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

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
06 de enero de 2022 (06.01.2022)

WIPO | PCT

(10) Número de publicación internacional
WO 2022/003227 A1

(51) Clasificación internacional de patentes:
G01J 1/42 (2006.01) *F24S 50/00* (2018.01)
G01J 1/56 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2021/070482

(22) Fecha de presentación internacional:
01 de julio de 2021 (01.07.2021)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P202030682 02 de julio de 2020 (02.07.2020) ES

(71) Solicitantes: **UNIVERSIDAD DE SEVILLA** [ES/ES]; Pabellon de Brasil - Pº de las Delicias, s/n, 41013 Sevilla (ES). **FUNDACIÓN CENER** [ES/ES]; Avenida Ciudad de la Innovación nº7, 31621 Sarriguren (Navarra) (ES). **MESUREX, S.L.U.** [—/ES]; C/Marie Curie Nº4 D10. Parque Tecnológico de, Andalucía, 29590 Málaga (ES). **COBRA INSTALACIONES Y SERVICIOS, S.A.** [ES/ES]; C/ Cardenal Marcelo Spinol, 10, 28016 Madrid (ES). **EGATEL, S.L.** [ES/ES]; Avda. Ourense, 1. Parque Tecnolóxico de Galicia, San Cibrao das Viñas (Ourense) (ES). **FUNDACION IMDEA ENERGIA** [ES/ES]; Avenida Ramón De La Sagra Nº 3, Parque Tecnológico De Móstoles, 28935 Móstoles (Madrid) (ES).

(72) Inventores: **CARBALLAR RINCÓN, Alejandro**; UNIVERSIDAD DE SEVILLA, Pabellon de Brasil- Pº de las Delicias, s/n, 41013 Sevilla (ES). **RODRÍGUEZ GARRIDO, Roberto**; UNIVERSIDAD DE SEVILLA, Pabellon de Brasil- Pº de las Delicias, s/n, 41013 Sevilla (ES).

(54) **Title:** RADIOMETRY DEVICE AND METHOD FOR MEASURING SOLAR IRRADIANCE

(54) **Título:** DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE RADIOMETRÍA PARA LA MEDIDA DE IRRADIANCIA SOLAR

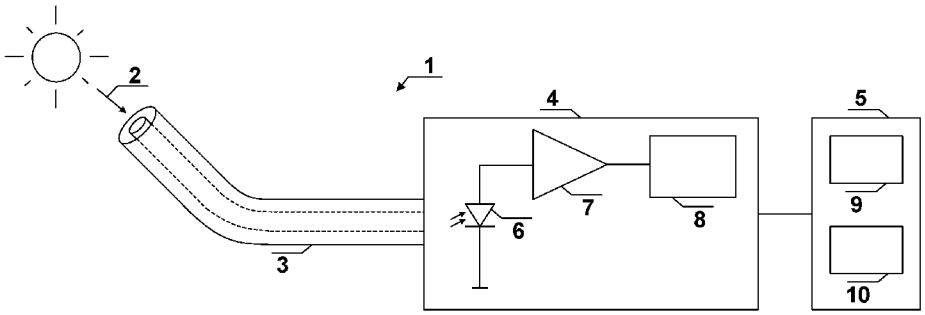

FIG. 1

(57) **Abstract:** Disclosed are a radiometry device and method for measuring solar irradiance, wherein the device (1) comprises: an optical fibre (3), with a core (11) and a cover (12), a beam of solar light (2) hitting same; an optical-power measuring module (4); and a signal processing module (5). The method comprises the steps of: obtaining one or more optical power measurements, $P_{0,\lambda i}$; obtaining the gross solar irradiance, $\emptyset_{gross,\lambda i}$, as a ratio of optical power, $P_{0,\lambda i}$ to the surface area of the core (11) of the optical fibre (3) exposed to the beam of solar light (2); calculating a correction factor, $FC_{\lambda i}$; and obtaining a solar irradiance measurement as the product of the gross solar irradiance and the correction factor.

WO 2022/003227 A1

[Continúa en la página siguiente]

(74) **Mandatario: PONS ARIÑO, Angel**; Glorieta de Rubén Darío, 4, 28010 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

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

(57) Resumen: En la que el dispositivo (1) comprende una fibra óptica (3), con un núcleo (11) y una cubierta (12), y en la que sobre un extremo incide un haz de luz solar (2); un módulo medidor de potencia óptica (4); y un módulo de procesado de señal (5). El procedimiento comprende las etapas de obtención de una o más medidas de potencia óptica, $P_{0,\lambda i,}$, obtención de la Irradiancia Solar bruta, $\emptyset_{bruta,\,\lambda i}$, como un cociente entre la potencia óptica, $P_{0,\lambda i}$ y el área de la superficie del núcleo (11) de la fibra óptica (3) expuesto al haz de luz solar (2), cálculo de un factor de corrección, $FC_{\lambda i}$ y obtención de una medida de irradiancia solar, como el producto entre la irradiancia solar bruta y el factor de corrección

DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE RADIOMETRÍA PARA LA MEDIDA DE IRRADIANCIA SOLAR

D E S C R I P C I Ó N

OBJETO DE LA INVENCIÓN

El objeto de la invención se encuadra en el sector de la Instrumentación de Test y Medida utilizada en radiometría para la caracterización de la radiación solar, y en particular en la medida de la irradiancia solar, siendo ésta la magnitud que representa la potencia óptica solar incidente en una superficie de área determinada.

Concretamente, el objeto de la invención es un dispositivo y procedimiento consistentes en la generalización del concepto de pirheliómetro, el cual proporciona la medida de la irradiancia solar o flujo óptico de un haz de luz solar definido por un cono de aceptancia, que incide perpendicularmente en una superficie de área determinada.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La radiación solar es un recurso de energía inagotable para el planeta Tierra. Los diferentes niveles de irradiancia solar que inciden sobre la superficie terrestre son de especial importancia en los sectores de la meteorología, astronomía, agricultura, y de extrema importancia en el sector de la energía solar (tanto fotovoltaica como termosolar) para la optimización, en términos de rendimiento y eficiencia, del proceso de producción de energía.

De forma genérica, la radiación solar que incide en la superficie de la atmósfera está caracterizada por su densidad espectral de flujo óptico o irradiancia espectral, $E(\lambda)$, con unidades de $\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}}$ (ó $\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}}$), que se distribuye en un rango espectral que va desde los 300 nm hasta los 4000 nm, aproximadamente. A partir de $E(\lambda)$ se define la irradiancia solar, E, con unidades de $W \cdot m^{-2}$, como la integral de la irradiancia espectral a lo largo de todo el espectro, y por tanto caracteriza la intensidad de radiación solar por unidad de área. La irradiancia solar que llega a la superficie de la atmósfera toma valores de 1367 $W \cdot m^{-2}$ según la WRC (*World Radiation Centre*), 1373 $W \cdot m^{-2}$ según la WMO

(*World Meteorological Organization*) y 1353 $W \cdot m^{-2}$ según la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

Sin embargo, la intensidad de radiación solar que incide en la superficie terrestre es menor fruto de los procesos de absorción y esparcimiento (*scattering*) que sufre un haz de luz solar al atravesar la atmósfera. En este sentido, la irradiancia solar que incide en cada punto de la superficie terrestre depende tanto de su localización geográfica como del instante temporal de la medida, debido a múltiples factores como son: la distancia de la Tierra al Sol que varía a lo largo de todo el año; los diferentes agentes atmosféricos, como por ejemplo las nubes, que producen una dispersión del haz de luz solar; el porcentaje de humedad atmosférica que determina una serie de bandas de absorción en el espectro solar; y, la polución del aire; entre otros; que de forma conjunta se traduce en una modificación de la irradiancia espectral particular para cualquier ubicación de la superficie terrestre y hora del día.

