



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 325 939**

⑫ Número de solicitud: 200702479

⑬ Int. Cl.:
G02B 19/00 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑮ Fecha de presentación: **14.09.2007**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **24.09.2009**

Fecha de la concesión: **19.01.2010**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **01.02.2010**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.02.2010

⑲ Titular/es: **Universidad de Sevilla**
OTRI-Pabellón de Brasil
Paseo de las Delicias, s/n
41013 Sevilla, ES

⑳ Inventor/es: **Gómez González, Emilio y**
Márquez Rivas, Javier

㉑ Agente: **No consta**

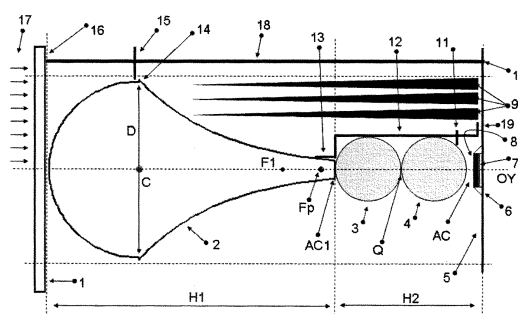
㉒ Título: **Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables (COPV).**

㉓ Resumen:

Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables (COPV).

La presente invención tiene por objeto un dispositivo que permite la concentración óptica de los rayos luminosos que inciden sobre una parte del mismo denominada "superficie o área de iluminación o captación (AI)" en otra parte del dispositivo, denominada "superficie o área de concentración (AC)". El sensor o célula o dispositivo sobre el que se desee hacer incidir la luz concentrada se sitúa en la posición definida como AC. Este sistema óptico de concentración puede utilizarse en sistemas de producción de energía eléctrica mediante la conversión de energía solar, situando en AC una célula fotovoltaica o dispositivo análogo o en cualquier otro montaje en el que interese conseguir una concentración de luz muy alta en un área (AC) mucho menor que la superficie sobre la que incide la luz (AI).

Entre las aplicaciones del dispositivo propuesto destaca particularmente la generación de energía eléctrica a partir de energía solar mediante sistemas fotovoltaicos de alta concentración.



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables (COPV).

5 Objeto de la invención

La presente invención tiene por objeto un dispositivo que permite la concentración óptica de los rayos luminosos que inciden sobre una parte del mismo denominada “superficie o área de iluminación o captación (AI)” en otra parte del dispositivo, denominada “superficie o área de concentración (AC)”. El sensor o célula o dispositivo sobre el que se
 10 desee hacer incidir la luz concentrada se sitúa en la posición definida como AC. Este sistema óptico de concentración puede utilizarse en sistemas de producción de energía eléctrica mediante la conversión de energía solar, situando en AC una célula fotovoltaica o dispositivo análogo o en cualquier otro montaje en el que interese conseguir una concentración de luz muy alta en un área (AC) mucho menor que la superficie sobre la que incide la luz (AI).

15 Entre las aplicaciones del dispositivo propuesto destaca particularmente la generación de energía eléctrica a partir de energía solar mediante sistemas fotovoltaicos de alta concentración.

Estado de la técnica

20 Los sistemas ópticos de concentración se utilizan, principalmente en el ámbito de la energía solar fotovoltaica (*photovoltaic*, PV). El objetivo de estos sistemas es concentrar la luz incidente sobre los mismos en una zona de tamaño (área) mucho menor en la que se sitúa la célula fotovoltaica que convierte la luz incidente sobre la misma en una corriente eléctrica.

25 Las prestaciones de los sistemas ópticos de concentración se pueden evaluar definiendo dos parámetros geométricos principales: el factor de concentración (*concentration ratio*, CR) y la aceptación angular (AA). El CR es el cociente entre el área de captación de la luz, es decir, el área del dispositivo sobre la que incide la luz que es transmitida por el mismo, y el área de focalización que produce el dispositivo. Como esta área es menor que la de captación, el CR es mayor que la unidad. Cuando los sistemas tienen un $CR > 200x$ suelen definirse como “sistemas de alta
 30 concentración”, aunque éste límite no está definido de manera unívoca en la literatura. Por otra parte, la AA define el semiángulo del cono de aceptación de luz del dispositivo que garantiza que la luz transmitida por el mismo incide sobre la célula (máximo ángulo respecto al eje del sistema que puede formar un rayo incidente para que incida sobre la célula). Por otra parte, la eficiencia óptica del sistema se define mediante la transmisividad del mismo, dependiente de las características de absorción y reflexión de la luz de los materiales con que se han fabricado los elementos ópticos.

35 El conjunto formado por el sistema óptico de concentración y la célula fotovoltaica (con su circuitería y conexiones) se denomina “elemento” y es la unidad fundamental productora de energía eléctrica. Habitualmente, un conjunto de elementos se montan sobre una superficie común, formando un “módulo”, y un conjunto de módulos forma un “panel”. El panel está situado sobre una estructura soporte móvil, controlada por un dispositivo de seguimiento solar (*tracker*)
 40 que, controlado por un ordenador o sistema de procesamiento, orienta el panel y, por tanto, a todos los módulos, apuntando en dirección al sol a lo largo de las horas de iluminación del día. [(Benítez P: Concentradores fotovoltaicos (I y II), en la Asignatura de Doctorado “Sistemas fotovoltaicos de concentración”, IES, Universidad Politécnica de Madrid, 2006/07); (Benítez P: Introducción a la Óptica Anidólica, en la Asignatura de Doctorado “Sistemas fotovoltaicos de concentración”, IES, Universidad Politécnica de Madrid, 2002/03)].

45 Los sistemas ópticos de concentración pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- i) Sistemas de concentración basados en lentes de reflexión total interna (*total internal reflexion*, TIR)
- 50 ii) Sistemas de concentración basados en lentes Fresnel planas
- iii) Sistemas de concentración basados en lentes Fresnel curvas
- iv) Sistemas de concentración basados en geometrías de telescopios
- 55 v) Sistemas de concentración basados en grandes espejos concentradores.

También existen algunos sistemas basados en combinaciones de lentes y espejos que pueden considerarse en los grupos iv) y v) anteriores.

60 [Sala G: Sistemas Fotovoltaicos de Concentración, Asignatura de Doctorado, IES, Universidad Politécnica de Madrid, 2004].

