

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 029 212**

51 Int. Cl.:

G01J 1/02 (2006.01)

G01J 1/42 (2006.01)

G01J 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2020** E 20216772 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.05.2025** EP 4019916

54 Título: **Piranómetro**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.06.2025

73 Titular/es:

OTT HYDROMET B.V. (100.00%)
Delftechpark 36
2628 XH Delft, NL

72 Inventor/es:

MES, JOOP;
KOREVAAR, MARC ALBERT NIJS;
BABAL, PAVEL;
BERGMANS, THIJS y
WILSON, KEITH

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 3 029 212 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Piranómetro

Campo técnico

5 La presente invención se relaciona con un piranómetro para medir una cantidad de irradiancia, por ejemplo, la cantidad de irradiancia solar.

Antecedentes

Un piranómetro es un instrumento de medición que detecta la cantidad de irradiancia, por ejemplo, la cantidad de irradiancia solar, incidente sobre una superficie.

10 Según el principio de funcionamiento para la medición de irradiancia, los piranómetros se pueden agrupar en dos categorías diferentes, es decir, piranómetros con sensor basado en termopila y piranómetros basados en semiconductor de silicio.

15 En cuanto a los piranómetros con sensor basado en termopila, la irradiancia se mide por un sensor basado en termopilas y diseñado para medir una banda sustancialmente ancha de la densidad del flujo de radiación, desde un ángulo de campo visión de alrededor de 180°. El sensor basado en termopila se dispone por debajo de una cúpula transparente, en particular una cúpula hecha de vidrio, esta última que limita la respuesta espectral desde alrededor de 190 hasta alrededor de 4000 nanómetros, en particular desde alrededor de 300 hasta alrededor de 2800 nanómetros, al tiempo que se conserva sustancialmente el campo de visión de alrededor de 180°. Al mismo tiempo, la cúpula de vidrio tiene la función de proteger el sensor basado en termopila del entorno externo.

20 Los piranómetros se pueden usar junto con otros sistemas, entre otros, simuladores solares, sistemas fotovoltaicos y estaciones meteorológicas. En estos sistemas, la radiación solar medida por el piranómetro se usa para determinar otros parámetros y/o rendimientos del sistema, por ejemplo, la potencia efectiva del módulo fotovoltaico. Por lo tanto, la precisión de medición de un piranómetro es un aspecto más externo de este instrumento de medición. En particular, la precisión de medición del piranómetro es un aspecto incluso más externo en aplicaciones climáticas donde se registran los cambios de piezas de un porcentaje a lo largo de los años.

25 Los piranómetros se pueden caracterizar por su grado de sensibilidad espectral (respuesta espectral), que es la capacidad del piranómetro para detectar la radiación dentro de un cierto rango de espectro de radiación. El espectro de radiación que se mide por un piranómetro se puede ver influenciado por (puede cambiar debido a) muchos factores, entre otros, el ángulo incidente de la radiación (por ejemplo, la radiación solar) (ángulo del sol) y las condiciones atmosféricas, es decir, la presencia de nubes y aerosoles.

30 Con el fin de lograr una alta precisión de medición, la respuesta espectral del piranómetro (sensibilidad a la luz) debería ser, preferiblemente, lo más constante posible para diferentes rangos del espectro de radiación (espectro luminoso). Una clasificación de la respuesta espectral del piranómetro a diferentes espectros de luz se proporciona específicamente por la norma ISO 9060:2018.

35 En particular, con el fin de lograr una respuesta espectral del piranómetro sustancialmente constante, los piranómetros basados en termopila conocidos están dotados con un sensor de termopila recubierto negro y con una cúpula de vidrio. El sensor de termopila recubierto negro es capaz de absorber sustancialmente (casi) toda la radiación (por ejemplo, la radiación solar), obteniendo, de este modo, un espectro sustancialmente plano que oscila desde alrededor de 300 hasta alrededor de 50000 nm. La cúpula de vidrio limita la respuesta espectral desde alrededor de 300 hasta alrededor de 2800 nm, eliminando la parte por encima de alrededor de 2800 nm, al tiempo que conserva sustancialmente el campo de visión de 180°.

40 No obstante, no se puede lograr una respuesta espectral del piranómetro sustancialmente constante en piranómetros que comprenden sensores basados en microtermopila dispuestos en combinación con un difusor.

45 Los sensores basados en microtermopila se caracterizan por un tiempo de respuesta más rápido y por un comportamiento térmico más estable. No obstante, con el fin de lograr el campo de visión requerido, los sensores basados en microtermopila se combinan con un difusor óptico. El difusor es un elemento óptico (difusor óptico) que está configurado para difundir y transmitir la luz incidente sobre el mismo hacia la superficie de recepción del sensor de radiación. El difusor óptico se coloca en la parte superior del sensor basado en microtermopila, para oponerse sustancialmente a la superficie de recepción del sensor basado en microtermopila. Como resultado, la luz externa al piranómetro e incidente sobre el difusor, se puede difundir sobre la superficie de recepción del sensor basado en microtermopila.

50 No obstante, cuando un sensor basado en microtermopila se combina con un difusor óptico, ocurre una variación considerable de la respuesta espectral con la longitud de onda. En otras palabras, una respuesta espectral combinada (combinación de la respuesta espectral del sensor basado en termopila y las respuestas espectrales del difusor), varía sustancialmente con la longitud de onda del espectro pertinente.

Como resultado, la precisión de medición de los piranómetros dotados con difusores ópticos se ve afectada negativamente.

Por consiguiente, existe la necesidad de mejorar la precisión de medición de los piranómetros dotados con difusores ópticos.

- 5 El documento JP 2009 162508 A describe un actinómetro que incluye un sensor para detectar la intensidad de la luz incidente, una placa de difusión óptica que está superpuesta sobre el sensor y un filtro óptico dispuesto entre la placa de difusión óptica y el sensor. El sensor es un sensor de semiconductor de tipo multiunión, en donde una pluralidad de celdas que tienen cada una mutuamente una característica de sensibilidad espectral diferente, se laminan en la dirección del espesor de la película.
- 10 El documento EP 3 480 570 A1 describe un piranómetro que comprende un sensor de luz, una primera lente dispuesta para mirar hacia la superficie de recepción de luz del sensor de luz y un anillo de protección de luz dispuesto entre el sensor de luz y la primera lente, el anillo de protección de luz que tiene una región transmisiva de luz que permite la transmisión de luz en algunos ángulos de incidencia de la luz que pasa a través de la primera lente.
- 15 El documento US 2020/256729A1 describe un método y un sistema de medición óptica. El sistema incluye, y el método aplica, una fuente de luz, un divisor de haz, al menos un filtro, un fotodetector de salida para adquirir datos de una muestra y un fotodetector de corrección para corregir y mantener la intensidad de salida de la fuente de luz. El filtro se sitúa entre la fuente de luz y el fotodetector de corrección para normalizar el espectro de la luz de entrada que se aplica a la corrección de la luz de entrada. El filtro se puede incorporar en el divisor de haz y se puede ajustar para filtrar la luz de la fuente de luz para proporcionar una transmisión de luz no nula con un gradiente cercano a cero para longitudes de onda en una parte del espectro de la luz de entrada que se aplica a la muestra y leída por el fotodetector de salida.

20 El documento US 3 876 880 A describe un piranómetro que sirve para medir la radiación total del espectro solar, dotado con un sistema de refrigeración interno que se pretende que proporcione compensación para la deriva de los filtros.

Compendio

Un objetivo de la presente invención es mejorar la precisión de medición de un piranómetro.

Los objetivos anteriores se resuelven mediante los rasgos de la reivindicación independiente, en donde las realizaciones particulares son objeto de las reivindicaciones dependientes.

30 Según un aspecto, se proporciona un piranómetro que comprende una cúpula; un sensor basado en termopila que comprende una superficie de recepción; un difusor configurado para difundir radiación externa al piranómetro y que pasa a través de la cúpula, hacia la superficie de recepción del sensor basado en termopila; y al menos un filtro óptico dispuesto en una trayectoria óptica de la radiación enfrente de la superficie de recepción del sensor basado en termopila para modificar la composición espectral de la radiación medida por el sensor basado en termopila.