Por tanto, la irradiancia solar que incide en cualquier punto de la superficie terrestre varía a lo largo del tiempo y se denota por $E(t)$. En función del origen y procedencia del haz de luz solar incidente en el punto de medida, se definen tres tipos de medida para la irradiancia solar:

- Irradiancia Normal Directa o DNI (del inglés *Direct Normal Irradiance*), para el haz de luz solar proveniente directamente del Sol y que es medida mediante un pirheliómetro montado sobre un seguidor solar.
- Irradiancia Horizontal Difusa o DHI (del inglés *Direct Horizontal Irradiance*), para la radiación solar proveniente de todo el cielo menos la que proviene directamente del Sol (es decir, la DNI), y que es medida mediante un piranómetro con una banda de sombra para eliminar el haz de luz solar directo del Sol.
- Irradiancia Horizontal Global o GHI (del inglés *Global Horizontal Irradiance*), que considera toda la radiación solar proveniente del cielo y que es medida de forma general con un Piranómetro con un sensor horizontal.

Estas medidas de irradiancia solar son las utilizadas en aplicaciones de meteorología, y sus definiciones concretas, están sujetas a las especificaciones de la Organización Internacional para la Normalización (ISO, *International Organization for Standardization*) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM o WMO).

Por otro lado, el sector de la energía solar, tanto fotovoltaica como termosolar, hace uso de estas medidas (principalmente la DNI) para monitorizar la irradiancia solar que incide en los paneles solares y heliostatos. Sin embargo, en aplicaciones solares de concentración también es muy importante la medida y monitorización del flujo solar concentrado con el propósito de poder operar la planta solar en las condiciones óptimas de máximo rendimiento, eficiencia y seguridad. En este sentido, las medidas de irradiancia solar a partir de flujo solar concentrado son mucho más exigentes tanto desde el punto de vista de magnitud y rango dinámico, como de condiciones extremas de operación y funcionamiento.

Los tres elementos o componentes clave que componen un aparato de medida para la irradiancia solar son: la estructura o dispositivo que determina el cono de aceptancia para la radiación solar; la superficie o área de incidencia de la radiación solar; y, el detector para la medida de la potencia óptica incidente en la superficie de área determinada. Estos tres elementos están determinados por las diferentes configuraciones del aparato de medida, que generalmente incluye un elemento captador de la radiación solar y un detector. El elemento más crítico suele ser el detector, para el cual se encuentran dos alternativas en el estado del arte:

- Los detectores térmicos o termopilas, que convierten la energía térmica captada del haz de luz solar en energía eléctrica. Normalmente están formados por termopares conectados en serie o en paralelo que no responden a una temperatura absoluta, sino que responden a un gradiente de temperatura generando un voltaje. Su principal ventaja es que presentan una medida de potencia óptica de gran anchura espectral y no depende de la longitud de onda. La medida puede autocalibrarse proporcionando una precisión del orden del 1%. Como inconveniente presenta una muy pobre sensibilidad (típicamente del orden de 10μW).
- Los fotodetectores de semiconductor, que captan la radiación óptica convirtiendo fotones en pares electrón-hueco, y, por tanto, convirtiendo potencia óptica en corriente eléctrica. Los fotodetectores de semiconductor presentan como principal ventaja su excelente sensibilidad (incluso por debajo de 1pW), un amplio rango dinámico, una precisión del orden del 2%, menor complejidad, menor mantenimiento y menor coste. Sin embargo, presentan el inconveniente que la medida de potencia óptica que proporcionan depende de la longitud de onda y que

los semiconductores no son sensibles a todo el rango espectral de la radiación solar, es decir, que el ancho de banda de la responsividad del semiconductor es menor que la anchura espectral de la radiación solar a medir, por lo que la medida de potencia óptica es menos precisa y necesita un proceso de calibración. Como fotodetectores de semiconductor se utilizan el fotodiodo de unión polarizado en inversa y la célula fotovoltaica trabajando en la región cercana al cortocircuito.

En el sector de la meteorología los instrumentos más utilizados para la medida de la irradiancia solar son:

- Piranómetro de termopila, diseñado para la medida de la radiación solar en un gran ancho de banda gracias a que la termopila presenta una sensibilidad prácticamente plana en el rango espectral entre los 300nm y los 2800nm. Proporcionan una medida de muy alta precisión para la GHI y DHI (si incorpora banda de sombra).
- Piranómetro basado en fotodiodo, o también conocido como piranómetro de Silicio (ya que el Silicio es el semiconductor que presenta mayor responsividad en los máximos de irradiancia espectral solar). Dicho piranómetro detecta la porción del espectro entre 400nm y 800nm para fotodetectores basado en célula fotovoltaica, o entre 350nm y 1100nm para fotodetector basado en fotodiodo de unión polarizado en inversa.
- Pirheliómetro basado en termopila para la medida de la DNI, compuesto por una cavidad encargada de la captación del haz de luz solar dentro de un cono de aceptancia (generalmente se establece un ángulo de aceptancia de 2.5º) que incide en una termopila que convierte la energía térmica en una diferencia de voltaje.

En el sector de la energía solar de concentración existen dos sensores para la medida de la irradiancia solar concentrada o flujo solar concentrado que son el radiómetro de Gardon y el sensor HFM. Ambos sensores basan su principio de funcionamiento en termopilas y están caracterizados por presentar una superficie de incidencia alrededor de 25mm de diámetro y un rango dinámico de medida entre los 0 y los 50 $MW \cdot m^{-2}$. Son muy sensibles, necesitan un circuito de refrigeración para poder operar en condiciones de muy alta temperatura y tienen un coste muy alto.

En el estado del arte de la técnica, se han presentado otros instrumentos para la medida de la irradiancia solar. Es conocido un instrumento para la medida de la GHI, integrando una fibra óptica junto con un difusor como elemento captador de la radiación solar y un fotodetector de Silicio para la medida de la potencia óptica, con el propósito de situar el fotodiodo lejos del punto de medida y asegurar unas condiciones de medida de irradiancia solar controladas.

El objetivo que persigue este instrumento es no exponer el fotodiodo directamente a la radiación solar, y para ello utiliza una fibra óptica para conducir la radiación solar desde el punto de medida hasta las instalaciones de laboratorio donde se sitúa el fotodiodo con unas condiciones de trabajo estables. El extremo de la fibra óptica situado en el punto de medida incorpora un difusor para aproximar una respuesta con ley cosenoidal a radiación solar incidente y la protege de las condiciones atmosféricas mediante una bombilla de vidrio. De esta forma, se lleva a cabo una medida de la GHI utilizando un método de medida mediante factores de calibración que dependen de las diferentes masas de aire que atraviesa el haz de luz solar.
Sin embargo, esta propuesta no utiliza las propiedades de la fibra óptica definidas por la apertura numérica que caracteriza un cono de aceptancia y, por tanto, susceptible de ser utilizado para la medida de la DNI. En este trabajo ya si se indican los problemas de la selectividad espectral del fotodetector de silicio que no cubre todo el rango espectral de la luz constituyéndose en una fuente de error, así como las variaciones en la irradiancia espectral de la luz debido a la localización, altitud y condiciones atmosféricas.