Desde el punto de vista de su estructura de componentes ópticos, hay sistemas con un único elemento óptico (lente o espejo) o con dos componentes, denominados, respectivamente, elementos ópticos primario y secundario. En este caso, el primer elemento (lente o espejo) concentra la luz sobre el segundo, que la redirige, homogeneizando el haz, sobre la célula fotovoltaica. Este elemento secundario puede ser un componente TIR -en los sistemas más sofisticados- o una lente (o conjunto de espejos) en forma de pirámide invertida, con la célula en la zona cercana al vértice. En los

sistemas basados en lentes tipo Fresnel, el elemento secundario se sitúa en la zona focal de la misma, por lo que la distancia entre ambos elementos (primario y secundario) es al menos del orden de la correspondiente distancia focal. Como ésta suele ser del orden de 20 cm a 30 cm, el módulo resultante tiene un tamaño (altura respecto al plano de la célula) considerable, de escasa compacidad. Este mismo inconveniente sucede en los sistemas que carecen de elemento secundario, en los que la célula se sitúa directamente en el plano focal imagen de la lente. [(Martinelli G: History and perspectives of PV concentrators: Ferrara University experience. Università di Ferrara, 2007; (Mohr A, Roth T, Glunz SW: BICON: High concentration PV using one-axis tracking and silicon concentrator cells. *Prog. Photovolt.: Res. Appl.*, 14, 663-674, 2006); (Ryu K *et al*: Concept and design of modular Fresnel lenses for concentration solar PV system. *Solar Energy*, 80, 1580-1587, 2006)].

Cuando los elementos ópticos no son formadores de imagen, pero sí pueden utilizarse para transmitir luz se denominan “*non-imaging optics*” o elementos de “*óptica anidólica*”. Habitualmente, los elementos de este tipo funcionan redirigiendo la luz en su interior mediante el fenómeno de reflexión total interna, aunque, a diferencia de las lentes TIR, no pueden utilizarse para formar imagen.

Por otra parte, tanto en los sistemas con un elemento óptico enfocado a la célula como en los sistemas con dos elementos ópticos resulta fundamental el perfecto alineamiento entre los elementos o entre la lente y la célula. Esto introduce notables dificultades en el mecanizado y montaje de los módulos, puesto que pequeñas diferencias angulares entre los ejes ópticos de ambos elementos producen que la luz concentrada no incida sobre la célula o que salga reflejada o refractada fuera de la misma por el segundo elemento. De esta manera, la AA de estos dispositivos es muy reducida (típicamente, $AA < 1^\circ$).

Los sistemas basados en una lente TIR y un elemento secundario resultan notablemente más compactos que los basados en lentes Fresnel (denominándose “sistemas planos”) pero, al estar separados ambos elementos, presentan el mismo inconveniente de la necesidad de una precisión muy alta en el alineamiento entre los dos elementos ópticos y, en consecuencia, una AA muy reducida.

Así, la necesidad de que el haz focalizado por el elemento primario converja sobre el secundario (físicamente separado una cierta distancia) requiere que el haz luminoso solar incida sobre la lente en la misma dirección definida por el eje lente-célula o lente-elemento secundario, de manera que resulta crítico -y de muy alto coste- la utilización de un sistema de seguimiento de muy alta resolución que mantenga perfectamente orientado el panel en todo momento. En este sentido, las deformaciones y flexiones del mismo debido a la estructura soporte, a la fuerza del viento o a otras circunstancias reducen notablemente el rendimiento de los elementos porque sobre las desviaciones y diferencias de alineamiento entre los ejes ópticos y de iluminación produce que la luz enfocada por los sistemas ópticos no incida sobre las células o lo haga parcialmente. [(Araki K *et al*: Achievement of 27% efficient and 200 Wp concentrator module and the technological roadmap toward realization of more than 31% efficient modules. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 90, 3312-3319, 2006); (Araki K *et al*: Packaging III-V tandem solar cells for practical terrestrial applications achievable to 27% of module efficiency by conventional machine assemble technology. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 90, 3320-3326, 2006)].

Los sistemas basados en grandes espejos concentradores no se consideran en este análisis, puesto que se trata de sistemas con tamaños que varían desde aproximadamente 1 m hasta varias decenas de metros. Aún cuando consiguen factores de concentración muy altos, por sus particulares condiciones de tamaño, volumen y condiciones de funcionamiento son sistemas completamente diferentes del dispositivo propuesto en este documento.

Dentro de los sistemas ópticos de concentración utilizados en elementos montados en paneles para la producción de energía eléctrica, las principales características de los sistemas actualmente disponibles, incluyendo sus desventajas o inconvenientes respecto al dispositivo propuesto, son los siguientes (los tamaños son de cada elemento, no del panel o módulo compuesto por múltiples elementos):

i) *Sistemas de concentración basados en lentes TIR*

- Isofotón (España) [13]: CR hasta 1000x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 8 cm x 6 cm. $AA \leq 1^\circ$. Elementos primario y secundario TIR.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos no modulares, coste. [(Gordon JM, Feuermann D: Optical performance at the thermodynamic limit with tailored imaging designs, *Appl Opt*, 44, 2327-2331, 2005); (Luque A: Concentrators: the path to commercialisation of novel sophisticated ultra high efficiency solar cells. Global School for Advanced Studies, Hsinchu & Taipei, 2006)].

ii) *Sistemas de concentración basados en lentes Fresnel planas*

- SoI3G (España) [13]: CR hasta 476x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 20 cm x 14 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, gran volumen, dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste.

ES 2 325 939 B2

- Guascor Fotón (desarrollado en USA) [13]: CR hasta 400x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 25 cm x 17 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, gran volumen, dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste.

- Emcore (USA) [13]: CR hasta 500x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 25 cm x 20 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, gran volumen, dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste.

- Concentrix (Alemania) [13]: CR hasta 500x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 8 cm x 10 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, gran volumen, dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste.

- Amonix (USA): CR hasta 500x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 15 cm x 15 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, volumen, dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste.

- Fraunhofer Institute for Solar Energy (FISE, Alemania) y "The IOFFE Institute" (Rusia): CR hasta 500x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 25 cm x 15 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, volumen, elementos ópticos no modulares, dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste.

iii) *Sistemas de concentración basados en lentes Fresnel curvas (anidólicas)*

- Daido Steel - Toyota (Japón): CR hasta 500x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 10 cm x 12 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada, volumen. Al basarse en la combinación de una lente en forma de cúpula y un elemento secundario reflectivo TIR, separado de la lente, gran dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos, coste. [(Araki K. *et al*: A 550x concentrator system with dome-shaped Fresnel lenses. Reliability and cost. 2006)].

iv) *Sistemas de concentración basados en geometrías de telescopios*

- Solfocus (USA) [13]: CR hasta 500x. Tamaño (altura x diámetro) en el orden de 8 cm x 31 cm. $AA \leq 1^\circ$.

Inconvenientes: AA muy reducida (y, por tanto, necesidad de sistema de seguimiento solar (tracker) de altas prestaciones), CR limitada. Al basarse en geometría de telescopio tipo Cassegrain, presenta gran dificultad de montaje y alineamiento de componentes ópticos (espejos curvos primario y secundario y otros), coste.

v) *Sistemas de concentración basados en grandes espejos concentradores*

No se describen al ser sistemas de gran tamaño (en el rango de 1 m a 10 m) y, por tanto, condiciones de fabricación, montaje y uso totalmente diferentes a los objetivos de interés para un sistema como el propuesto. Se incluyen en este apartado tanto los sistemas basados en espejos planos como los platos o valles parabólicos y similares.

