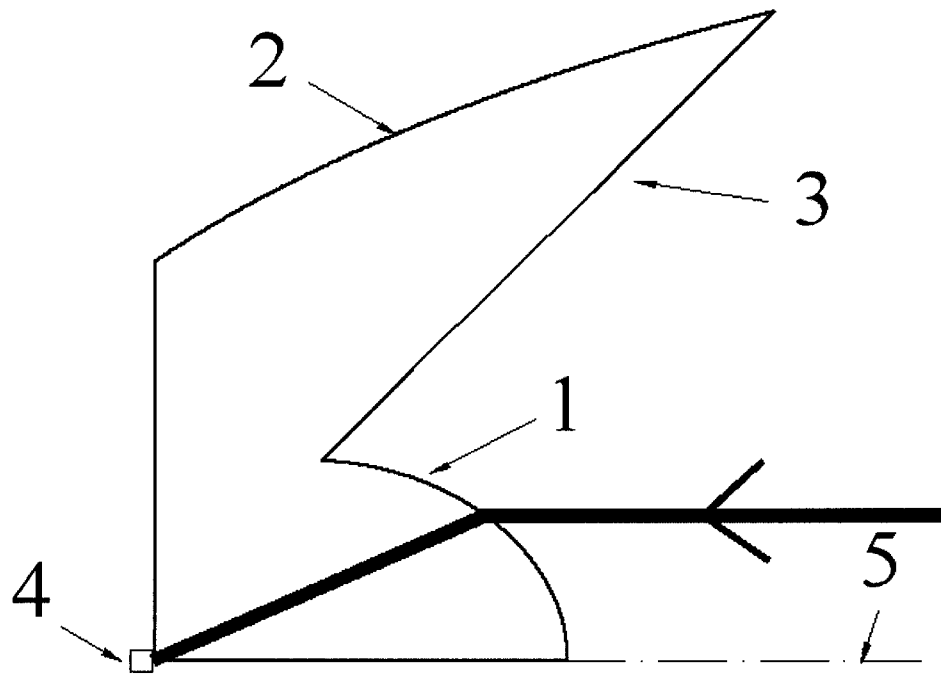


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2011/000012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B17/08 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4770514 A (SILVERGLATE, D.) 13.09.1988, abstract; column 1, lines 17-27; column 1, line 49 - column 2, line 7; column 2, line 30 - column 3, line 18; column 4, lines 15-26; figures 1 and 2.	1-4
X	WO 2005/022216 A2 (SCHEFENACKER VISION SYSTEMS GERMANY GMBH & CO. KG ET AL.) 10.03.2005, the whole the document.	1-3
X	US 2007/0263390 A1 (TIMINGER, A. ET AL.) 15.11.2007, abstract; paragraphs [0001]-[0002], [0004], [0006]-[0009], [0014]-[0015]; figure 1.	1
A		2, 3
A	US 2007/0086204 A1 (CHINNIAH, J. ET AL.) 19.04.2007, the whole document.	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17/06/2011

Date of mailing of the international search report
(28/06/2011)

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer
Ó. González Peñalba

Telephone No. 91 3495475

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2011/000012

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0635744 A2 (SOLARI UDINE S.P.A.) 25.01.1995, the whole document.	1, 2
A	US 2215900 A (BITNER, R.) 24.09.1940, the whole the document.	1, 2
A	EP 1045193 A1 (MCDERMOTT, K.) 18.10.2000, the whole the document.	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2011/000012

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US4770514 A	13.09.1988	NONE	
-----	-----	-----	-----
WO2005022216 A	10.03.2005	DE10340039 AB	31.03.2005
-----	-----	-----	-----
US2007263390 A	15.11.2007	US7461960 B	09.12.2008
		EP1880139 AB	23.01.2008
		EP20060722835	05.05.2006
		DE202006020378 U	15.05.2008
		AT430286 T	15.05.2009
		DK1880139 T	17.08.2009
		HK1108730 A	19.03.2010
-----	-----	-----	-----
US2007086204 A	19.04.2007	US7401948 B	22.07.2008
		DE102006049097 A	31.05.2007
-----	-----	-----	-----
EP0635744 AB	25.01.1995	IT1265106 B	30.10.1996
		ITMI931654 A	24.01.1995
		EP19930202869	12.10.1993
		JP7058362 A	03.03.1995
		US5485317 A	16.01.1996
		AT179257 T	15.05.1999
		ES2133353 T	16.09.1999
		DE69324575 T	18.11.1999
-----	-----	-----	-----
US2215900 A	24.09.1940	NONE	
-----	-----	-----	-----
EP1045193 A	18.10.2000	EP19990107169	13.04.1999
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2011/000012

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD
G02B17/08 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)
G02B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

EPODOC, INVENES, WPI

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	US 4770514 A (SILVERGLATE, D.) 13.09.1988, resumen; columna 1, líneas 17-27; columna 1, línea 49 - columna 2, línea 7; columna 2, línea 30 - columna 3, línea 18; columna 4, líneas 15-26; figuras 1 y 2.	1-4
X	WO 2005/022216 A2 (SCHEFENACKER VISION SYSTEMS GERMANY GMBH & CO. KG ET AL.) 10.03.2005, todo el documento.	1-3
X	US 2007/0263390 A1 (TIMINGER, A. ET AL.) 15.11.2007, resumen; párrafos [0001]-[0002], [0004], [0006]-[0009], [0014]-[0015]; figura 1.	1
A		2, 3
A	US 2007/0086204 A1 (CHINNIAH, J. ET AL.) 19.04.2007, todo el documento.	1-3

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
17/06/2011

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
28 de junio de 2011 (28/06/2011)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
Ó. González Peñalba
Nº de teléfono 91 3495475

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/ES2011/000012

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	EP 0635744 A2 (SOLARI UDINE S.P.A.) 25.01.1995, todo el documento.	1, 2
A	US 2215900 A (BITNER, R.) 24.09.1940, todo el documento.	1, 2
A	EP 1045193 A1 (MCDERMOTT, K.) 18.10.2000, todo el documento.	1-3

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2011/000012

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US4770514 A	13.09.1988	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
WO2005022216 A	10.03.2005	DE10340039 AB	31.03.2005
-----	-----	-----	-----
US2007263390 A	15.11.2007	US7461960 B	09.12.2008
		EP1880139 AB	23.01.2008
		EP20060722835	05.05.2006
		DE202006020378 U	15.05.2008
		AT430286 T	15.05.2009
		DK1880139 T	17.08.2009
		HK1108730 A	19.03.2010
-----	-----	-----	-----
US2007086204 A	19.04.2007	US7401948 B	22.07.2008
		DE102006049097 A	31.05.2007
-----	-----	-----	-----
EP0635744 AB	25.01.1995	IT1265106 B	30.10.1996
		ITMI931654 A	24.01.1995
		EP19930202869	12.10.1993
		JP7058362 A	03.03.1995
		US5485317 A	16.01.1996
		AT179257 T	15.05.1999
		ES2133353 T	16.09.1999
		DE69324575 T	18.11.1999
-----	-----	-----	-----
US2215900 A	24.09.1940	NINGUNO	
-----	-----	-----	-----
EP1045193 A	18.10.2000	EP19990107169	13.04.1999
-----	-----	-----	-----