Otras propuestas relacionadas con la medida de la irradiancia que independizan el elemento captador de radiación solar y el fotodetector son la solicitud de patente para la medida del ángulo de incidencia de radiación solar ES2597982 y para la detección de la radiación incidente en un receptor solar WO2016/110606A1. Ambas propuestas presentan un sistema y método de detección de la radiación solar basadas en un elemento captador de radiación consistente en una varilla de cuarzo de diámetro entre 1 mm y 4 mm como guiaonda óptica.

Los objetivos de estas dos propuestas son: uno, la medida del ángulo de incidencia de la radiación lumínica en el elemento de captación a partir de la corona circular que se obtiene a la salida de la varilla de cuarzo; y dos, la detección de flujo solar concentrado en el receptor de torre de una central termosolar situando la varilla de cuarzo a través de los

paneles del receptor solar en la zona expuesta a la radiación solar concentrada (soportando temperaturas de operación de hasta 1000ºC), con el propósito de conducir dicha radiación hacia la zona posterior del receptor solar, ya con temperaturas más bajas, donde se ubica un módulo de medida para la radiación guiada. El módulo de medida contempla las opciones de utilizar bien un fotodetector, bien un array de fotodetectores, o bien matriz CCD.

Sin embargo, el sistema y método contemplado en estas propuestas no muestran el procedimiento para la obtención de una medida cuantitativa de la irradiancia del haz de luz incidente. La obtención de una medida cuantitativa de la irradiancia solar ($W \cdot m^{-2}$) no es directa ni inmediata ya que dependerá de la irradiancia espectral de la radiación incidente, de la superficie de incidencia, de las pérdidas que pueda sufrir la radiación en su guiado hasta el módulo de detección óptica, y de la respuesta espectral del módulo de detección óptica.

Por otro lado, estas propuestas consideran la posibilidad de utilizar fibra óptica como guiaonda óptica para conducir la radiación óptica desde el elemento captador hasta el módulo de medida de potencia óptica, aunque su uso tampoco es directo ni evidente por las consideraciones intrínsecas que presenta la fibra óptica en cuanto a sus características de construcción de núcleo y cubierta (índices de refracción necesarios para asegurar el principio de reflexión total interna), diferentes dimensiones de núcleo y cubierta (y por tanto, diferentes superficies de incidencia, así como el posible comportamiento monomodo o multimodo), y característica de apertura numérica que se traduce en un determinado cono de aceptancia para la radiación incidente.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la presente invención es un dispositivo y procedimiento de radiometría para la medida de la irradiancia solar de un haz de luz. El dispositivo comprende una fibra óptica, con un primer extremo sobre el que incide un haz de luz. La fibra óptica comprende un núcleo, una cubierta y opcionalmente un recubrimiento. El haz de luz incide sobre la superficie delimitada por el núcleo y dentro del cono de aceptancia que delimita su apertura numérica. La radiación solar acoplada a la fibra óptica dentro de estas especificaciones (cono de aceptancia y área del núcleo de la fibra) se lleva hasta el extremo opuesto de la

fibra en el que se mide la potencia óptica mediante un módulo medidor de potencia óptica, que comprenderá preferentemente un fotodiodo semiconductor.

Una primera aproximación del procedimiento de medida para la irradiancia solar en el punto de medida (extremo de la fibra óptica expuesto al haz de luz solar) es la relación entre la potencia óptica medida por el módulo medidor y el área del núcleo de la fibra óptica ($W \cdot m^{-2}$). Las ventajas de esta propuesta radican en que los diferentes diseños de la fibra óptica permiten controlar tanto el cono de aceptancia de la radiación solar a partir de la característica de apertura numérica de la fibra óptica como la superficie de incidencia a través del área del núcleo.

Haciendo uso de la óptica geométrica, todos los rayos de luz contenidos dentro del cono de aceptancia que inciden en la zona de núcleo de la fibra óptica expuesta a la radiación solar son guiados por ésta hasta su otro extremo con muy bajas pérdidas, para medir su potencia óptica mediante el módulo medidor.

Las ventajas de utilizar un fotodiodo de semiconductor del módulo medidor de potencia óptica radican en su estabilidad, linealidad, bajo mantenimiento y bajo coste, además de su excelente sensibilidad para adaptarse a los reducidos niveles de potencia óptica acoplados al núcleo de la fibra óptica de dimensiones micrométricas. Por otro lado, las reducidas dimensiones de la fibra óptica le permiten ser integradas en los receptores solares de las centrales termosolares de concentración siempre que se utilicen fibras ópticas especiales para trabajar a altas temperaturas.

Por tanto, el dispositivo de radiometría para la medida genérica de la irradiancia solar comprende:

- como elemento captador de radiación una fibra óptica para aprovechar sus características de dimensiones reducidas, definición de un cono de aceptancia a partir de su apertura numérica, definición de la superficie de incidencia de la radiación a partir del área del núcleo, propiedades de guiado óptico de muy bajas pérdidas, y versatilidad de diferentes diseños y configuraciones,
- como elemento detector de la radiación solar, un módulo medidor de potencia óptica que comprende preferentemente un fotodiodo de semiconductor, que proporciona características y propiedades de alta sensibilidad compatible con los bajos niveles de potencia óptica acoplados a la fibra óptica debido al reducido

tamaño del núcleo, bajo coste, linealidad y estabilidad, bajo mantenimiento, y tiempo de respuesta rápido, y

- adicionalmente, el dispositivo puede comprender un módulo de procesado, conectado al módulo medidor y configurado para procesar y enviar a un equipo externo las medidas obtenidas por el módulo medidor.

En la presente invención se define además un procedimiento de medida basado en la obtención del cociente entre la potencia óptica medida por el módulo medidor de potencia óptica y el área del núcleo de la fibra óptica consiguiendo así, en primera aproximación, una medida de irradiancia óptica ($W \cdot m^{-2}$).

Concretamente, el procedimiento toma como entrada, en una primera etapa, el valor de potencia óptica medida por el módulo medidor y el módulo de procesado, y el área del núcleo de la fibra óptica, y calcula una primera aproximación de la irradiancia solar como el cociente de la potencia óptica medida entre el área de la superficie del núcleo.

En una segunda etapa a esta primera aproximación de la Irradiancia Solar, se calcula un factor de corrección o calibración que tiene en cuenta la limitada respuesta espectral del fotodiodo de semiconductor, el patrón de la distribución espectral de la radiación solar incidente, y las pérdidas que introduce la fibra óptica en el guiado de la radiación óptica desde el punto de medida o acoplo a fibra hasta el fotodiodo de semiconductor (o módulo medidor de potencia óptica).

En una tercera etapa del procedimiento, se realiza el proceso de calibración corrigiendo la primera aproximación de la irradiancia solar por medio del factor de corrección o calibración (calculado en la segunda etapa), obteniendo así la medida de la irradiancia solar final.

La invención se compone por tanto de un dispositivo de medida y un procedimiento de medida complementarios que manteniendo niveles de sencillez de montaje y mantenimiento, consiguen una mejora de las prestaciones de los productos actuales, como son una dinámica de respuesta muy rápida, versatilidad y flexibilidad en el diseño del cono de aceptancia para la radiación solar, mayor rango dinámico asociado a la posibilidad de trabajar con diferentes tamaños de núcleo de la fibra óptica, mayor sensibilidad gracias a la utilización de fotodiodos de semiconductor, menor complejidad, y menor coste.