35 Específicamente, un filtro óptico dispuesto en la trayectoria óptica de la radiación, particularmente enfrente de la superficie de recepción del sensor basado en termopila, permite modificar la composición espectral de la radiación que pasa a través de la cúpula y/o el difusor y que se mide por el sensor basado en termopila. En particular, la radiación incidente sobre la cúpula y/o el difusor puede ser radiación solar. Como resultado, se puede obtener una respuesta sustancialmente plana espectralmente. En otras palabras, el piranómetro tiene una respuesta espectral sustancialmente invariable. En particular, la respuesta espectral del piranómetro no se ve afectada por la variación causada por la inclusión de un difusor óptico en la trayectoria óptica y/o por la selectividad espectral del sensor basado en termopila. Además, en particular, el filtro óptico también proporciona (al menos parcialmente) compensación de las pérdidas de Fresnel de la cúpula.

40 Además, en ausencia de un filtro óptico dispuesto como se describió anteriormente, la salida medida del piranómetro dependerá de los niveles de irradiancia, así como de los cambios en el espectro de irradiancia resultantes de los cambios en el ángulo cenital solar (ángulo del sol) y las condiciones atmosféricas, por ejemplo, la presencia de nubes. Específicamente, un filtro óptico según lo anterior permite que la respuesta del piranómetro sea sustancialmente invariable bajo condiciones espectrales específicamente diferentes, en particular condiciones atmosféricas tales como viento, temperatura, lluvia, etc. En otras palabras, la presente descripción proporciona un piranómetro basado en termopila que tiene una respuesta espectral invariable. En particular, la respuesta espectral puede ser invariable bajo diferentes condiciones solares y/o atmosféricas (hora del día, ángulo del sol, cielo despejado o nublado, nivel de suciedad en la cúpula del piranómetro, etc.), que influyen en el espectro de la irradiancia solar. Más específicamente, se mejora la precisión de medición del piranómetro.

45 Además, en ausencia de un filtro óptico dispuesto como se describió anteriormente, la salida medida del piranómetro dependerá de los niveles de irradiancia, así como de los cambios en el espectro de irradiancia resultantes de los cambios en el ángulo cenital solar (ángulo del sol) y las condiciones atmosféricas, por ejemplo, la presencia de nubes. Específicamente, un filtro óptico según lo anterior permite que la respuesta del piranómetro sea sustancialmente invariable bajo condiciones espectrales específicamente diferentes, en particular condiciones atmosféricas tales como viento, temperatura, lluvia, etc. En otras palabras, la presente descripción proporciona un piranómetro basado en termopila que tiene una respuesta espectral invariable. En particular, la respuesta espectral puede ser invariable bajo diferentes condiciones solares y/o atmosféricas (hora del día, ángulo del sol, cielo despejado o nublado, nivel de suciedad en la cúpula del piranómetro, etc.), que influyen en el espectro de la irradiancia solar. Más específicamente, se mejora la precisión de medición del piranómetro.

50 En particular, el al menos un filtro óptico compensa, al menos parcialmente, la selectividad espectral del sensor basado en termopila y/o del difusor, y/o de la cúpula (es decir, del sensor basado en termopila, del difusor o de la cúpula; o del sensor basado en termopila y del difusor combinados, y/o de la cúpula).

ES 3 029 212 T3

- 5 Específicamente, un filtro óptico que compensa, al menos parcialmente, la selectividad espectral del sensor basado en termopila y/o del difusor permite que el piranómetro sea sustancialmente invariable a las condiciones atmosféricas cambiantes, en donde esto último da como resultado cambios en la composición espectral de la radiación entrante, en particular cambios en la composición espectral de la radiación solar entrante. Por consiguiente, se mejora la precisión de medición del piranómetro.
- 10 En particular, el al menos un filtro óptico modifica la composición espectral de la radiación (radiación solar) medida por el sensor basado en termopila, de manera que la selectividad espectral, basada en una absorbancia espectral y una transmitancia espectral del sensor basado en termopila, y/o del difusor, y/o de la cúpula, tenga una desviación porcentual máxima de alrededor de $\pm 3\%$ con respecto a un valor medio, en un rango de longitudes de onda del espectro de radiación solar que oscila desde alrededor de 350 nm hasta alrededor de 1500 nm.
- Específicamente, el filtro óptico que tiene la configuración anterior hace espectralmente plana la respuesta del piranómetro, particularmente dentro de una desviación porcentual máxima con respecto a un valor medio. Por consiguiente, se mejora la precisión de medición del piranómetro.
- 15 Más en particular, el al menos un filtro óptico se puede configurar de manera que una transmitancia del al menos un filtro óptico sea mayor para una longitud de onda espectral menor que alrededor de 400 nm que la transmitancia del al menos un filtro óptico para una longitud de onda espectral mayor que alrededor de 700 nm.
- 20 Específicamente, el filtro óptico que tiene la configuración anterior hace que la respuesta del piranómetro sea sustancialmente espectralmente plana (o al menos más plana), en particular compensando al menos las características espectrales del difusor y/o del sensor basado en termopila. Por consiguiente, se mejora la precisión de medición del piranómetro.
- Más en particular, el al menos un filtro óptico comprende una o más capas, cada capa que está configurada para tener características de refracción, transmisión, absorción y/o reflexión diferentes para un valor o rango de longitudes de onda de radiación (radiación solar) especificada dado.
- 25 Específicamente, el filtro óptico que tiene la configuración anterior hace que la respuesta del piranómetro sea sustancialmente espectralmente plana, en particular compensando las características espectrales del difusor y/o del sensor basado en termopila. Por consiguiente, se mejora la precisión de medición del piranómetro.
- En particular, el al menos un filtro óptico se puede disponer en la trayectoria óptica entre el difusor y la superficie de recepción del sensor basado en termopila.
- 30 Más en particular, el al menos un filtro óptico se puede disponer para mirar sustancialmente hacia la superficie de recepción del sensor basado en termopila, en particular en donde el al menos un filtro óptico se puede disponer para mirar sustancialmente hacia una superficie de recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila.
- Más en particular, el al menos un filtro óptico está incrustado en un material del recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila.
- 35 Más en particular, el sensor basado en termopila se puede situar, al menos parcialmente, en un alojamiento, y en donde el al menos un filtro óptico se puede disponer para cubrir sustancialmente una ventana del alojamiento.
- Más en particular, el al menos un filtro óptico se puede disponer para cubrir, al menos parcialmente, una superficie externa del difusor.
- Más en particular, el al menos un filtro óptico se puede disponer en una parte interna del difusor.
- 40 Más en particular, el al menos un filtro óptico se puede disponer para cubrir, al menos parcialmente, la superficie interna y/o la superficie externa de la cúpula.
- Más en particular, el al menos un filtro óptico puede comprender una o más capas metálicas dieléctricas depositadas al vacío.
- Más en particular, el al menos un filtro óptico es un filtro de interferencia de transmisión.
- 45 Más en particular, el piranómetro puede comprender además al menos un colimador configurado para colimar la radiación (radiación solar) que incide sobre la superficie de recepción del sensor basado en termopila.
- Específicamente, un colimador configurado para colimar la radiación (radiación solar) que incide sobre la superficie de recepción del sensor basado en termopila permite modificar la trayectoria óptica seguida por la radiación (radiación solar) en el piranómetro. Específicamente, se optimiza la transmisión de la radiación (radiación solar).
- 50 Más en particular, la distancia de una trayectoria óptica entre el difusor y el sensor basado en termopila se puede establecer de manera que la radiación (radiación solar) difundida por el difusor sobre la superficie de recepción del sensor basado en termopila tenga una forma sustancialmente de cono.

Compendio de los dibujos

Estos y otros objetivos, rasgos y ventajas de la presente invención llegarán a ser más evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada y los dibujos que se acompañan. Se debería entender que aunque las realizaciones se describen por separado, los rasgos individuales de las mismas se pueden combinar con realizaciones adicionales.