Descripción de las figuras

Figura 1. Perfil de los segmentos que definen la lente de reflexión total interna denominada "pieza E1" o etapa E1 del dispositivo. La pieza E1 se obtiene por revolución de este perfil en torno al eje "y" vertical ($x=0$). La escala de tamaño es E: 1 Unidad = 10 mm. y_2 = perfil de la parte superior, definida por una circunferencia de centro en el eje vertical con $R = 2$; y coordenadas del centro (C) (normalizadas al radio), $(x_0/R) = 0$; $(y_0/R) = -0.0124$. y_1 = perfil de la superficie lateral definido por una curva logarítmica generalizada del tipo $y = k \log[a](x-b)+c$, con $a=1.2$, $b=0$, $c=0.15$ y $k=1$. y_3 = perfil de la base definida por una sección plana (recta) perpendicular al eje longitudinal en $y_b = -4.5$. En la zona aumentada se muestra la superficie de apoyo y sujeción para mecanizado y montaje definidas por secciones

planas paralelas al plano de apoyo del dispositivo (también pueden ser secciones planas paralelas al eje longitudinal). Las dimensiones físicas de este diseño del dispositivo son: altura $H = 63.85$ mm, diámetro de la parte superior $D = -4.4$ mm, diámetro de la parte inferior (anchura de y_3) $d_{\min} = 4$ mm. Valor máximo del factor de concentración $CR(E1) = 72.25$; Diámetro efectivo de entrada de luz: $D_e = 1.7$ mm, $AA = 9^\circ$ (cono de $\pm 9^\circ$, ángulo total de 18°), compacidad $Comp = (HID) = 1.5574$.

Figura 2. Perfil de los componentes que definen la pieza o etapa E2 del dispositivo. La pieza E2 se obtiene por revolución de este perfil en torno al eje "OY" horizontal, que es eje de simetría de la misma. La escala de tamaño se define en relación con la pieza E1 puesto que el diámetro de entrada de E2 (d) debe ser igual al diámetro de salida (d_{\min}) de E1: $d = d_{\min}$. D = diámetro y R = radio de cada una de las dos lentes esféricas (iguales). EFL = distancia focal efectiva, BFL = distancia focal posterior y F = posición del foco de las lentes esféricas. La zona de concentración de luz donde se sitúa la célula fotovoltaica (en la posición 6 a lo largo del eje) corresponde a un diámetro iluminado "di". 1 = extremo inferior de la pieza E1, pegado o sujeto por presión (u otro procedimiento) al cilindro (3), alojamiento de las lentes esféricas. 2 = trayectoria (cono) de salida de los rayos luminosos procedentes de la pieza E1. 4 = trayectoria de los rayos luminosos colimados por la primera lente esférica y 5 = trayectoria de los rayos luminosos concentrados por la segunda lente esférica. El resalte (o pieza introducida) (11) mantiene a las esferas en contacto entre sí y con la superficie de salida de la pieza E1. 7 = plano (superficie) de apoyo y montaje de la célula (6) y sus conexiones (no se muestran). Esta superficie, de un material con alta conductividad térmica, transmite el calor a la base de apoyo del dispositivo completo (9) sobre la que están montados, a su vez, los disipadores de calor (10), representados por perfiles de tipo aletas o de cualquier otro tipo. La base soporte (7) puede estar roscada o pegada o sujeta por otro medio en (8) al cilindro soporte (3).

Figura 3. Vista de conjunto (perfil en el plano "xy") del Concentrador óptico propuesto. El sistema tiene simetría de revolución en torno al eje horizontal (OY) y su orientación de funcionamiento es vertical (eje OY vertical). Por claridad, se ha representado el sistema en posición horizontal mostrándose los elementos únicamente en la mitad superior de la figura. Los rayos de luz incidentes (17) se representan, por tanto, en el eje horizontal, de izquierda a derecha. (1) es la lámina de cristal de cobertura opcional, (2) es la lente de reflexión total interna (pieza o etapa E1). (3) y (4) son, respectivamente, la primera y segunda lentes esféricas de la pieza o etapa E2, contenidas en el cilindro (12), mantenidas en su posición por la pieza (11). (5) es la base de apoyo del módulo (dispositivo) completo, sobre la que se sitúa la célula fotovoltaica o sensor (8), situada sobre la pieza (7) que la sitúa a la distancia adecuada de la esfera (4) para alcanzar el nivel de concentración de luz adecuado (sobre la superficie AC, cara iluminada de (8)). El contacto térmico para la evacuación de calor de la célula (8) con la base de apoyo (5) (en contacto con los disipadores (9)) se realiza a través de la pieza (7) pero puede aumentarse mediante la pasta de conducción térmica (6) depositada en el contorno de (8) y sobre (5). Los disipadores de aleta (9) (o de otro tipo) están unidos a la base (5). La lente E1 (2) está sujeta mediante la pieza (15), unida a la zona de sujeción de la lente y a la estructura (18) (varilla o pared) que soporta el sistema completo: la cubierta (1) se fija a (18) en (16) y la base (5) en (10). La pieza (11) mantiene en su posición a las esferas (3) y (4), en contacto entre ellas en el punto Q, en el interior del cilindro (12), sujeto a la base (5) en (19). En la lente E1 (2), C es la posición del centro de curvatura de su superficie esférica anterior, D es su diámetro, F_p es la posición del foco paraxial definido por la distancia focal efectiva y F1 es la posición del foco sobre el que inciden los rayos que no cumplen la aproximación paraxial (rayos que inciden muy separados del eje óptico y de simetría del sistema). AC1 es el área de concentración de luz a la salida de E1 y AC es el área de concentración del sistema completo. $H_1 = 63.85$ mm y $H_2 = H_1/2$ son las longitudes totales de las piezas (etapas) E1 y E2 que componen el concentrador.

Descripción de la invención

El dispositivo objeto de la presente invención consta de dos partes denominadas "etapa primaria (E1)" y "etapa secundaria (E2)", siendo opcional utilizar las dos (montando una a continuación de la otra) o únicamente la primaria. El dispositivo funciona redirigiendo los rayos luminosos que inciden sobre el área de captación (de E1) mediante los fenómenos físicos de refracción y reflexión total interna (*total internal reflexion*, TIR) de la luz en las superficies fronteras separadoras del exterior y de los medios (materiales) de que está hecho el dispositivo.

La E1 es, en resumen, una lente TIR (lente anidólica) con un nuevo diseño de simetría cilíndrica de revolución en torno a su eje longitudinal mientras que la E2 es el conjunto formado por dos lentes esféricas que coliman y concentran el haz luminoso emergente de E1.