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, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra un esquema de bloques del dispositivo objeto de invención.

Figura 2.- Muestra un detalle del extremo de la fibra óptica expuesto al haz de luz solar, en el que se representan gráficamente la definición del cono de aceptancia (determinado por la apertura numérica) y el área de superficie del núcleo de la fibra.

Figura 3.- Muestra un ejemplo de realización del dispositivo.

Figura 4.- Muestra un ejemplo de las etapas del procedimiento para la medida de la DNI a lo largo de un día, representado mediante un diagrama de flujo.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

Se describe a continuación, con ayuda de las figuras 1 a 4, una realización preferente de la presente invención, que define un procedimiento y un dispositivo de medida, ambos para la obtención de la irradiancia solar que caracteriza la intensidad o magnitud de radiación solar que incide en un determinado punto.

En la figura 1 se muestra el esquema de bloques del dispositivo (1) para la obtención de la irradiancia solar proveniente de un haz de luz solar (2), que incide en el extremo de una fibra óptica (3). El haz de luz solar (2) está totalmente caracterizado por su irradiancia espectral $E(\lambda)$ y variará en función de la ubicación geográfica del punto de medida, así como del instante o momento temporal de la medida (estación del año, mes, día y hora).

El dispositivo (1) comprende por tanto una fibra óptica (3), un módulo medidor de potencia óptica (4) conectado a la fibra óptica (3), y un módulo de procesado de señal (5), conectado al módulo medidor de potencia óptica (4).

La fibra óptica (3) está caracterizada por sus dimensiones $2a/2b$, diámetros de núcleo (11) y cubierta (12) respectivamente y representados en detalle en la figura 2, los índices de refracción de núcleo (11) y cubierta (12), n_1 y n_2, respectivamente, su coeficiente de atenuación por unidad de longitud $\alpha(\lambda)$, y su longitud L.

Estos parámetros, representados en la figura 2, determinan:

- el cono de aceptancia para el haz de luz solar (2) que se acopla al interior de la fibra óptica (3) proveniente del exterior (aire) a partir de su apertura numérica definida como $AN = sen(\theta_a) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$, siendo θ_a el ángulo de aceptancia;
- el área de la superficie del núcleo (11) de la fibra óptica (3), $A_{core} = \pi \cdot a^2$, por donde el haz de luz solar (2) entra, y se acopla, al interior de la fibra óptica (3); y
- las pérdidas que sufre la radiación óptica acoplada a la fibra óptica (3) en su propagación a través de su longitud completa. La fibra óptica (3) capta la porción de haz de luz solar (2) contenida dentro del cono de aceptancia determinado por la fibra óptica (3) y la conduce hasta el extremo opuesto de la fibra óptica (3) situado a una distancia L (sufriendo unas pérdidas por unidad de longitud caracterizadas por $\alpha(\lambda)$), el cual se conecta directamente al módulo medidor de potencia óptica (4).

El módulo medidor de potencia óptica (4) comprende, tal y como se muestra en la figura 1, un fotodetector de semiconductor (6) caracterizado por su función respuesta denominada responsividad $\mathcal{R}(\lambda)$. El fotodetector de semiconductor (6) proporciona una corriente eléctrica proporcional a la radiación óptica que le llega. Dicha corriente eléctrica se amplifica y convierte en voltaje mediante un amplificador de transimpedancia (7) que posteriormente es digitalizado en un conversor analógico-digital (8).

El módulo medidor de potencia óptica (4) proporciona a su salida una medida de potencia óptica proporcional a la magnitud de radiación óptica que ha llegado a su entrada a través de la fibra óptica (3), dependiendo dicha medida de la longitud de onda seleccionada λ_i para fijar el valor de la responsividad $\mathcal{R}(\lambda)$, el cual determina un factor de conversión de

corriente eléctrica fotogenerada a potencia óptica incidente. En consecuencia, la potencia óptica medida por el medidor de potencia óptica (4) será igual a:

$$P_{0,\lambda_i} = \frac{1}{\mathcal{R}(\lambda_i)} \int_{\lambda min}^{\lambda max} E(\lambda) \cdot e^{-\alpha(\lambda)\cdot L} \cdot \mathcal{R}(\lambda) \cdot d\lambda \qquad (100)$$

donde λmin y λmax representan los valores mínimo y máximo del rango espectral en el que se extiende la irradiancia espectral del haz de luz solar incidente (2).

Finalmente, el dispositivo (1) comprende un módulo de procesado de señal (5) que comprende a su vez, tal y como se muestra en la figura 1, un microprocesador (9) encargado de implementar el principio de operación y el proceso de calibración de la medida, y un módulo de adquisición de datos (10) con objeto de poder tomar y almacenar de manera continua las medidas a lo largo del tiempo. El módulo de procesado de señal (5) alberga un software que desarrolla las etapas del procedimiento de medida y de la adquisición y almacenamiento de las medidas a lo largo del tiempo con una determinada tasa de muestreo.

Una vez obtenida por el módulo de procesado de señal (5) la medida de la potencia óptica P_{0,λ_i} correspondiente al haz de luz solar (2), que dentro del cono de aceptancia de la fibra óptica (3) se acopla al núcleo (11) de la misma, se describe a continuación el procedimiento de medida del que hace uso el dispositivo (1) de medida ya descrito, y que permite obtener la medida de la irradiancia solar en el punto de medida (extremo de la fibra óptica (3) expuesta al haz de luz solar (2)).

El procedimiento de medida comprende tres etapas básicas, que se describen a continuación:

- Datos de partida. Se toma como dato de entrada la medida de potencia óptica proporcionada por el módulo medidor de potencia óptica (4), es decir, P_{0,λ_i}.
- Etapa 1: Obtención de la Irradiancia Solar bruta, $\emptyset_{bruta,\lambda i}$. Conocida el área de la superficie del núcleo (11) de la fibra óptica (3) expuesto al haz de luz, A_{core}, que es la superficie de acoplo del haz de luz solar (2) al interior de la fibra óptica (3), como se muestra en la figura 2, es inmediato obtener una primera aproximación de la Irradiancia Solar en el punto de medida, y que se denota como Irradiancia Solar bruta (o también flujo solar bruto):

$$\emptyset_{bruta,\lambda i} = \frac{P_{0,\lambda_i}}{A_{core}} \quad (200)$$

- Etapa 2: Calibración de la medida – Cálculo del factor de corrección, FC_{λ_i}. El Factor de Corrección necesario para calibrar el valor de la Irradiancia Solar bruta tiene en cuenta tres factores: uno, la respuesta espectral limitada del fotodetector de semiconductor (6) que en principio no cubre la totalidad del rango espectral de la radiación solar incidente; dos, la distribución espectral de la radiación solar dentro del total de su rango espectral; y tres, las pérdidas que sufre la radiación óptica en su propagación por la fibra óptica (3) desde el punto de medida hasta su entrada en el módulo medidor de potencia óptica (4).