- 5
- La Fig. 1 es una vista axonométrica del piranómetro según un aspecto de la presente invención;
- La Fig. 2 es una vista axonométrica de despiece de una parte del piranómetro ilustrado en la Fig. 1;
- La Fig. 3 es una vista en planta del piranómetro según la presente invención;
- La Fig. 4 es una vista en sección transversal del piranómetro mostrado en la Fig. 3;
- 10 Las Figs. 5 a 8 son vistas laterales en sección transversal de diferentes disposiciones del filtro óptico según la presente invención;
- La Fig. 9 es un diagrama que ilustra la selectividad espectral del difusor óptico; y
- La Fig. 10 es un diagrama que ilustra la selectividad espectral del filtro.
- 15 Con referencia a las figuras anteriores, el piranómetro según la presente invención se indica en su totalidad con el número de referencia 100.
- Con referencia a las Figs. 1 y 5 a 8, el piranómetro según la presente descripción se indica en su totalidad con el número de referencia 100. El piranómetro 100 comprende una cúpula 1. La cúpula 1 puede ser una cúpula exterior del piranómetro 100. En otras palabras, cuando se monta sobre el piranómetro 100, la cúpula 1 puede formar la cúpula 1 más exterior del piranómetro 100. Si la cúpula 1 es una cúpula 1 transparente exterior del piranómetro 100, una superficie exterior 11 de la cúpula 1 mira sustancialmente hacia un entorno 13 externo al piranómetro 100. Por el contrario, una superficie interior 12 de la cúpula 1 encierra sustancialmente una cavidad 10. En particular, la cavidad 10 es una cavidad de aire debajo de la cúpula 1. De este modo, la superficie interior 12 de la cúpula 1 mira sustancialmente hacia la cavidad 10. La cavidad 10 corresponde sustancialmente al espacio que encierra la cavidad 10. Preferiblemente, la cavidad 10 puede tener una forma sustancialmente hemisférica e incluye una abertura inferior 14 que tiene una forma sustancialmente circular.
- 20
- La cúpula 1 puede comprender un borde 15. El borde 15 puede ser un borde perimétrico que forma sustancialmente el reborde de la cúpula 1. El borde 15 puede tener preferiblemente una superficie con forma sustancialmente anular. En particular, una diferencia entre el radio externo, es decir, el radio de la superficie exterior 11, y el radio interno, es decir, el radio de la superficie interior 12, corresponde sustancialmente al espesor de la cúpula 1.
- 25
- La cúpula 1 es al menos parcialmente transparente a la radiación (por ejemplo, la luz solar). En particular, la radiación puede ser radiación solar. En particular, la cúpula 1 está configurada para limitar la respuesta espectral desde alrededor de 190 hasta alrededor de 4000 nanómetros (nm), preferiblemente desde alrededor de 300 hasta alrededor de 2800 nanómetros (nm), al tiempo que se conserva sustancialmente en particular el campo de visión de 180°. La transparencia de la cúpula 1 puede ser en particular de manera que al menos alrededor del 60%, más particularmente al menos el 70%, de la radiación incidente (por ejemplo, radiación o luz solar) en el rango espectral pertinente pueda pasar a través de la misma. En otras palabras, la cúpula 1 está configurada para permitir que al menos una parte del espectro de radiación se transmita desde el entorno exterior 13, a través de la superficie exterior 11, a través del material que forma la cúpula 1 y a través de la superficie interior 12 hacia la cavidad 10. En la cavidad 10, la radiación se puede medir, como se describirá con más detalle en lo sucesivo.
- 30
- La cúpula 1 puede estar hecha de cualquier material adecuado, al menos parcialmente transparente, que permita la transmisión de una radiación (en particular, radiación o luz solar) a través de la misma. En particular, la cúpula 1 puede estar hecha de cualquier material que tiene tales características físicas/químicas para proteger físicamente la superficie de medición del piranómetro 100, pero que al mismo tiempo sea transparente a (la mayor parte de) la luz (al menos parcialmente transparente para un espectro de radiación (por ejemplo, la radiación solar) que se pretende que detecte el piranómetro 100). Por ejemplo, la cúpula 1 puede estar hecha de vidrio, cuarzo o zafiro. Alternativamente, la cúpula 1 puede estar hecha de un material polimérico termoplástico transparente, es decir, poli(metacrilato de metilo) (PMMA), también conocido como acrílico, vidrio acrílico o plexiglás.
- 35
- 40
- 45
- Haciendo referencia a las Figs. 1 a 8, el piranómetro 100 comprende un alojamiento de piranómetro 6. El alojamiento de piranómetro 6 puede ser, o puede comprender, un contenedor configurado para contener los componentes del piranómetro 100, por ejemplo, un sensor basado en termopila 2, un difusor 3, un filtro óptico 4 y/o una unidad de control 5. Estos componentes, así como sus funciones, se describirán con más detalle en lo sucesivo. El alojamiento de piranómetro 6 puede estar dotado con uno o más pies de nivelación 61 para soportar el alojamiento de piranómetro 6 sobre una superficie de soporte S. El pie o pies de nivelación 61 también permiten que el alojamiento de piranómetro 6 se nivele sobre la superficie de soporte S.
- 50

5 Como se muestra en las Figs. 1 a 4, el alojamiento de piranómetro 6 puede comprender una primera parte 62 (exterior) y una segunda parte 63 (interior). La primera parte 62 puede ser una parte de cubierta exterior dispuesta para cubrir y, de este modo, proteger la segunda parte 63 del entorno 13 externo al piranómetro 100. En particular, la primera parte 62 se puede configurar para encerrar, al menos parcialmente, la segunda parte 63. La primera parte 62 puede ser una pantalla solar conectada de manera extraíble mediante uno o más clips a la segunda parte 63.

Como se muestra en la Fig. 2, la segunda parte 63 puede estar configurada para soportar el sensor basado en termopila 2, un difusor 3 y/o un filtro óptico 4. En particular, la segunda parte 63 puede comprender una placa de soporte 64 que está configurada para soportar el sensor basado en termopila 2.

10 El sensor basado en termopila 2 puede estar conectado, directa o indirectamente, a la placa de soporte 64. A su vez, la placa de soporte 64 puede estar acoplada, directa o indirectamente, a la segunda parte 63 para encerrar entre las mismas el sensor basado en termopila 2. Específicamente, el sensor basado en termopila 2 se puede situar en una cavidad rodeado por la segunda parte 63 del alojamiento 6 y la placa de soporte 64.

15 Una superficie superior de la primera parte 62 también puede estar acoplada, directa o indirectamente, de manera extraíble al borde 15 de la cúpula 1, de manera que la cúpula 1 se pueda conectar al alojamiento 6, como se muestra en las Figs. 1 y 5 a 8.

20 Como se muestra en las Figs. 2, 4, 5 a 8, el piranómetro 100 comprende el sensor basado en termopila 2. El sensor basado en termopila 2 es un sensor de medición configurado para medir la radiación que incide sobre el piranómetro 100. En particular, la radiación que incide sobre el piranómetro 100 puede ser radiación solar. El sensor basado en termopila 2 puede estar basado en termopilas, en particular adecuadas para medir la banda ancha de la densidad de flujo de radiación, específicamente desde un ángulo de campo de visión de sustancialmente 180°. Una termopila es específicamente un dispositivo electrónico que convierte la energía térmica en energía eléctrica y comprende varios termopares conectados en serie o en paralelo. La termopila funciona bajo el principio del efecto termoeléctrico de generación de un voltaje cuando sus metales o termopares diferentes se exponen a una diferencia de temperatura. Los termopares operan midiendo el diferencial de temperatura desde su punto de unión hasta el punto en el que se mide el voltaje de salida del termopar. Cuando un circuito cerrado está compuesto por más de un metal y existe una diferencia de temperatura entre las uniones y los puntos de transición de un metal a otro, se produce una corriente que se genera por una diferencia de potencial entre las uniones que están a diferentes temperaturas. En otras palabras, el piranómetro 100 de la presente descripción es en particular un piranómetro de termopila (al que también se hace referencia como piranómetro termoeléctrico).

30 Específicamente, el piranómetro de termopila 100 detecta en particular luz desde alrededor de 300 hasta alrededor de 2800 nm con una sensibilidad espectral en gran medida plana. Específicamente, el sensor basado en termopila 2 comprende un recubrimiento negro que absorbe (particularmente toda) la radiación (por ejemplo, la radiación solar o la radiación solar modificada, por ejemplo, modificada en su composición espectral por los elementos ópticos enfrente de él, tales como la cúpula 1 y/o el difusor 3) que incide sobre el mismo. Las uniones activas (calientes) de los termopares se sitúan debajo de (o en correspondencia con o adyacentes a) la superficie del recubrimiento negro y se calientan por la radiación absorbida desde el recubrimiento negro. Las uniones pasivas (frías) de los termopares están (particularmente completamente) protegidas de la radiación y en contacto térmico con el alojamiento de piranómetro 6, que sirve en particular como disipador de calor. En particular, las uniones pasivas (frías) de los termopares están en contacto con un alojamiento de termopila 23, que puede estar en contacto térmico con el alojamiento de piranómetro 6, para disipar sustancialmente el calor hacia o a través del alojamiento de piranómetro 6. Esto reduce o previene específicamente cualquier alteración por amarilleamiento o deterioro cuando se mide la temperatura a la sombra, dificultando de este modo la medición de la irradiancia solar por el piranómetro 100.