El conjunto E1+E2 forma una unidad (módulo), dotado de una estructura soporte propia, que puede mecanizarse y montarse individualmente o formando un conjunto (matriz o *array*). El conjunto de dos lentes esféricas que constituye E2 está contenido en un cilindro solidariamente unido a E1 y coaxial con E1.

Cada módulo (E1+E2) consta, asimismo, de un conjunto de disipadores de calor (aletas disipadoras o *heat sinks*), solidariamente unidas a E1 o E2 que disipan el calor producido por la concentración luminosa.

Cada módulo puede tener, opcionalmente, una superficie de cristal (o de otro material transparente), plana o de otra forma, situada sobre la superficie de captación de E1. Esta lámina plana resulta de interés cuando se montan un conjunto de módulos sobre un plano soporte para situarse a la intemperie puesto que evita la acumulación de suciedad en los espacios entre módulos, facilitando su limpieza bien mediante medios mecánicos (sistemas limpiadores, agua, ...) o simplemente mediante la acción del viento (especialmente si el plano está inclinado).

ES 2 325 939 B2

Cada módulo (E1+E2) puede, asimismo, estar montado sobre una superficie de apoyo, sobre la que se fija la estructura soporte de E1. La célula fotovoltaica puede estar situada sobre esta superficie de apoyo, a la distancia de E2 definida por el factor de concentración que se desee alcanzar, o directamente unida a E2 (pegada o solidariamente unida).

En cualquier caso, no es necesario que el módulo (E1+E2) ni E2 (ni ningún otro elemento) descansen (apoyándose) sobre la célula o sensor, evitándose el posible daño a la misma por el peso y/o presión de los componentes y la necesidad de un medio intermedio adecuado.

El funcionamiento del dispositivo propuesto puede describirse como sigue: la luz incidente sobre el AI es concentrada sobre el área de concentración de E1, llamada AC1, y sale (emerge) de E1 atravesando AC1 en forma de un haz divergente, contenido en el denominado “cono de salida de E1”.

La E2 es el conjunto formado por dos lentes esféricas contenidas en un tubo cilíndrico acoplado al cuerpo de E1, coaxial con E1 y cuyo eje óptico y de simetría coincide con el eje de simetría de E1.

Los parámetros de E2 (diámetro de las esferas, distancia focal efectiva y posterior, y apertura numérica), son calculados de tal manera que el cono de salida de E1 entre en el cono de entrada (“cono de aceptación”) de la primera esfera de E2. Ese haz de luz emerge de esa primera esfera en forma de un haz colimado que al incidir sobre la segunda esfera es concentrado por ésta en forma de un cono de salida cuya sección (perpendicular al eje) disminuye a lo largo del eje del sistema hasta llegar al punto focal (foco imagen) de la segunda esfera de E2. Esa sección del cono de salida de la segunda esfera de E2 a lo largo del eje del sistema es el “área de concentración (AC)” del sistema y puede hacerse tan pequeña como se desee, desde la posición inmediatamente en contacto con la segunda esfera de E2 (posición de mínima concentración) hasta situarse en el referido foco de la segunda esfera de E2 (posición de máxima concentración).

Como el factor de concentración del sistema completo se define como el cociente cuadrático entre el área de iluminación (o captación) y la citada superficie de concentración ($CR = (AI/AC)^2$), y esta superficie de concentración puede hacerse tan pequeña como se desee, el factor de concentración o ganancia puede ser extremadamente elevado. Como se deduce del rango de posiciones posibles del AC, ésta puede corresponder a que el sensor o célula esté o no en contacto físico con el dispositivo. En el caso en que se sitúe el sensor en contacto con la segunda esfera de E2, este contacto puede hacerse directamente o utilizando un medio intermedio (como una silicona óptica u otro material transparente de índice de refracción adecuado para que la luz emergente de E2 incida sobre el citado sensor).

El sensor o célula donde se desee hacer incidir la luz para su conversión en electricidad (célula fotovoltaica) o cualquier otro fin debe situarse así perpendicular al eje óptico (de simetría del sistema), en cualquier posición en el mismo comprendida entre las referidas posiciones de mínima y máxima concentración.

Según los valores numéricos que se asignen (durante el proceso de fabricación) a los parámetros de diseño del dispositivo que definen la forma geométrica del mismo, el tamaño del AC (y de las otras dimensiones del dispositivo) puede hacerse muy pequeño en relación al AI, por lo que el denominado “factor de concentración o ganancia” (*concentration ratio*, *CR*) puede ser muy elevado, superior a 2000x o incluso mayor.

Otra de las propiedades más importantes de los sistemas de concentración y, en particular, del dispositivo propuesto es su “aceptancia angular (AA)” o cono de máxima entrada de luz: el cono de (máxima) entrada de luz en el sistema (o “aceptancia angular del sistema”) está definido por el (doble del) ángulo formado por el eje óptico (eje de simetría) del sistema y la dirección del rayo que, incidiendo sobre el límite de la superficie de aceptación (AI de E1), forma el máximo ángulo tal que, tras incidir en E1, sea redirigido (mediante las sucesivas reflexiones TIR) hacia el AC del dispositivo. Rayos que incidan sobre el dispositivo formando (con el eje óptico) ángulos superiores a ese valor de la aceptancia angular no verificarán en el interior de E1 las condiciones de TIR y, en consecuencia, no serán reflejados a lo largo del eje hacia la superficie AC. Escogiendo adecuadamente los parámetros de diseño, con el dispositivo propuesto es posible conseguir valores de la aceptancia de unos 10°-15° (correspondientes a conos de ángulo $\pm 10^\circ$ o $\pm 20^\circ$, es decir, conos de ángulo total comprendido entre 20°-30°) e incluso superiores. Este es un factor muy importante en las aplicaciones de captación de energía solar: los sistemas actualmente disponibles tienen una aceptancia angular muy reducida (típicamente de $\pm 1^\circ$) por lo que necesitan montar los paneles con los concentradores ópticos y las células fotovoltaicas sobre estructuras de soporte con posicionadores automatizados de seguimiento y apuntamiento al sol (sistemas seguidores o “trackers”) de muy altas prestaciones (precisión y fiabilidad) que son muy difíciles de construir y de muy alto coste. Con el dispositivo propuesto, dada su alta aceptancia angular, es posible utilizar sistemas de seguimiento de bajas prestaciones (y coste muy reducido) e incluso sistemas estáticos o con únicamente dos posiciones de orientación.