Considerando $E(\lambda)$ el patrón de irradiancia espectral correspondiente al haz de luz solar (2), $\mathcal{R}(\lambda)$ la función de responsividad del fotodetector de semiconductor (6), λ_i la longitud de onda seleccionada en el módulo medidor de potencia óptica (4) para la conversión de corriente eléctrica a potencia óptica, $\alpha(\lambda)$ el coeficiente de atenuación por unidad de longitud de la fibra óptica (3), y L la longitud de la fibra óptica (3), se obtiene el factor de corrección para la calibración de la medida de irradiancia óptica como:

$$FC_{\lambda_i} = \mathcal{R}(\lambda_i) \cdot A_{core} \cdot \frac{\int_{\lambda min}^{\lambda max} E(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{\lambda min}^{\lambda max} E(\lambda) \cdot e^{-\alpha(\lambda) \cdot L} \cdot \mathcal{R}(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (300)$$

- Etapa 3: Obtención de la medida de irradiancia solar, $\emptyset_{medida}$. Una vez obtenido el factor de calibración FC_{λ_i} en la etapa de calibración de la medida, se obtiene el valor de la medida de irradiancia solar como el producto de la irradiancia solar bruta por dicho factor de corrección, de la siguiente forma:

$$\emptyset_{medida} = \emptyset_{bruta,\lambda i} \cdot FC_{\lambda_i} \quad (400)$$

Este procedimiento de medida puede ser implementado de una manera directa en el microprocesador (9) del módulo de procesado de señal (5) del dispositivo (1), para trabajar en tiempo real, o bien de una manera indirecta mediante un algoritmo software en un ordenador o computadora externa.

La presente invención conjuga, por tanto, un dispositivo (1) de medida con un procedimiento de medida complementario para la obtención de la medida de la irradiancia solar que incide en un determinado punto de medida definida por la fracción de radiación solar contenida dentro del cono de aceptancia determinada por la apertura numérica de una fibra óptica (3).

Un ejemplo de realización concreta de la presente invención para la medida de la irradiancia solar directa o DNI a lo largo de un día, o jornada completa, se presenta en las figuras 3 y 4. En la figura 3 se presenta una implementación del dispositivo (1) de medida de la presente invención, mientras que en la figura 4 se presenta un diagrama de flujo del procedimiento de medida del que hace uso del dispositivo (1) de la figura 3.

La implementación del dispositivo (1) que se presenta en la figura 3 comprende la fibra óptica (3), el módulo medidor de potencia óptica (4), y el módulo procesador de señal (5). La fibra óptica (3) es una fibra óptica de salto de índice de dimensiones 50/125 μm (diámetros de núcleo (11) y cubierta (12), respectivamente), apertura numérica 0.22, que se traduce en un ángulo de aceptancia de 12.70º (este ángulo define el cono de aceptancia para el acoplo del haz de luz solar (2) al interior de la fibra óptica (3), tal y como se representa en la figura 2), coeficiente de atenuación por unidad de longitud $\alpha(\lambda)$, y longitud de fibra igual a 20m.

El extremo de la fibra óptica (3) expuesto al haz de luz solar (2) se monta en un seguidor solar (13), tal y como aparece en la figura 3, con el objeto de mantener la superficie del extremo de la fibra óptica (3) en posición perpendicular a la dirección de incidencia del haz de luz solar (2) a lo largo de toda la jornada, y asegurar así la condición de incidencia normal directa.

El haz de luz solar (2) está caracterizado por su patrón de irradiancia espectral que determina la distribución de potencia óptica a lo largo del espectro (en esta realización se considera λmin igual a 300nm y λmax igual a 4000nm), y que en general depende de la localización geográfica del punto de medida así como del momento e instante en el que se realice la medida (estación del año, mes, día y hora).

El haz de luz solar (2) incide perpendicularmente en el extremo de la fibra óptica (3) expuesto al Sol, acoplándose una determinada cantidad de radiación óptica a su interior. Esta radiación óptica acoplada al interior de la fibra óptica (3) se propaga a su través sufriendo unas pérdidas de potencia óptica caracterizadas por el coeficiente de atenuación por unidad de longitud $\alpha(\lambda)$ y la longitud de fibra óptica (3) recorrida.

La radiación óptica propagada por la fibra óptica (3) llega al extremo opuesto de la fibra óptica (3), el cual se conecta al módulo medidor de potencia óptica (4) encargado de la medida de la potencia óptica incidente que llega a su entrada.

El módulo medidor de potencia óptica (4) comprende un fotodetector de Silicio (6), caracterizado por su función responsividad $\mathcal{R}(\lambda)$, un amplificador de transimpedancia (7) para aumentar el nivel de señal, y un conversor analógico-digital (8) para digitalizar la medida.

Para la conversión de la corriente eléctrica fotogenerada en potencia óptica, es necesario introducir en el módulo medidor de potencia óptica (4) el valor de la responsividad para una longitud de onda concreta λ_i (en esta realización se toma λ_i igual a 635nm), y de ahí que el valor de la medida de potencia óptica proporcionado por el módulo medidor de potencia óptica (4), P_{0,λ_i}, dependa del valor de λ_i seleccionado. El valor de potencia óptica P_{0,λ_i} proporcionado por el medidor de potencia óptica (4) se introduce como entrada al módulo procesador de señal (5) con objeto de obtener el valor de la medida de la irradiancia solar, que con esta configuración en concreto del dispositivo (1), se corresponde con la DNI.

El bloque procesador de señal (5) alberga un software que ejecuta las etapas del procedimiento de medida en su microprocesador (9), implementando el principio de operación de la medida y el procedimiento de cálculo del factor de corrección para la calibración de la misma. Asimismo, el módulo de adquisición de datos (10) es el encargado de tomar la medida de DNI a lo largo del tiempo con una tasa de muestreo determinada y almacenarla.

El procedimiento de medida objeto de invención se representa gráficamente en la figura 4, mostrando mediante un diagrama de flujo las tres etapas de las que se compone. El

procedimiento de medida está implementado en el módulo de procesado de señal (5) con objeto de poder trabajar en tiempo real.

El procedimiento de medida toma como dato de entrada la medida de potencia óptica proporcionada por el módulo medidor de potencia óptica (4) de manera continua en el tiempo, $P_{0,\lambda_i}(t)$, tal y como se indica en el bloque de diagrama de flujo de la figura 4, etiquetado como "MEDIDA". Se representa en el interior de este bloque un detalle de las medidas realizadas a lo largo de toda una jornada para indicar las magnitudes de potencia óptica (eje y) adquiridas y la resolución temporal (eje x).

En el paso 1 del procedimiento de medida se implementa el principio de operación de la medida para obtener una primera estimación bruta de la irradiancia solar directa, denotada como $DNI_{bruta,\lambda_i}(t)$, utilizando como datos la medida de $P_{0,\lambda_i}(t)$ proporcionada por el módulo medidor de potencia óptica (4), y, la superficie del núcleo (11) del extremo de la fibra óptica (3) expuesto al haz de luz solar, A_{core}, que en este caso es igual a $1.9635 \cdot 10^{-9}\, m^2$. En el bloque etiquetado como "1" (Bloque 1) de la figura 4 se representa dicha magnitud a lo largo de toda la jornada de luz de un día concreto.

En el paso 2 del procedimiento de medida se obtiene numéricamente el factor de corrección necesario para la calibración de la magnitud de la irradiancia solar directa bruta, calculada en el paso anterior. Para el cálculo de este factor de corrección FC_{λ_i}, se toman como datos el patrón de irradiancia espectral del haz de luz solar (2), el coeficiente de atenuación por unidad de longitud y la longitud de la fibra óptica (3), la curva característica de responsividad del fotodetector de Silicio (6), y la longitud de onda, λ_i, seleccionada en el módulo medidor de potencia óptica (4) para la medida de la potencia óptica P_{0,λ_i}.

Mediante la expresión (300), en el Bloque 2 del método de medida se calcula el factor de corrección FC_{λ_i}, que en este ejemplo de realización de la invención se mantiene constante para toda la jornada de medida e igual a 1.2997.