35 En particular, el sensor basado en termopila 2 puede ser un sensor basado en microtermopila. En particular, la termopila puede estar situada en un alojamiento de TO (contorno de transistor) que tiene un diámetro en el rango de alrededor de 1 mm a alrededor de 10 mm o menor que alrededor de 10 mm. En particular, el alojamiento de TO y/o el componente o componentes activos del sensor basado en termopila 2 pueden estar micromecanizados.

40 Como se muestra en las Figs. 2 y 7, el sensor basado en termopila 2 comprende una superficie de recepción 22 y una segunda superficie 21 opuesta (inferior). La superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 puede comprender, o puede corresponder a, la superficie de recubrimiento negro. La segunda superficie 21 mira sustancialmente hacia la placa de soporte 64. En particular, la segunda superficie 21 puede estar en contacto, directa o indirectamente, con la placa de soporte 64, de manera que el sensor basado en termopila 2 esté soportado, directa o indirectamente, por la placa de soporte 64.

45 La superficie de recepción 22 está configurada para recibir sustancialmente la radiación que incide sobre el piranómetro 100. En particular, la radiación que incide sobre el piranómetro 100 puede ser radiación solar. En particular, la radiación solar que incide sobre el piranómetro 100 se transmite, al menos parcialmente, a través de la cúpula 1 y se difunde sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2, por medio del difusor 3. Por lo tanto, el difusor 3 está dispuesto específicamente para difundir la radiación que pasa a través de la cúpula 1, sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. En particular, el sensor basado en termopila 2 y el difusor 3 se pueden apilar uno en la parte superior del otro.

Como se muestra en la Fig. 2, el sensor basado en termopila 2 puede estar situado en un alojamiento 23 dotado con una ventana 22a. El alojamiento 23 puede tener o definir una cavidad configurada para contener integralmente, al menos parcialmente, el sensor basado en termopila 2. La ventana 22a del alojamiento 23 puede estar dispuesta para mirar sustancialmente hacia la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 en un lado inferior. En particular, un hueco puede estar presente entre la superficie de recepción 22 y la ventana 22a con el fin de evitar en particular una fuga térmica, que puede degradar el rendimiento del sensor. La ventana 22a del alojamiento 23 puede estar dispuesta para mirar sustancialmente hacia una segunda superficie (inferior) 32 del difusor 3 en el lado superior. En particular, un hueco puede estar presente entre la segunda superficie (inferior) 32 del difusor 3 y la ventana 22a. En otras palabras, la ventana 22a del alojamiento 23 puede estar dispuesta sustancialmente entre, pero no estar en contacto con, la segunda superficie (inferior) 32 del difusor 3, y la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. La ventana 22a del alojamiento 23 es, al menos parcialmente, transparente a la radiación (luz). En particular, la ventana 22a del alojamiento 23 puede tener una transparencia de manera que al menos alrededor del 60 %, más particularmente al menos alrededor del 70 % de la radiación incidente (luz) en el rango espectral pertinente pueda pasar a través de la misma. Por consiguiente, la ventana 22a del alojamiento 23 también puede ser parte de una trayectoria óptica de la radiación que se describirá en detalle en lo sucesivo.

Como se muestra en las Figs. 1 a 8, el piranómetro 100 comprende el difusor 3. El difusor 3 está configurado para difundir la radiación (por ejemplo, radiación o luz solar) externa al piranómetro 100, y que pasa a través de la cúpula 1, hacia la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Por consiguiente, la radiación que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 se puede medir por el sensor basado en termopila 2.

El difusor 3 es un elemento óptico que tiene una primera superficie incidente 31, o superior, que mira sustancialmente hacia la cavidad 10 de la cúpula 1, en particular cuando el difusor 3 está montado sobre el piranómetro 100. En otras palabras, el difusor 3 está dispuesto de manera que la superficie incidente 31 mire sustancialmente hacia la superficie interior 12 de la cúpula 1, en cavidad 10. En particular, el difusor 3 se puede situar en una abertura pasante 65 proporcionada en la segunda parte 63 del alojamiento de piranómetro 6, de manera que la superficie incidente 31 del difusor 3 mire sustancialmente hacia la superficie interior 12 de la cúpula 1. El difusor 3 comprende una segunda superficie (inferior) 32 que es sustancialmente opuesta a la primera superficie incidente 31, o superior, y al menos una superficie lateral 33. La segunda superficie 32 es sustancialmente opuesta a la superficie incidente 31 y mira sustancialmente hacia la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2, cuando el difusor 3 está montado sobre el piranómetro 100. En otras palabras, el difusor 3 está dispuesto de manera que la segunda superficie inferior 32 mire sustancialmente hacia la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. La superficie incidente 31 puede ser una superficie conformada circularmente plana, superficie conformada cónicamente, una superficie convexa, una superficie cóncava o una superficie cónica invertida. En particular, el difusor 3 puede ser axisimétrico, es decir, simétrico alrededor de un eje longitudinal X3 del difusor 3. En otras palabras, el difusor 3 puede ser un cuerpo simétrico rotacionalmente que tiene un eje longitudinal X3. Por ejemplo, el difusor 3 puede tener una superficie lateral 33 conformada sustancialmente cilíndricamente y/o comprender una primera superficie incidente 31, o superior, conformada cónicamente.

Como se muestra en las Figs. 2, 4 a 8, el difusor 3 puede estar dispuesto de manera que la segunda superficie 32 mire sustancialmente hacia la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2, mientras que la superficie incidente 31 mira sustancialmente hacia la superficie interna 12 de la cúpula 1.

Por consiguiente, la radiación o luz (o radiación solar) externa a la cúpula 1 entra en la cavidad 10 a través de la cúpula 1. En la cavidad 10, la radiación o luz incide sobre la superficie incidente 31 del difusor 3 y se transmite, al menos parcialmente, a través del difusor 3 hacia el sensor basado en termopila 2, en particular la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2, como se muestra en la Fig. 4. De este modo, la radiación o luz (por ejemplo, la radiación solar) que alcanza el sensor basado en termopila 2 se puede medir por este último.

El difusor 3 puede comprender o estar hecho de cualquier material que permita que la luz incidente sobre el mismo se difunda y transmita a través del difusor 3. Por ejemplo, el difusor 3 puede comprender, o estar hecho de, un material, al menos parcialmente, poroso, tal como cuarzo de burbuja.

Como se muestra en la Fig. 4, el piranómetro 100 puede comprender al menos una unidad de control 5. La unidad de control 5 puede estar conectada operativamente al sensor basado en termopila 2. La unidad de control 5 puede ser un controlador, preferiblemente un microcontrolador. La unidad de control 5 se puede situar en un alojamiento de piranómetro 6.

En particular, la unidad de control 5 puede estar configurada para modificar la salida de radiación (salida de radiación solar) medida por el sensor basado en termopila 2, en base a un factor de corrección. En otras palabras, la unidad de control 5 puede estar configurada para realizar una corrección de posprocesamiento de la radiación medida por el sensor basado en termopila 2. Específicamente, modificando una salida de radiación medida por el sensor basado en termopila 2, en base a un factor de corrección, se puede realizar una corrección de posprocesamiento. Por consiguiente, se puede lograr una medición de irradiancia más precisa.

Con referencia a las Figs. 2, 4, 5 a 8, el piranómetro 100 comprende además al menos un filtro óptico 4. En particular, el filtro óptico 4 puede ser un filtro óptico de radiación solar.

5 El filtro óptico 4 está dispuesto en la trayectoria óptica de la radiación, en particular enfrente de la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. La trayectoria óptica es una trayectoria seguida por la radiación (radiación solar) al tiempo que pasa a través de los componentes del piranómetro y antes de que se incida sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Como resultado, la radiación que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 se puede filtrar por el filtro óptico 4. Específicamente, la composición espectral de la radiación que incide sobre, o se mide por, el sensor basado en termopila 2 se modifica por el filtro óptico 4.