Desde el punto de vista del volumen y peso del dispositivo propuesto es importante destacar que se trata de un dispositivo cuyas dimensiones físicas son 1 reducidas, por lo que su peso, volumen y coste también. Para el diseño que se muestra en las Figuras 1 a 3, su altura total está comprendida entre 6 cm y 15 cm y su diámetro máximo entre 4 cm y 20 cm, según las características de concentración (CR y AA) que se desee conseguir. Estos valores son destacables si tenemos en cuenta que los dispositivos concentradores disponibles i) basados en lentes de Fresnel tienen una altura del orden de 30 cm o superiores y un diámetro del orden de 25 cm o superiores, para conseguir factores de concentración del orden de 500x, con aceptancia angular muy reducida (del orden de $AA \leq 0.5^\circ$) y de difícil y costoso montaje

ES 2 325 939 B2

(por la necesidad de alinear -con muy alta precisión- la lente y la célula) y ii) los más avanzados, basados en lentes TIR más un elemento secundario, aún teniendo tamaños menores (altura del orden de 8 cm y diámetros del orden de 5 cm) con factores de concentración de 1000x, tienen igualmente una aceptación angular muy reducida ($AA \leq 1^\circ$), siendo, asimismo, de muy difícil y costoso montaje (por la necesidad de alinear -con muy alta precisión- las lentes y los elementos secundarios).

Las principales características del sistema propuesto son así, en comparación, con los sistemas actualmente disponibles, las siguientes:

- i) factor de concentración geométrica (CR) variable desde valores bajos (en el orden de 10x) hasta valores muy altos (superiores a 2000x) sin más que modificar la posición relativa de la célula o sensor de la luz en el eje óptico del sistema
- ii) alta aceptación angular (AA), con cono de aceptación de ángulo comprendido en el rango 10° - 30° y superiores, lo que reduce en muy gran medida los requisitos de un sistema de seguimiento solar, pudiendo llegar a ser éste innecesario.
- iii) posibilidad de diseñar el dispositivo adaptado el tamaño de la AC del sistema (definido por la forma de E1 o por la posición respecto a E2) a las dimensiones de la célula o sensor de luz
- iv) tamaño, volumen y peso reducidos, muy compacto. Posibilidad de tener tamaños (alturas) suficientemente reducido como para montar "paneles planos".
- v) posibilidad de modificar todos los parámetros anteriores cambiando únicamente los parámetros numéricos en las ecuaciones de diseño
- vi) dispositivo modular, de fabricación, mecanizado y montaje que puede ser independiente para cada dispositivo, que consta de dos piezas compactas (etapas E1 y E2)
- vii) gran capacidad de disipación de calor dado el gran espacio disponible en la base del dispositivo para situar disipadores de calor convencionales
- viii) posibilidad de incorporar una lámina (tapa) protectora plana en su parte superior para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de suciedad
- ix) posibilidad de compensar las pérdidas de eficiencia debidas a materiales de baja eficiencia óptica aumentando el CR geométrico como se indica en el punto i) anterior
- x) facilidad de fabricación de la pieza E1, en materiales convencionales y de reducido coste
- xi) utilización de lentes esféricas convencionales, disponibles comercialmente, para el montaje de la pieza E2
- xii) facilidad de montaje y mecanizado de las piezas E1 y E2 juntas
- xiii) no es necesario apoyar nada directamente sobre la célula o sensor de luz, lo que elimina su posible deterioro por la presión experimentada.

Como se ha indicado, el sistema propuesto tiene utilidad en cualquier aplicación industrial o de investigación o de cualquier otro tipo en que sea necesario concentrar la luz incidente sobre el mismo en un área mucho menor que el área de incidencia, en la que se sitúe un sensor o célula receptora, con las referidas condiciones de ganancia (factor de concentración), aceptación angular, compacidad, volumen y peso y coste de fabricación. Entre estas aplicaciones destaca particularmente la generación de energía eléctrica a partir de energía solar mediante sistemas fotovoltaicos de alta concentración.

Modo de realización de la invención

La forma de la pieza E1 se define caracterizando la forma de su perfil en un plano meridiano que contenga a su eje de simetría y rotando ese plano en torno al citado eje. Así, en un plano meridiano, y tomando como eje de simetría el eje óptico del sistema completo, la lente E1 está definida por i) la intersección de una curva circunferencia (o elipse) que define su cara anterior (superficie A1, en la que tiene lugar la entrada de los rayos de luz en el sistema), ii) las dos ramas de una curva logarítmica (que define las paredes laterales de la E1, donde tienen lugar las sucesivas reflexiones TIR que llevan los rayos de luz a la superficie AC) y iii) una línea recta que define la superficie plana que forma el AC. La zona de la superficie de iluminación (aceptación) cercana a la intersección con las paredes laterales se puede hacer plana (paralela al eje de revolución) para facilitar su sujeción en el proceso de fabricación, montaje y ensamblado.

Como se ha indicado, cada módulo (E1+E2) puede, asimismo, estar montado sobre una superficie de apoyo, sobre la que se fija la estructura soporte de E1. La célula fotovoltaica o sensor puede estar situada sobre esta superficie

ES 2 325 939 B2

de apoyo, a la distancia de E2 definida por el factor de concentración que se desee alcanzar, o directamente unida a E2 (pegada o solidariamente unida), no siendo necesario que el módulo (E1 +E2) ni E2 (ni ningún otro elemento) descansen (apoyándose) sobre la célula o sensor, evitándose el posible daño a la misma por el peso y/o presión de los componentes.

La lente que forma E1 puede estar hecha de material acrílico de uso óptico (por ejemplo, PMMA), metacrilato, cristal o vidrios ópticos y ser elaborada mediante los procedimientos convencionales (incluyendo los de bajo coste de fabricación) de moldeado, inyección, pulido y otros. Las lentes esféricas que forman E2 deben ser de un material de alto índice de refracción, como vidrios ópticos y, para las dimensiones requeridas para las células solares actualmente utilizadas (cuadradas, de lado comprendido entre 1 mm y 10 mm) son de tamaño y características estándar, pudiendo ser adquiridas a diversos fabricantes de componentes ópticos. El tubo cilíndrico soporte donde se alojan estas lentes puede hacerse de un material que facilite la disipación térmica, como aluminio, cobre u otros. La estructura soporte de E1 y el plano soporte pueden ser de estos u otros materiales, según el proceso de fabricación. La lámina plana opcional debe ser de un cristal ópticamente transparente, con una combinación adecuada de baja reflectividad y absorción y resistencia adecuada.

En cualquier caso, el empleo (para fabricar E1 o en la citada lámina plana de cobertura o en E2) de materiales de bajo coste con reducida eficiencia óptica (alta reflectividad y absorción, que reducirían notablemente la energía transmitida y, en consecuencia, la energía incidente sobre la célula o sensor) puede compensarse situando la referida célula fotovoltaica o sensor en una posición (a lo largo del eje óptico) más próxima al punto focal imagen de la segunda esfera de E2 (puesto que así se aumenta el factor de concentración geométrico que proporciona el sistema).