El paso 3 del procedimiento de medida toma como entrada el valor de la irradiancia solar directa bruta proporcionada por el Bloque 1, $DNI_{bruta,\lambda_i}(t)$, y haciendo uso del

factor de corrección FC_{λ_i} obtenido en el Bloque 2, calcula el valor de la medida de la irradiancia solar directa $DNI(t)$ mediante el procedimiento de calibración dado por la expresión (400). Por tanto, a la salida del Bloque 3 del procedimiento de medida, representado en la figura 4, se obtiene la medida de la función de irradiancia solar directa, $\emptyset_{medida}(t)$ ó $DNI(t)$, a lo largo de toda la jornada de un día concreto.

La realización de la presente invención que conjuga el dispositivo (1) de medida de la figura 3 con el procedimiento de medida de la figura 4 proporciona la medida de la irradiancia solar directa del haz de luz solar (2) a lo largo de toda la jornada de sol de un día concreto. Dicha medida proporciona el valor absoluto de la magnitud de la DNI, así como sus variaciones a lo largo del tiempo, con una resolución temporal que permite detectar cambios atmosféricos como paso de nubes o similar, con un tiempo de respuesta inmediato gracias al carácter óptico del principio de funcionamiento del dispositivo.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo (1) de radiometría para la medida de irradiancia solar que comprende:

- una fibra óptica (3) en la que sobre un extremo incide un haz de luz solar (2), y que comprende un núcleo (11) y una cubierta (12) que lo envuelve y que definen un cono de aceptancia,
- un módulo medidor de potencia óptica (4), conectado a la fibra óptica (3) en un extremo opuesto al extremo sobre el que incide el haz de luz solar (2), comprendiendo el módulo medidor de potencia óptica (4) un fotodetector de semiconductor (6) configurado para proporcionar una corriente eléctrica proporcional a una radiación óptica recibida desde la fibra óptica (3), y
- un módulo de procesado de señal (5), conectado al módulo medidor de potencia óptica (4).

2.- El dispositivo (1) de la reivindicación 1, en el que el módulo medidor de potencia óptica comprende adicionalmente un amplificador de transimpedancia (7) conectado al fotodetector de semiconductor (6) configurado para convertir en una señal de voltaje la corriente eléctrica generada por el fotodetector de semiconductor (6).

3.- El dispositivo (1) de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente un conversor analógico-digital (8) conectado al amplificador de transimpedancia (7) y configurado para digitalizar la señal de voltaje generada en el amplificador de transimpedancia (7).

4.- El dispositivo (1) de la reivindicación 1, en el que el módulo de procesado de señal (5) comprende adicionalmente un microprocesador (9).

5.- El dispositivo (1) de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un módulo de adquisición de datos (10) conectado al módulo medidor de potencia óptica (4) y configurado para tomar y almacenar de manera continua medidas de potencia óptica y resultados, a lo largo del tiempo.

6.- Procedimiento de radiometría para la medida de irradiancia solar, que hace uso del dispositivo (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y que comprende las etapas de:

- obtención de una o más medidas de potencia óptica, P_{0,λ_i} de un haz de luz solar (2) que incide en un extremo de una fibra óptica (3) con un núcleo (11) y una cubierta (12) que lo envuelve, y que definen un cono de aceptancia y un área de superficie expuesta al haz de luz solar (2),

- conversión, mediante un fotodetector de semiconductor (6), de la potencia óptica, P_{0,λ_i} en una corriente eléctrica proporcional a la potencia óptica,

- obtención de una irradiancia solar bruta, $\emptyset_{bruta,\lambda i}$, como un cociente entre la potencia óptica, P_{0,λ_i} y el área de la superficie expuesta del núcleo (11) de la fibra óptica (3), A_{core}, según la ecuación:

$$\emptyset_{bruta,\lambda i} = \frac{P_{0,\lambda_i}}{A_{core}}$$

- cálculo de un factor de corrección, FC_{λ_i} , que se obtiene según la ecuación:

$$\mathrm{FC_{\lambda_i}} = \mathcal{R}(\lambda_\mathrm{i}) \cdot \mathrm{A_{core}} \cdot \frac{\int_{\lambda\mathrm{min}}^{\lambda\mathrm{max}} \mathrm{E}(\lambda) \cdot \mathrm{d}\lambda}{\int_{\lambda\mathrm{min}}^{\lambda\mathrm{max}} \mathrm{E}(\lambda) \cdot \mathrm{e}^{-\alpha(\lambda)\cdot \mathrm{L}} \cdot \mathcal{R}(\lambda) \cdot \mathrm{d}\lambda}$$

siendo $\mathrm{E}(\lambda)$ un patrón de irradiancia espectral correspondiente al haz de luz solar (2), $\mathcal{R}(\lambda)$ una función de responsividad del fotodetector de semiconductor (6), λ_i una longitud de onda seleccionada para la conversión de corriente eléctrica a potencia óptica, $\alpha(\lambda)$ un coeficiente de atenuación por unidad de longitud de la fibra óptica (3), y L la longitud de la fibra óptica (3), y

- obtención de una medida de irradiancia solar, $\emptyset_{medida}$, como un producto entre la irradiancia solar bruta y el factor de corrección, según la ecuación:

$$\emptyset_{medida} = \emptyset_{bruta,\lambda i} \cdot FC_{\lambda_i}$$

DIBUJOS

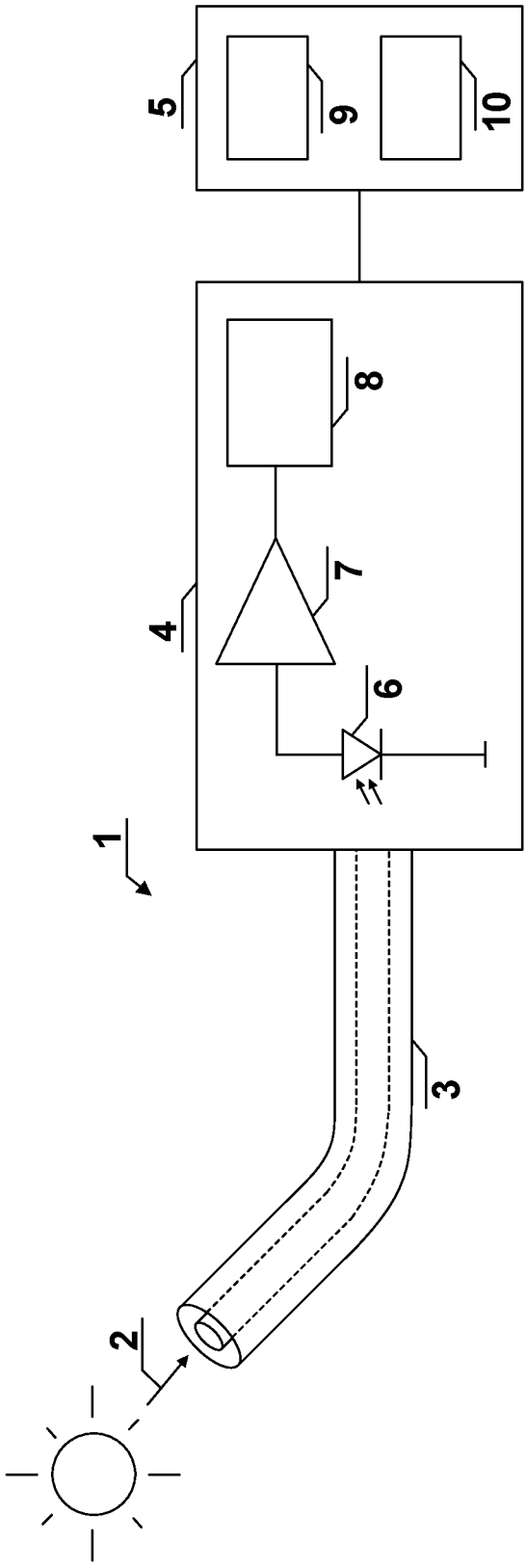

FIG. 1

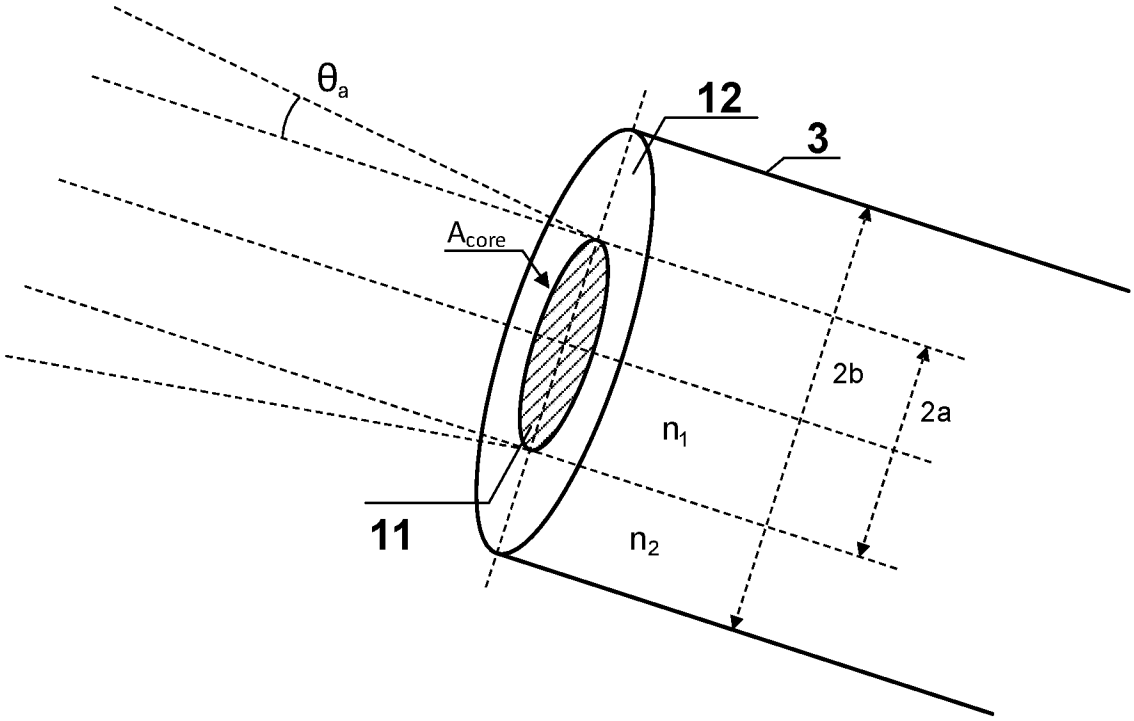

FIG. 2

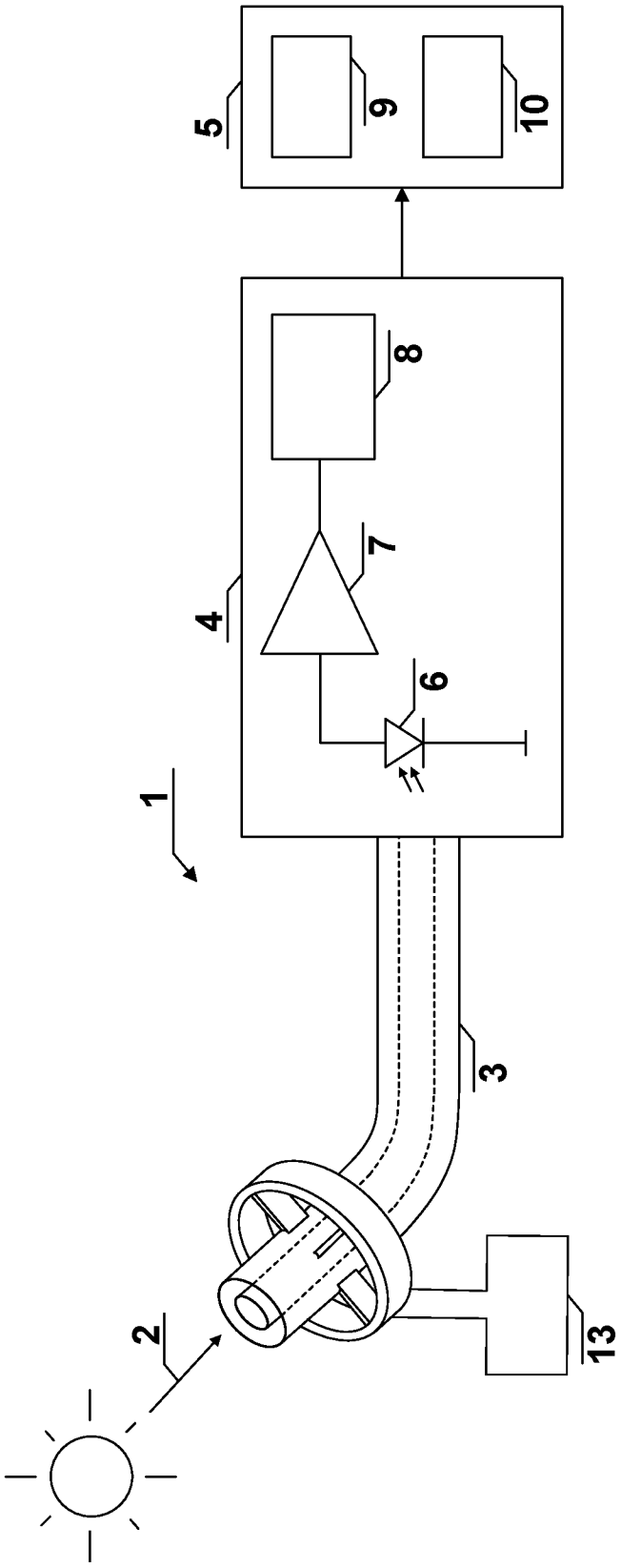

FIG. 3

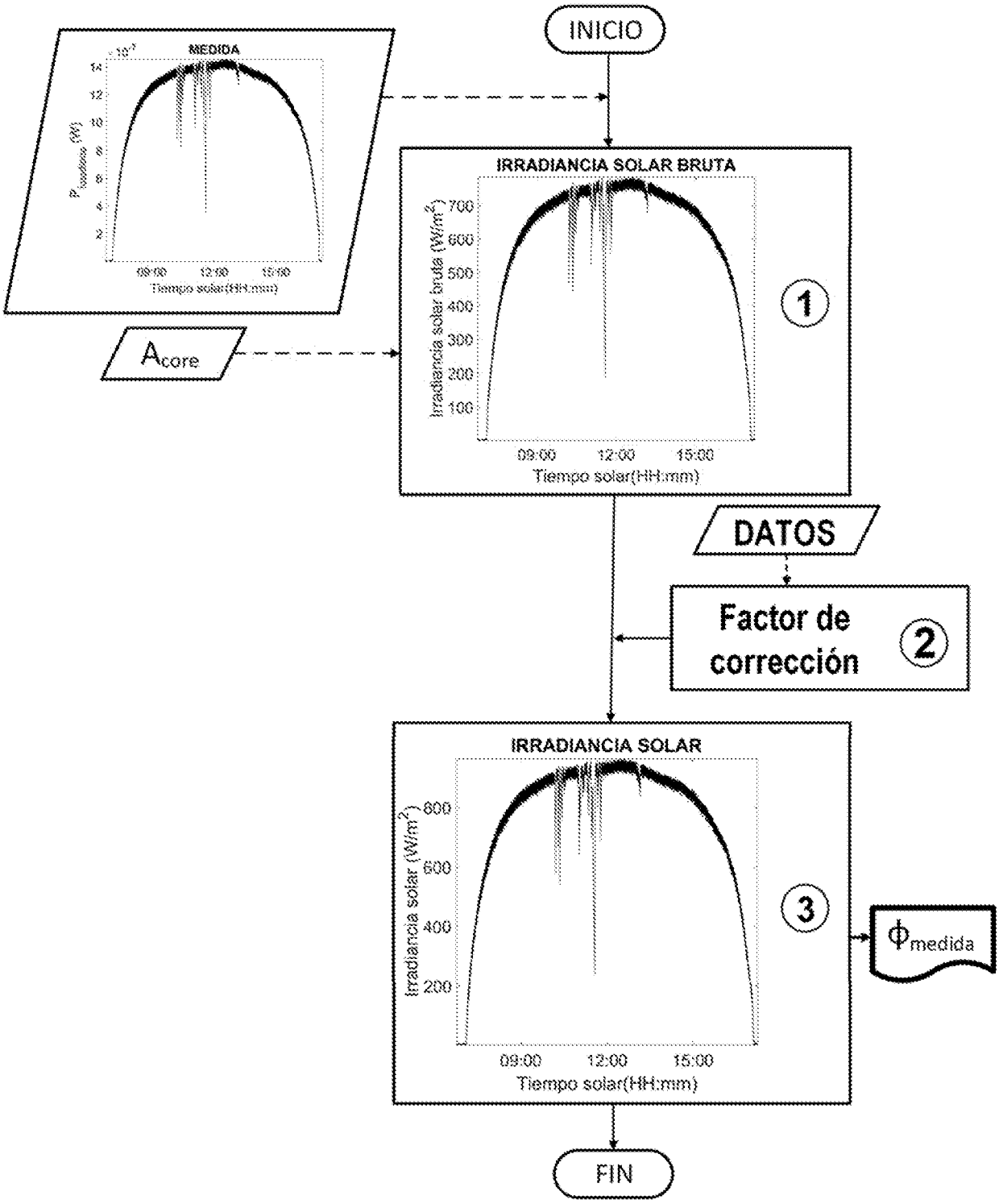
INICIO
MEDIDA
Tiempo solar(HH:mm)
Acore
IRRADIANCIA SOLAR BRUTA
Irradiancia solar bruta (W/m²)
Tiempo solar(HH:mm)
1
DATOS
Factor de corrección
2
IRRADIANCIA SOLAR
Irradiancia solar (W/m²)
Tiempo solar(HH:mm)
3
Φmedida
FIN

FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2021/070482

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)
G01J, F24S

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ES 2579208 A1 (ABENGOA SOLAR NEW TECH SA) 08/08/2016, abstract WPI, abstract EPODOC; figures 5, 6; claims 1, 2, 8, 11;	1-5
Y	page 5 lines 4-17, page 8 line 30-34;	6
Y	US 2016258808 A1 (CEDILNIK GREGOR) 08/09/2016, abstract WPI, abstract EPODOC; figure 1; paragraph 74; claims 22 and 23;	6
A	US 6005249 A (HAYES JR DOUGLASS R ET AL.) 21/12/1999, abstract WPI, abstract EPODOC; figure 1; column 2 lines 55-58, column 5 lines 46-53;	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"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)
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
09/09/2021	**(14/09/2021)**
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 M. Ibáñez Blanco Telephone No. 91 3496835

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2021/070482

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103207016 A (UNIV JILIN) 17/07/2013, The whole document.	1-6
A	US 2015260825 A1 (GOBLE JOS C ET AL.) 17/09/2015, the whole document.	1-6
A	CN 108827462 A (SOUTH CHINA SEA INST OCEANOLOGY CAS) 16/11/2018, the whole document.	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/ES2021/070482

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
ES2579208 A1	08.08.2016	ZA201705258 B	19.12.2018
		MA40705 A1	31.05.2018
		CL2017001752 A1	15.12.2017
		WO2016110606 A1	14.07.2016
US2016258808 A1	08.09.2016	DE102015103139 B3	11.08.2016
		EP3093639 A1	16.11.2016
US6005249 A	21.12.1999	NONE	
CN103207016 A	17.07.2013	CN103207016B B	14.01.2015
US2015260825 A1	17.09.2015	US9689957 B2	27.06.2017
		US2013320189 A1	05.12.2013
		US8878113 B2	04.11.2014
CN108827462 A	16.11.2018	NONE	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2021/070482

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J1/42 (2006.01)