10 La trayectoria óptica seguida por la radiación (radiación solar) puede comprender (comenzando del entorno 13 externo al piranómetro 100): la superficie exterior 11 de la cúpula 1, el material interior de la cúpula 1, la superficie interior 12 de la cúpula 1, la cavidad 10, la superficie incidente 31 del difusor 3, el material interior del difusor 2, la segunda superficie inferior 32 del difusor 3, la ventana 22a del alojamiento 23 y/o la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. En otras palabras, la radiación externa al piranómetro 100, en particular la radiación solar, y que incide sobre el piranómetro 100, puede pasar a través de los elementos y/o superficies mencionados anteriormente, antes de que llegue a la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2.

15 En particular, la "composición espectral" de la radiación se refiere a la composición energética de la radiación solar en un rango o rangos de frecuencia o frecuencias (o rango o rangos de longitud o longitudes de onda) de la radiación electromagnética solar (luz solar). En particular, modificar la composición espectral de la radiación se refiere a modificar la densidad de flujo de radiación solar en un rango o rangos de frecuencia o frecuencias (o rango o rangos de longitud o longitudes de onda) de la radiación solar, antes de que esta última incida sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2.

20 El filtro óptico 4 puede estar configurado para compensar, al menos parcialmente, la selectividad espectral del sensor basado en termopila 2, y/o del difusor 3 y/o de la cúpula 1. En otras palabras, el sensor basado en termopila 2 y/o el difusor 3 pueden tener una selectividad espectral o propiedad de transmisión espectral que varía con la longitud de onda del espectro de radiación (solar), como se muestra en la Fig. 9 con respecto al difusor 3. Por ejemplo, el sensor basado en termopila 2 y/o el difusor 3 pueden exhibir una mayor propiedad de transmisión (transmitancia total) para la radiación solar dentro de un cierto rango de longitudes de onda del espectro de radiación solar, y una propiedad de transmisión diferente (transmitancia total), particularmente baja, para la radiación solar dentro de un rango de longitudes de onda diferente del espectro de radiación solar. En otras palabras, la propiedad de transmisión del sensor basado en termopila 2, del difusor 3 y/o de la cúpula 1, y/o de una combinación de los mismos (una selectividad espectral combinada o propiedad de transmisión espectral del difusor 3, del sensor basado en termopila 2 y/o de la cúpula 1) no es sustancialmente constante dentro de un rango de longitudes de onda pertinente del espectro de radiación solar. De este modo, con el fin de lograr una respuesta espectralmente más plana o sustancialmente una respuesta espectralmente plana, el filtro óptico 4 puede estar configurado para compensar, al menos parcialmente, la selectividad espectral del sensor basado en termopila 2 y/o del difusor 3. En otras palabras, el filtro óptico 4 puede estar configurado para tener una selectividad espectral o propiedad de transmisión espectral que es sustancialmente opuesta o complementaria a la selectividad espectral o propiedad de transmisión espectral del sensor basado en termopila 2 y/o del difusor 3, en particular dentro de un rango o rangos de longitudes de onda especificados (predeterminados o predeterminables). Más en particular, la selectividad espectral o propiedad de transmisión espectral puede estar en un rango de longitudes de onda del espectro de radiación solar que oscila desde alrededor de 350 nm hasta alrededor de 1500 nm. Específicamente, el filtro óptico 4 compensa, al menos parcialmente, la selectividad espectral mediante una combinación tanto del sensor basado en termopila 2 como del difusor 3.

45 En particular, el filtro óptico 4 está configurado para modificar (corregir) la composición espectral de la radiación solar medida por el sensor basado en termopila 2, de manera que la selectividad espectral basada en la absorbancia espectral y la transmitancia espectral del sensor basado en termopila 2 y el difusor 3, tenga una desviación porcentual máxima de alrededor de ± 3 % con respecto a un valor medio en un rango de longitudes de onda del espectro de radiación que oscila desde alrededor de 350 nm hasta alrededor de 1500 nm, en particular según se requiere por la norma ISO 9060:2018.

50 Más en particular, la selectividad espectral (o propiedad de transmisión espectral) es proporcional en particular al producto de la absorbancia espectral y la transmitancia espectral del sensor basado en termopila 2 y del difusor 3, y de la cúpula 1, específicamente de una combinación tanto del sensor basado en termopila 2 como del difusor 3. En otras palabras, la selectividad o propiedad espectral de la combinación del sensor basado en termopila 2 y del difusor 3 no debería exceder en alrededor de ± 3 % de un valor medio en el rango de longitudes de onda del espectro de radiación (espectro de radiación solar), que oscila desde alrededor de 350 nm hasta alrededor de 1500 nm.

60 Por consiguiente, colocando el filtro óptico 4 en la trayectoria óptica de la radiación (radiación solar) y que está configurado para modificar la composición espectral de la radiación medida por el sensor basado en termopila 2 para compensar, al menos parcialmente, la selectividad espectral del sensor basado en termopila 2, del difusor 3 o del

sensor basado en termopila 2 y difusor 3 combinados, es posible lograr la desviación porcentual máxima mencionada anteriormente de alrededor de $\pm 3\%$ de un valor medio en un rango de longitudes de onda del espectro de radiación que oscila desde alrededor de 350 nm hasta alrededor de 1500 nm.

5 Más específicamente, colocando el filtro óptico 4 en la trayectoria óptica de la radiación (por ejemplo, radiación solar) y que está configurado para modificar la composición espectral de la radiación medida por el sensor basado en termopila 2, es posible lograr un error espectral que es menor que el 0,5 % para los espectros estándar y que, en particular, da como resultado una restricción sobre todo el rango entre alrededor 280 nm a alrededor de 3500 nm.

10 En particular, como se muestra en la Fig. 10, el filtro óptico 4 puede estar configurado de manera que la transmitancia (total) del filtro óptico 4 sea mayor para una longitud de onda espectral menor que alrededor de 400 nm que la transmitancia (total) del filtro óptico 4 para una longitud de onda espectral mayor que alrededor de 700 nm. En otras palabras, el filtro óptico 4 puede estar configurado para transmitir en gran medida radiación (por ejemplo, radiación solar) que tiene una longitud de onda espectral menor que alrededor de 400 nm (luz UV), al tiempo que transmitir ligeramente radiación que tiene una longitud de onda espectral mayor que alrededor de 700 nm (luz IR), como se muestra en la Fig. 10.

15 Específicamente, como se muestra en la Fig. 10, el filtro óptico 4 está configurado para sobre todo suprimir, o al menos reducir, la transmisión de radiación dentro del rango infrarrojo, al tiempo que aumenta la transmisión de radiación dentro de la luz ultravioleta.

20 El al menos un filtro óptico 4 puede comprender una o más capas, cada capa que está configurada para tener sustancialmente características de transmisión y/o reflexión diferentes para un valor o rango de longitudes de onda de radiación (radiación solar) específico. En particular, la una o más capas pueden comprender una o más capas de material metálico y/o no metálico, cada capa que tiene características de transmisión y/o reflexión diferentes para un valor o rango de longitudes de onda de radiación específico. Más en particular, la una o más capas se pueden seleccionar de manera que se logre una selectividad espectral o propiedad de transmisión espectral deseadas del al menos un filtro óptico 4. En particular, la una o más capas se pueden seleccionar para compensar la selectividad espectral del sensor basado en termopila 2, y/o del difusor 3, y/o de la cúpula 1, y/o de una combinación de los mismos.

30 En particular, el filtro óptico 4 es un filtro de interferencia de transmisión. Un filtro de interferencia de transmisión comprende una o más capas dieléctricas delgadas configuradas para transmitir hasta una cierta cantidad de radiación incidente en un cierto rango o rangos de frecuencias (longitud o longitudes de onda). En particular, el filtro de interferencia de transmisión puede ser un filtro óptico que transmite una o más bandas o líneas espectrales, al tiempo que mantiene un coeficiente de absorción casi nulo para todas las longitudes de onda de interés. En particular, el filtro de transmisión comprende múltiples capas delgadas de material (metálico) dieléctrico que tienen diferentes características de transmitancia. En particular, el filtro de transmisión puede ser selectivo en longitud de onda.

35 En una alternativa a la invención reivindicada, el al menos un filtro óptico 4 puede ser un filtro de reflexión. Más en particular, el filtro de reflexión puede ser un filtro óptico que refleja una o más bandas o líneas espectrales y transmite otras, al tiempo que mantiene un coeficiente de absorción casi nulo para todas las longitudes de onda de interés. En particular, el filtro de reflexión puede comprender múltiples capas delgadas de material (metálico) dieléctrico que tiene diferentes índices de refracción. En particular, el filtro puede ser selectivo en longitud de onda en virtud de los efectos de interferencia que tienen lugar entre las ondas incidentes y reflejadas en los límites de películas delgadas.