Cada módulo (E1+E2) consta, asimismo, de un conjunto de disipadores de calor (aletas disipadoras o *heat sinks*), solidariamente unidas a E1 o E2 que disipan el calor producido por la concentración luminosa. Estos disipadores pueden ser disipadores de aleta convencionales (de aluminio), situados (unidos) sobre la superficie de apoyo de la estructura de sujeción del módulo (E1+E2) y en contacto con la superficie de apoyo o cara posterior de la célula fotovoltaica o sensor, para disipar, mediante convección, el calor acumulado en la misma por la concentración de los rayos luminosos. Es importante destacar que el área efectiva disponible para situar disipadores es, en cada módulo, el área correspondiente a la superficie de entrada (AI) menos el área (sección) de E1 o del cilindro de E2 (máximo valor de AC). Como el área AI es mucho mayor que AC, la superficie disponible para montar disipadores es casi igual a AI. La altura que pueden tener los disipadores es la comprendida entre la superficie (base) de apoyo del módulo (E1+E2) y el borde de sujeción de la pieza E1.

Formas de cada una de las partes que constituyen el dispositivo:

i) La forma de cada una de los segmentos que constituyen la pieza E1 (Figura 1, con eje horizontal OX y vertical OY, siendo este último el eje de simetría y eje óptico del sistema) está definida por las siguientes curvas (considerando el sistema con orientación vertical e incidencia de la luz de arriba abajo):

- i.1) parte superior: definida por una circunferencia de centro en el eje vertical (de simetría) o por una elipse centrada en el eje vertical, con eje mayor horizontal.
- i.2) parte lateral: definida por una curva logarítmica generalizada del tipo $y = k \log[a](x-b)+c$, siendo a =base del logaritmo, b =posición de la asíntota, c =desplazamiento en el eje vertical y k =factor de amplitud.
- i.3) base: definida por una sección plana (recta) perpendicular al eje longitudinal (OY),
- i.4) superficies de apoyo y sujeción: para mecanizado y montaje: definidas por secciones planas (rectas o curvas) perpendiculares al plano de apoyo (plano perpendicular al eje) del dispositivo.

Como se ha indicado, la pieza E1 se genera mediante la revolución, con eje el de simetría de la figura, del perfil representado en la Figura 1.

ii) Las lentes esféricas que constituyen E2 tienen las siguientes características:

- | | |
|---------|--|
| n_1 = | índice de refracción del medio que envuelve a la esfera (aire) |
| n_2 = | índice de refracción del medio del que está hecha la esfera |
| D = | diámetro de la esfera |
| d = | diámetro de entrada de luz en la esfera. Interesa que el cociente (d/D) sea pequeño para la validez de la aproximación y de la ecuación de la apertura numérica. El valor de “ d ” debe coincidir con el diámetro de la superficie de salida de luz (AC1) de E1. |
| F = | distancia focal efectiva (<i>effective focal length, EFL</i> , medida desde el centro de la esfera). |

ES 2 325 939 B2

BFL = distancia focal posterior (*back focal length*, medida desde el punto intersección del eje óptico del sistema con la parte posterior de la esfera)

AN = apertura numérica. Medida del cono de entrada/salida de luz en la esfera.

Con los parámetros y variables anteriores se tiene que las relaciones entre ellos son:

$$F = n D / (4 (n^2 - n_1));$$

$$BFL = F - (D/2);$$

$$AN = 2 d (n^2 - n_1) / (n D);$$

Como se muestra en la Figura 2, la parte E2 del dispositivo propuesto consta de dos esferas iguales, en contacto entre sí, y con la superficie de salida de luz (AC1) de E1, alineadas en el eje de E1, y contenidas en un cilindro de sujeción solidariamente unido a E1.

REIVINDICACIONES

1. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables **caracterizado** porque consta de

- Una lente de reflexión total interna, pieza o etapa E1, con simetría de revolución en torno al eje óptico de la misma, cuyo perfil está definido por la intersección de una circunferencia o elipse que define la superficie de entrada de luz y una curva logarítmica generalizada que define su pared lateral, que recoge los rayos luminosos incidentes sobre la cara de entrada y los concentra, tras varias reflexiones totales internas en su pared lateral, en la base de la misma.
- Un conjunto colimador y concentrador de luz, pieza o etapa E2, compuesto por dos lentes esféricas alojadas en un cilindro que se sitúa a la salida de la lente E1, coaxial con E1, que colima el haz emergente de E1, lo homogeneiza y lo concentra en un cono de salida de luz cuyo eje es el de E1 y E2 y cuyo vértice es el punto focal de la segunda esfera de E2
- Una tapa o cubierta de material de propiedades ópticas adecuadas que protege a las piezas E1 y E2 y, cuando se monta más de un módulo en una misma estructura impide la acumulación de suciedad en los espacios entre módulos y facilita su limpieza
- Una base y estructura de soporte de las piezas E1 y E2 y de la cubierta, sobre la que se monta, asimismo, un conjunto de disipadores de calor que limitan la temperatura que alcanza la célula o sensor sobre la que incide la luz concentrada.

2. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según la reivindicación 1, **caracterizado** por ser un módulo compuesto por las piezas o etapas E1 y E2, su base y estructura soporte y, opcionalmente, una tapa o cubierta de cristal u otro material de propiedades ópticas adecuadas.

3. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por ser un módulo que, tanto en su fabricación y mecanizado como en instalación o implementación puede montarse individualmente o en combinaciones tipo matriz, mosaico, array, en paneles o soportes individuales o combinados.

4. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado** porque concentra la luz incidente sobre la cara anterior o de entrada del mismo en una superficie mucho menor, de tamaño variable, en la que se sitúa la célula fotovoltaica o sensor sobre el que se desea hacer incidir la luz concentrada, de tal manera que la regulación del factor de concentración se alcanza modificando la distancia entre E2 y la célula o sensor sobre la que incide la luz.

5. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 2 y 4, **caracterizado** porque al realizarse la captación y entrada de la luz y una primera concentración relativamente baja en la pieza o etapa E1 y la homogeneización y una segunda concentración en la pieza o etapa E2, el factor de concentración total de la luz del dispositivo completo es variable en un rango muy amplio, desde baja concentración, en el orden de 5x o inferior, hasta muy alta concentración, superior a 2000x, dependiente de los parámetros geométricos de diseño de las partes E1 y E2 y de la distancia respecto a E2 a la que se sitúa la célula fotovoltaica o sensor sobre el que se desea hacer incidir la luz concentrada.

6. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 2 y 4, **caracterizado** porque la aceptación angular es muy amplia, superior a 20° y variable, dependiente de los parámetros geométricos de diseño de las partes E1 y E2.

7. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque al realizarse la captación y entrada de la luz y una primera concentración relativamente baja en la pieza o etapa E1 y la homogeneización y una segunda concentración en la pieza o etapa E2, el tamaño, volumen y peso del sistema completo es pequeño, siendo muy compacto.

8. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado** porque al estar solidariamente unidas las piezas o etapas E1 y E2, en un montaje coaxial con un cilindro de sujeción que contiene a las esferas, y al que puede, opcionalmente, unirse la plataforma de apoyo soporte de la célula o sensor sobre la que se desea hacer incidir la luz concentrada, el alineamiento de los componentes E1, E2 y célula o sensor en el eje óptico de simetría del sistema puede realizarse de manera simplificada y sin necesidad de requisitos elevados de precisión y tolerancias angulares de montaje.

9. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 3 y 4, **caracterizado** porque la forma de la lente de reflexión total interna puede modificarse para cambiar su tamaño manteniendo sus características de transmisión de luz por reflexión total interna a lo largo del eje longitudinal de simetría de la misma mediante la variación de los parámetros de las ecuaciones, circunferencia o elipse y logaritmo generalizado, que definen el perfil de la misma.

10. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 4 y 5, **caracterizado** porque la lente de reflexión total interna puede fabricarse de vidrio, cristal óptico o de plásticos tipo acrílicos, metacrilato, PMMA, mediante procedimientos de moldeado, tallado e inyección.

11. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque la pieza colimadora y concentradora de luz, E2, está compuesta por dos lentes esféricas, cuyo diámetro puede seleccionarse para que la distancia focal posterior y, por tanto, el cono de salida de la luz tenga las dimensiones adaptadas al tamaño de la célula o sensor sobre el que se desea concentrar la luz.

12. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según la reivindicación 11, **caracterizado** porque la forma y material de realización de las lentes esféricas que forman E2 pueden elegirse de manera que la distancia focal posterior de las esferas sea muy reducida o nula y la célula o sensor sobre la que se desea hacer incidir la luz puede estar en contacto directo, pegada o apoyada o sujeta mediante otro procedimiento con la superficie posterior de la segunda esfera.

13. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según la reivindicación 12, **caracterizado** porque este posicionamiento de la célula sobre la que se desea hacer incidir la luz, superficie posterior de la segunda esfera de E2, no tiene que realizarse apoyando la lente sobre la célula, sino que la lente está sujeta por la estructura soporte del módulo y la célula puede ir adherida o sujeta en la citada posición por cualquier procedimiento, no teniendo lugar así, en ningún caso, el daño o deterioro de la célula por el peso de la lente ni de ningún otro elemento del sistema.

14. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 7, **caracterizado** porque la pieza E2 puede ser opcional y puede situarse la célula o sensor sobre la que se desea hacer incidir la luz captada por el dispositivo directamente en contacto con la superficie de salida de la lente E1.

15. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según la reivindicación 14, **caracterizado** porque este posicionamiento de la célula sobre la que se desea hacer incidir la luz en contacto directo con la superficie de salida de la luz de la lente E1 no tiene que realizarse apoyando la lente sobre la célula, sino que la lente está sujeta por la estructura soporte del módulo y la célula puede ir adherida o sujeta en la citada posición por cualquier procedimiento, no teniendo lugar así, en ningún caso, el daño o deterioro de la célula por el peso de la lente ni de ningún otro elemento del sistema.

16. Concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque los parámetros de diseño de la lente E1 o de las lentes esféricas de la pieza E2 o ambas, pueden modificarse para que la superficie de salida coincida con la superficie de la célula o sensor sobre la que se desea hacer incidir la luz concentrada, optimizándose así la iluminación para su rendimiento.

17. Utilización del concentrador óptico de alta ganancia y parámetros variables según el dispositivo descrito en las reivindicaciones 1 a 16, para la generación de energía eléctrica a partir de energía solar mediante sistemas fotovoltaicos de alta concentración.