G01J1/56 (2006.01)
F24S50/00 (2018.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2021/070482

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver Hoja Adicional

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)
G01J, F24S

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

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	ES 2579208 A1 (ABENGOA SOLAR NEW TECH SA) 08/08/2016, resumen WPI, resumen EPODOC; figuras 5, 6; reivindicaciones 1, 2, 8, 11;	1-5
Y	página 5 líneas 4-17, página 8 línea 30-34;	6
Y	US 2016258808 A1 (CEDILNIK GREGOR) 08/09/2016, resumen WPI, resumen EPODOC; figura 1; párrafo 74; reivindicaciones 22 y 23;	6
A	US 6005249 A (HAYES JR DOUGLASS R ET AL.) 21/12/1999, resumen WPI, resumen EPODOC; figura 1; columna 2 líneas 55-58, columna 5 líneas 46-53;	1-6

☒ 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:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"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).

"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.

"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.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"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.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
09/09/2021	**14 de septiembre de 2021 (14/09/2021)**
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 M. Ibáñez Blanco Nº de teléfono 91 3496835

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2021/070482

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	CN 103207016 A (UNIV JILIN) 17/07/2013, Todo el documento	1-6
A	US 2015260825 A1 (GOBLE JOS C ET AL.) 17/09/2015, Todo el documento	1-6
A	CN 108827462 A (SOUTH CHINA SEA INST OCEANOLOGY CAS) 16/11/2018, Todo el documento	1-6

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2021/070482

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
ES2579208 A1	08.08.2016	ZA201705258 B	19.12.2018
		MA40705 A1	31.05.2018
		CL2017001752 A1	15.12.2017
		WO2016110606 A1	14.07.2016
US2016258808 A1	08.09.2016	DE102015103139 B3	11.08.2016
		EP3093639 A1	16.11.2016
US6005249 A	21.12.1999	NINGUNO	
CN103207016 A	17.07.2013	CN103207016B B	14.01.2015
US2015260825 A1	17.09.2015	US9689957 B2	27.06.2017
		US2013320189 A1	05.12.2013
		US8878113 B2	04.11.2014
CN108827462 A	16.11.2018	NINGUNO	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2021/070482

CLASIFICACIONES DE INVENCIÓN

G01J1/42 (2006.01)
G01J1/56 (2006.01)
F24S50/00 (2018.01)