Específicamente, un filtro de reflexión se puede fabricar fácilmente, y puede proporcionar buenos rendimientos de filtrado.

45 En una alternativa a la invención reivindicada, el al menos un filtro óptico 4 puede ser un filtro de absorción. En particular, el filtro de absorción puede ser un filtro óptico que absorbe una o más bandas o líneas espectrales, al tiempo que transmite y/o refleja todas las longitudes de onda de interés. En particular, el filtro de absorción puede comprender múltiples capas delgadas de material (metálico) dieléctrico que tienen diferentes características de absorción. En particular, el filtro de absorción puede ser selectivo en longitud de onda.

50 Se debería entender que el filtro óptico 4 puede comprender uno o más filtros, que se eligen a partir de filtros de transmisión, filtros de reflexión y/o filtros de absorción.

55 Según una realización particular, el al menos un filtro óptico 4 puede comprender una o más capas metálicas dieléctricas depositadas al vacío. En otras palabras, el al menos un filtro óptico 4 se puede depositar al vacío como una capa o capas, o como una pluralidad de capas, sobre uno o más componentes del piranómetro 100, por ejemplo, el difusor 3, la ventana 22a del alojamiento 23 del sensor basado en termopila 2, la superficie interior 12 de la cúpula 1 y/o la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Como se muestra en las Figs. 5 a 8, el filtro óptico 4 se puede situar en diferentes ubicaciones de la trayectoria óptica para modificar la composición espectral de la radiación (radiación solar) que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Se debería entender que el filtro óptico 4 se puede situar al mismo tiempo en diferentes ubicaciones de

la trayectoria óptica con el fin de lograr la modificación deseada (en particular, la compensación, al menos parcial) de la composición espectral de la radiación medida por el sensor basado en termopila 2.

5 En particular, como se muestra en las Figs. 2 y 4, el al menos un filtro óptico 4 puede estar dispuesto en la trayectoria óptica, específicamente entre el difusor 3 y la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. En otras palabras, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto en una ubicación de la trayectoria óptica entre el difusor 3, en particular la segunda superficie inferior del difusor 3, y la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2.

10 Más en particular, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto para mirar sustancialmente, en un lado, hacia la segunda superficie 32 del difusor 3, y para mirar sustancialmente, en el lado opuesto, hacia el alojamiento 23 del sensor basado en termopila 2. Específicamente, disponiendo el al menos un filtro óptico 4 entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2, la composición espectral de la radiación (radiación solar) que incide sobre el sensor 22 del sensor basado en termopila 2 se puede modificar por el filtro óptico 4.

15 Como se muestra en la Fig. 2, el piranómetro 100 puede comprender un elemento de soporte de filtro 7. El elemento de soporte de filtro 7 puede estar configurado para encerrar sustancialmente, al menos parcialmente, el sensor basado en termopila 2.

Si el sensor basado en termopila 2 comprende un alojamiento 25, el elemento de soporte de filtro 7 puede estar configurado para encerrar sustancialmente, al menos parcialmente, el alojamiento 25 del sensor basado en termopila 2.

20 Específicamente, el elemento de soporte de filtro 7 puede incluir una abertura pasante 70 que tiene una forma sustancialmente complementaria a la forma externa del sensor basado en termopila 2 (o del alojamiento 25 del sensor basado en termopila 2). Por ejemplo, la abertura pasante 70 puede estar conformada circularmente.

25 El elemento de soporte de filtro 7 puede incluir una parte de base 71. En particular, la parte de base 71 puede estar conformada como una pestaña. Específicamente, la parte de base 71 puede estar configurada para entrar en contacto, directa o indirectamente, con la placa de soporte 64, para soportar de manera estable el al menos un filtro óptico 4 en el alojamiento de piranómetro 6.

En particular, el filtro óptico 4 se puede colocar y/o soportar de manera fija por el elemento de soporte de filtro 7 con respecto al sensor basado en termopila 2.

30 El elemento de soporte de filtro 7 puede estar configurado para colocar correctamente el sensor basado en termopila 2, el filtro óptico 4 y/o la segunda parte 63 (en particular, montando el difusor 3) del alojamiento de piranómetro 6, unos con respecto a otros.

El elemento de soporte de filtro 7 se puede acoplar de manera extraíble a la placa de soporte 64 y/o al sensor basado en termopila 2. El sensor basado en termopila 2 puede encajar de manera ajustada en la abertura pasante 70 del elemento de soporte de filtro 7.

35 El elemento de soporte de filtro 7 puede comprender un surco 72. El surco 72 puede estar configurado para soportar de manera extraíble el filtro óptico 4. En particular, el surco 72 puede tener una forma que se corresponda con el borde perimetral exterior del filtro óptico 4.

40 Como se muestra en la Fig. 2, el surco 72 puede estar situado en el borde perimetral de la abertura pasante 70. Por consiguiente, el elemento de soporte de filtro 7 se puede acoplar al sensor basado en termopila 2, al tiempo que se soporta de manera extraíble el filtro óptico, de manera que este último esté sustancialmente centrado con respecto a la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2.

En particular, el elemento de soporte de filtro 7 puede estar configurado para soportar el filtro óptico 4 entre la segunda superficie inferior del difusor 3, y el sensor basado en termopila 2.

45 Como se muestra en la Fig. 5, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto para cubrir sustancialmente la ventana 22a del alojamiento 23 del sensor basado en termopila 2. En otras palabras, si el sensor basado en termopila 2 está situado en el alojamiento 23, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto para cubrir sustancialmente la ventana 22a del alojamiento 23. Específicamente, disponiendo el al menos un filtro óptico 4 para cubrir la ventana 22a del alojamiento 23, la composición espectral de la radiación (por ejemplo, la radiación solar) que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 se puede modificar por el filtro óptico 4.

50 Como se muestra en la Fig. 6, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto para cubrir, al menos parcialmente, una superficie externa del difusor 3. En particular, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto para cubrir, al menos parcialmente, la superficie incidente 31 del difusor 3, la segunda superficie inferior 32 y/o la superficie lateral 33 del difusor 3, de manera que la composición espectral de la radiación que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 se pueda modificar por el filtro óptico 4.

Más en particular, el filtro óptico 4 también puede estar dispuesto en una parte interna del difusor 3, es decir, el filtro óptico 4 se puede configurar como una capa o capas internas del difusor 3. Específicamente, disponiendo el al menos un filtro óptico 4 para cubrir, al menos parcialmente, el difusor 3, la composición espectral de la radiación que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 se puede modificar por el filtro óptico 4.

5 Como se muestra en la Fig. 7, el filtro óptico 4 también puede estar dispuesto para mirar sustancialmente (al menos parcialmente) hacia la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2, en particular sin entrar en contacto directamente con la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Más en particular, el filtro óptico 4 puede estar dispuesto para mirar sustancialmente hacia la superficie de recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila 2, en particular sin entrar en contacto directamente con el recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila 2. En particular, el al menos un filtro óptico 4 también puede estar incrustado en el material del recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila 2. Específicamente, el al menos un filtro óptico 4 puede estar incrustado en el recubrimiento negro activo como una o más capas del material que forma el recubrimiento negro activo.

10 Según un aspecto (no ilustrado), el al menos un filtro óptico 4 puede estar dispuesto sobre o en la cúpula 1, específicamente para cubrir, al menos parcialmente, la superficie interior 12 y/o la superficie exterior 11 de la cúpula 1. En particular, el filtro óptico 4 puede comprender una o más capas metálicas dieléctricas depositadas al vacío sobre la superficie interior 12 y/o la superficie exterior 11 de la cúpula 1.

15 En particular, el piranómetro 100 puede comprender además al menos un colimador (no ilustrado). En particular, el colimador puede estar configurado para colimar la radiación (radiación solar) que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Más en particular, el colimador puede estar dispuesto en la trayectoria óptica de la radiación (radiación solar), por ejemplo, entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2. Alternativamente, el colimador puede estar dispuesto por debajo de la ventana 22a del alojamiento de termopila 23 y/o por encima de la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2. Más alternativamente, el colimador puede estar dispuesto entre la ventana 22a y/o por debajo del filtro óptico 4, y/o el colimador puede estar dispuesto entre el filtro óptico 4 y el difusor 3. Alternativamente, el colimador puede estar configurado para colimar la radiación (radiación solar) que incide sobre el al menos un filtro óptico 4. Específicamente, un colimador configurado para colimar la radiación (por ejemplo, la radiación solar) que incide sobre la superficie de recepción del sensor basado en termopila 2 permite modificar la trayectoria óptica de la radiación. Específicamente, la transmisión de la radiación se puede optimizar colimando la radiación, en particular la radiación solar.