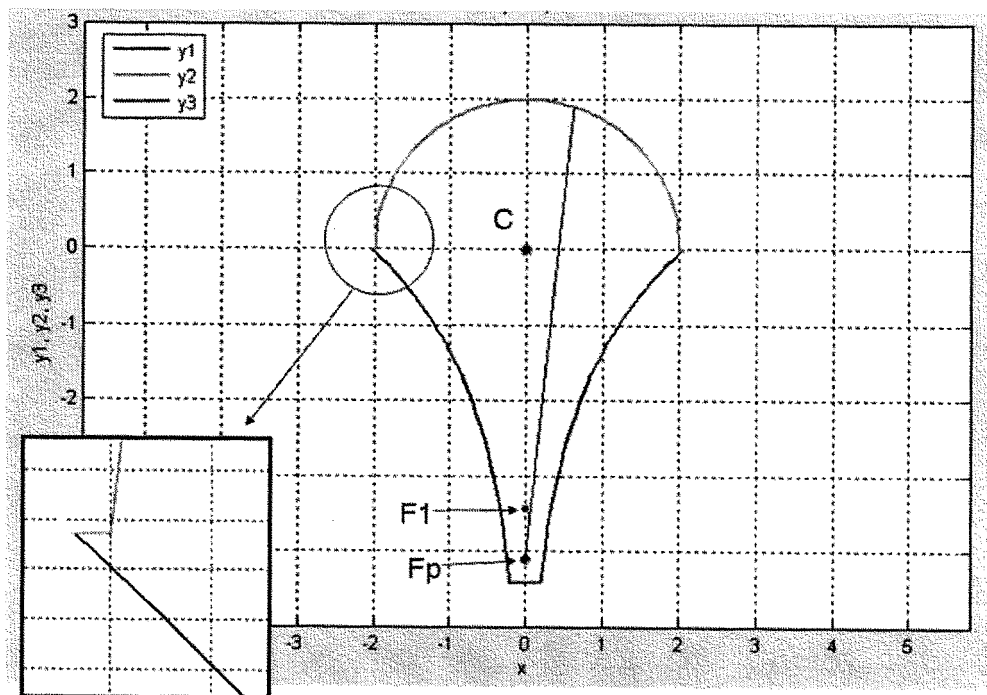


Figura 1

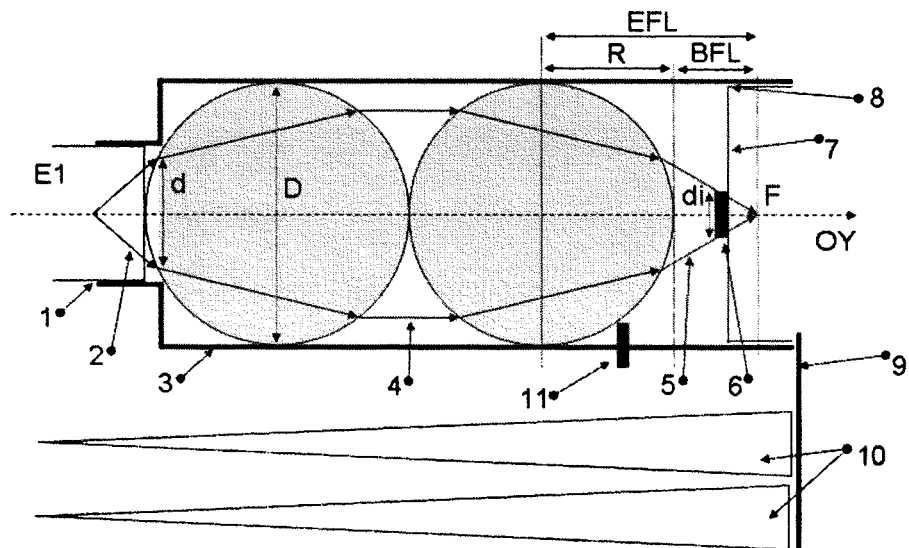


Figura 2

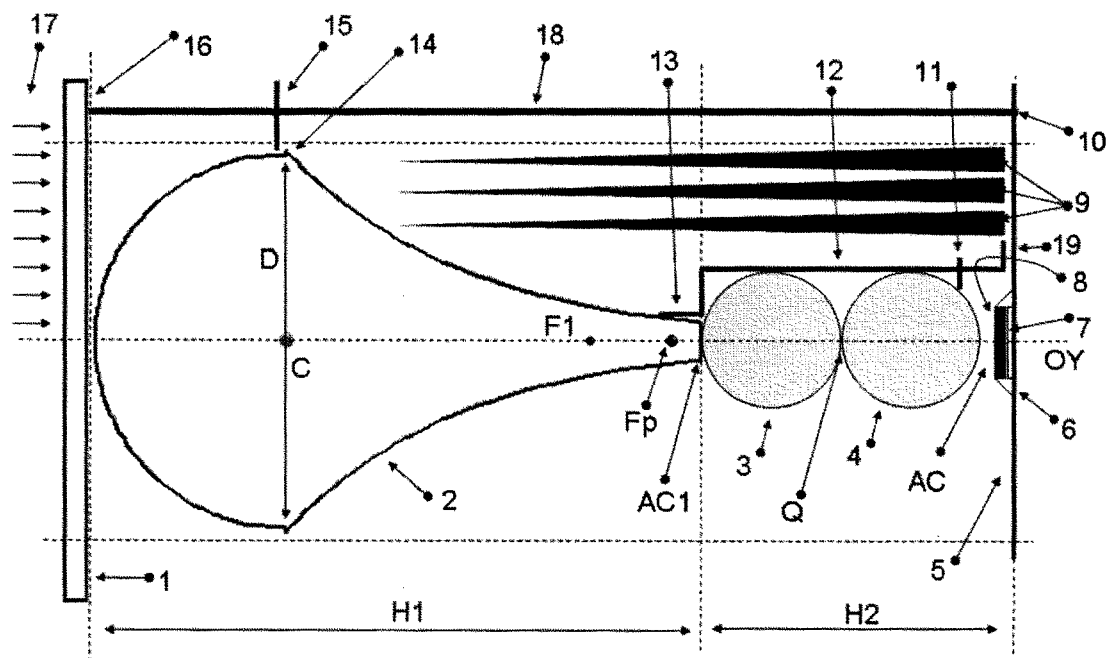


Figura 3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 325 939

⑫ Nº de solicitud: 200702479

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 14.09.2007

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: G02B 19/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 9927406 A1 (IVANOVICH, A. et al.) 03.06.1999, todo el documento.	1-9,14,16,17
A	EP 0263739 A1 (COMPAGNIE DEUTSCH) 13.04.1988, todo el documento.	1,11,12
A	US 4712885 A (DAWSON, C. et al.) 15.12.1987, todo el documento.	1-9,14,16
A	EP 0344364 A2 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GmbH) 06.12.1989	
A	US 4792685 A (YAMAKAWA, M.) 20.12.1988	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

10.09.2008

Examinador

O. González Peñalba

Página

1/4

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

G02B, F24J, H01L

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

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 10.09.2008

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-17	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-17	SÍ
	Reivindicaciones		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 ha sido publicada.

Consideraciones:

La presente Solicitud se refiere, en su primera reivindicación, a un concentrador óptico que consta de: - una lente de reflexión total interna con simetría de revolución y que presenta una superficie esférica o elipsoidal de entrada de la luz y una superficie lateral definida por una curva logarítmica, y que recoge los rayos luminosos incidentes en la cara de entrada y los concentra, tras varias reflexiones totales internas en su pared lateral, en la base de la misma; - un conjunto colimador y concentrador, compuesto por dos lentes esféricas alojadas en un cilindro situado a la salida de la primera lente y coaxial con ella, que colima el haz emergente de la misma, lo homogeneiza y concentra en un cono de salida que es también coaxial y cuyo vértice es el punto focal de la segunda lente esférica; - otros elementos constructivos no ópticos para protección y disipación del calor. Las restantes reivindicaciones desarrollan y especifican las características ópticas y geométricas del concentrador, y aportan elementos accesorios distintos del fin esencial de la invención. Algunas de ellas se refieren a distintas opciones constructivas del concentrador, con la posibilidad de disposiciones en matriz, mosaico y otras para varios concentradores, así como a la integración estructural de los diversos componentes de un mismo concentrador (proximidad entre lentes y dimensiones de éstas, disposición de la célula de captación fotovoltaica, ...).

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	WO 9927406 A1	03.06.1999
D02	EP 0263739 A1	13.04.1988
D03	US 4712885 A	15.12.1987

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

Se considera que la invención definida en las reivindicaciones 1-17 de su Solicitud tiene novedad y actividad inventiva por no estar comprendida en el estado de la técnica ni poder deducirse de forma evidente del mismo por un experto en la materia. Se han encontrado documentos relativos a concentradores que recogen por separado los diversos componentes del concentrador de su Solicitud, pero ninguno de ellos expone la misma disposición actuando de manera semejante. Así, por ejemplo, el documento D01 (citado en el Informe de Búsqueda Internacional -IBI- con la categoría A) describe un concentrador en mosaico compuesto de elementos concentradores que constan de una parte abocinada con una superficie esférica de entrada y una pared lateral de reflexión total interna con forma troncocónica o de prisma truncado, y una esfera colimadora a la salida de ésta. Los elementos carecen, sin embargo, de la forma logarítmica especificada en su Solicitud para la parte abocinada, y tampoco se contempla la posibilidad de una segunda esfera de concentración en la parte colimadora. D02 sí recoge esta disposición de doble esfera, pero con un fin diferente de la concentración, cual es el acoplamiento óptico de dos fibras ópticas. Cabe mencionar, por último, el conjunto colimador de lente esférica y superficie de reflexión interna parabólica del documento D03, que, merced a la propiedad inversa de la propagación luminosa, puede utilizarse también como concentrador, pero cuya disposición es sensiblemente diferente de la de la presente Solicitud.