20 Según un aspecto, una distancia de la trayectoria óptica entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2 (distancia entre la segunda superficie inferior 32 del difusor 3 y la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2) se puede establecer para ajustar la distribución angular de la radiación (por ejemplo, radiación o luz solar). En particular, una distancia mínima entre el difusor 3 y el filtro óptico 4 se puede establecer para que sea al menos alrededor de 1 mm. En particular, una distancia mínima entre el filtro óptico 4 y el sensor basado en termopila 2 se puede establecer para que sea al menos alrededor de 1 mm. En otras palabras, se evita en particular el contacto mecánico entre el difusor 3 y/o el filtro óptico 4, y/o el sensor basado en termopila 2. Más en particular, una distancia mínima entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2 se puede establecer para que sea al menos 3 mm. Más en particular, la distancia mínima entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2 se puede establecer para que sea al menos entre alrededor de 3 mm y alrededor de 10 mm. En particular, la distancia de una trayectoria óptica entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2 se puede establecer de manera que la radiación (por ejemplo, la radiación solar) difundida por el difusor 3 y que incide sobre la superficie de recepción 22 del sensor basado en termopila 2 tenga una forma sustancialmente de cono, es decir, la radiación se configura como un haz divergente. En particular, la radiación puede divergir con respecto al eje longitudinal central del haz de radiación con un semiángulo mayor que alrededor de 10°. En otras palabras, el haz de radiación puede tener un ángulo divergente sustancialmente mayor que alrededor de 20°.

25 Específicamente, modificando la trayectoria óptica (distancia) entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2, es posible ajustar la distribución angular de la luz que incide sobre o se detecta por el sensor basado en termopila 2. Por consiguiente, los rendimientos del filtro óptico 4 se pueden mejorar estableciendo una distancia específica (predeterminada o predeterminable) entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2. En particular, estableciendo la distancia entre el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2, de manera que la radiación (luz) que incide sobre el sensor basado en termopila 2 tenga sustancialmente forma de haz (tenga una forma sustancialmente de cono), tiene el efecto de que la respuesta espectral se desplaza ligeramente con la variación de la longitud de onda. En particular, normalmente hay oscilaciones en los filtros (dieléctricos) que tienen una frecuencia relativamente alta (o un período corto) en relación con la longitud de onda. Debido al ligero desplazamiento debido a los diferentes ángulos, estas oscilaciones se pueden suavizar o reducir considerablemente estableciendo el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2 a una distancia predeterminada. En otras palabras, ajustando la distribución angular estableciendo en particular el difusor 3 y el sensor basado en termopila 2 a una distancia predeterminada, es posible mejorar el rendimiento del filtro.

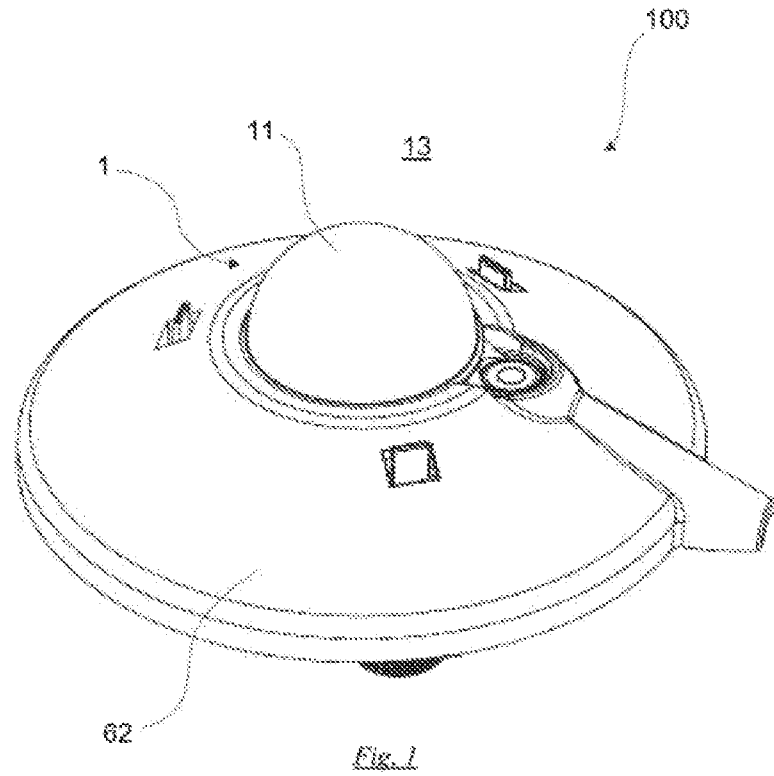
Números de referencia

60 1 ... cúpula

- 2 ... sensor basado en termopila
- 3 ... difusor
- 4 ... filtro óptico
- 5 ... unidad de control
- 5 6 ... alojamiento de piranómetro
- 7 ... elemento de soporte de filtro
- 10 ... cavidad
- 11 ... superficie exterior de la cúpula
- 12 ... superficie interior de la cúpula
- 10 13 ... entorno externo al piranómetro
- 14 ... abertura inferior de la cúpula
- 15 ... borde de la cúpula
- 21 ... segunda superficie (inferior) del sensor basado en termopila
- 22 ... superficie de recepción del sensor basado en termopila
- 15 22a ... ventana del alojamiento
- 23 ... alojamiento de la termopila
- 31 ... primera superficie incidente o superior del difusor
- 32 ... segunda superficie (inferior) del difusor
- 33 ... superficie lateral del difusor
- 20 61 ... pie o pies de nivelación del alojamiento de piranómetro
- 62 ... primera parte (exterior) del alojamiento de piranómetro
- 63 ... segunda parte (interior) del alojamiento de piranómetro
- 64 ... placa de soporte
- 65 ... abertura pasante de la segunda parte del alojamiento de piranómetro
- 25 70 ... abertura pasante del elemento de soporte de filtro
- 71 ... parte de base
- 72 ... surco
- 100 ... piranómetro
- S ... superficie de soporte
- 30 X3 ... eje longitudinal del difusor

REIVINDICACIONES

1. Un piranómetro (100) que comprende:
una cúpula (1);
un sensor basado en termopila (2) que comprende una superficie de recepción (22);
- 5 un difusor (3) configurado para difundir la radiación solar externa al piranómetro (100) y que pasa a través de la cúpula (1), hacia la superficie de recepción (22) del sensor basado en termopila (2); y
al menos un filtro óptico (4) dispuesto en la trayectoria óptica de la radiación enfrente de la superficie de recepción (22) del sensor basado en termopila (2) para modificar la composición espectral de la radiación solar medida por el sensor basado en termopila (2),
- 10 en donde el al menos un filtro óptico (4) modifica la composición espectral de la radiación solar medida por el sensor basado en termopila (2) de manera que la selectividad espectral, basada en una absorbancia espectral y una transmitancia espectral del sensor basado en termopila (2), del difusor (3) y de la cúpula (1), tenga una desviación porcentual máxima de alrededor de ± 3 % desde un valor medio en un rango de longitudes de onda del espectro de radiación solar que oscila desde alrededor de 350 nm hasta alrededor de 1500 nm, en donde la selectividad espectral se determina según la norma ISO 9060:2018, y
- 15 en donde el al menos un filtro óptico (4) es un filtro de interferencia de transmisión, el filtro de interferencia de transmisión que comprende múltiples capas de material metálico dieléctrico que tiene diferentes características de transmitancia.
- 20 2. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un filtro óptico (4) está configurado de manera que la transmitancia total del al menos un filtro óptico (4) sea mayor para una longitud de onda espectral menor que alrededor de 400 nm que la transmitancia total del al menos un filtro óptico (4) para una longitud de onda espectral mayor que alrededor de 700 nm.
3. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un filtro óptico (4) está dispuesto en la trayectoria óptica entre el difusor (3) y la superficie de recepción (22) del sensor basado en termopila (2).
- 25 4. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un filtro óptico (4) está dispuesto para mirar sustancialmente hacia la superficie de recepción (22) del sensor basado en termopila (2).
5. El piranómetro (100) según la reivindicación 4, en donde el al menos un filtro óptico (4) está dispuesto para mirar sustancialmente hacia una superficie de recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila (2).
- 30 6. El piranómetro (100) según la reivindicación 4 o 5, en donde el al menos un filtro óptico (4) está incrustado en un material del recubrimiento negro activo del sensor basado en termopila (2).
7. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sensor basado en termopila (2) está situado en un alojamiento (23), en donde el al menos un filtro óptico (4) está dispuesto para cubrir sustancialmente una ventana (22a) del alojamiento (23).
- 35 8. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un filtro óptico (4) está dispuesto para cubrir, al menos parcialmente, una superficie externa del difusor (3), y/o donde el al menos un filtro óptico (4) solar está dispuesto en la parte interior del difusor (3).
9. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un filtro óptico (4) está dispuesto en la cúpula (1), en particular para cubrir, al menos parcialmente, la superficie interior (12) y/o la superficie exterior (11) de la cúpula (1).
- 40 10. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las múltiples capas de un material metálico dieléctrico están depositadas al vacío.
11. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un colimador configurado para colimar la radiación solar que incide sobre la superficie de recepción (22) del sensor basado en termopila (2).
- 45 12. El piranómetro (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una distancia de una trayectoria óptica entre el difusor (3) y el sensor basado en termopila (2) se establece de manera que la radiación solar difundida por el difusor (3) sobre la superficie de recepción (22) del sensor basado en termopila (2) tenga una forma sustancialmente de cono.



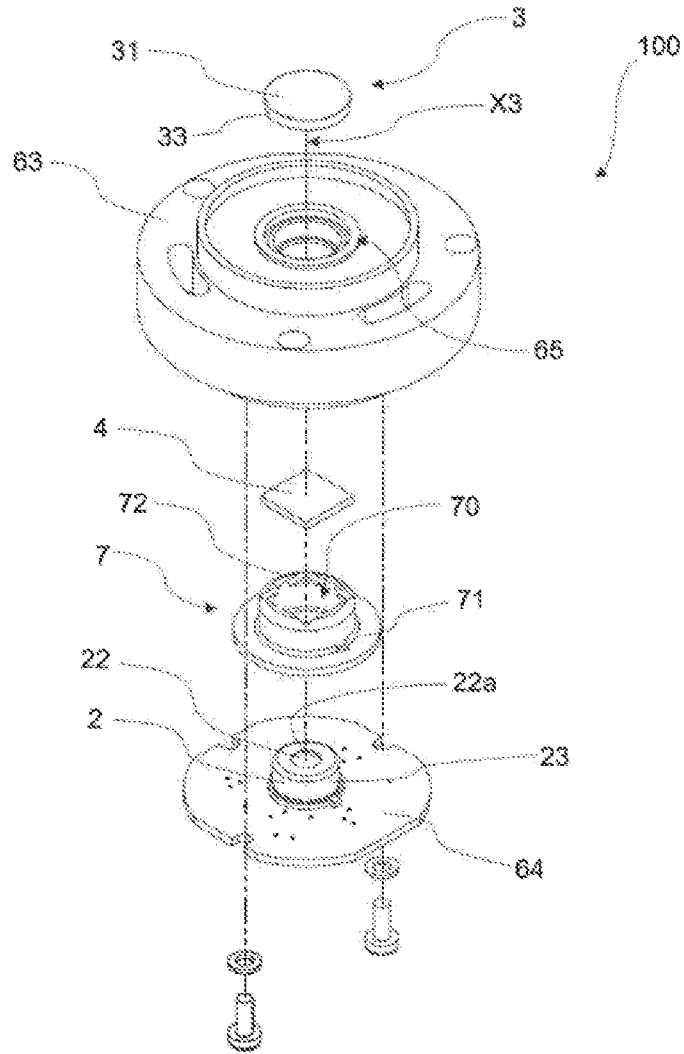
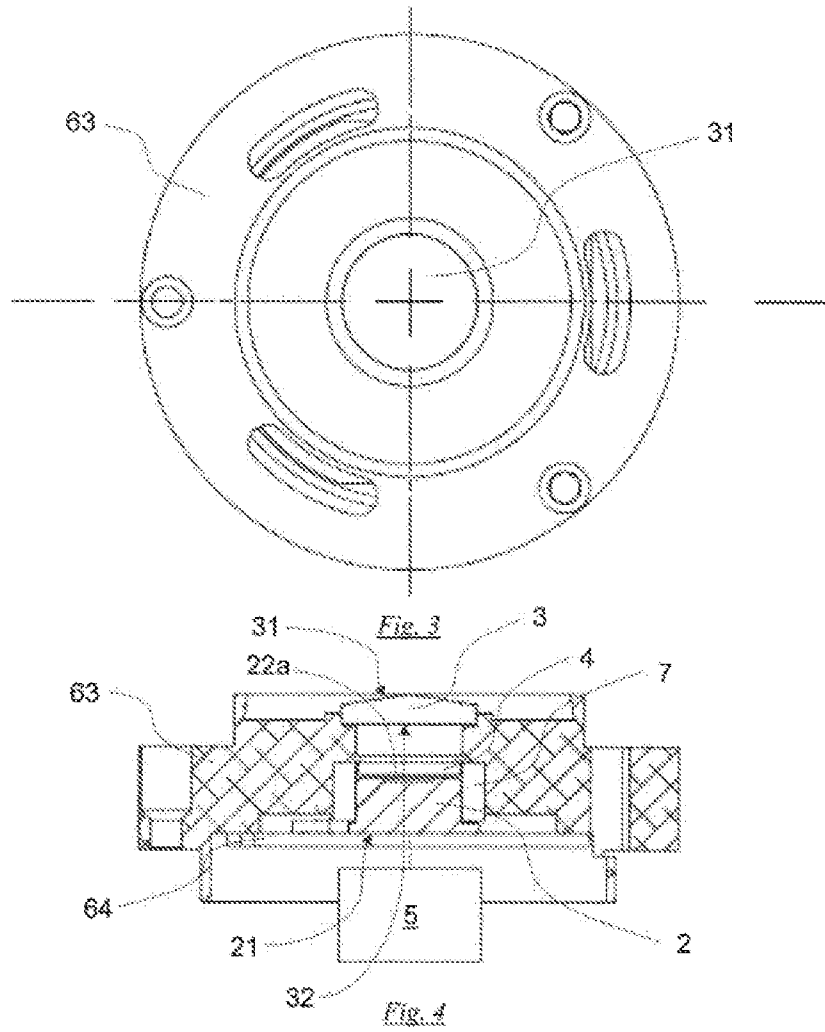


Fig. 2



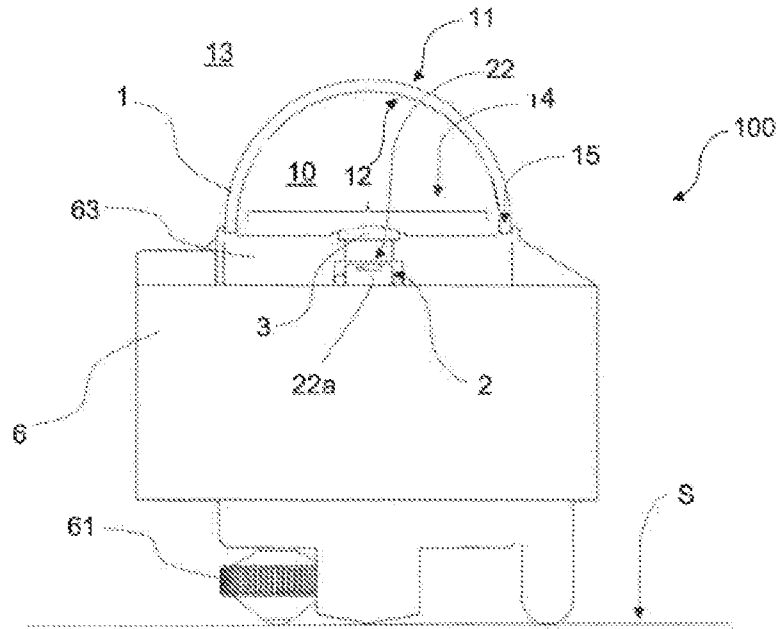


Fig. 5

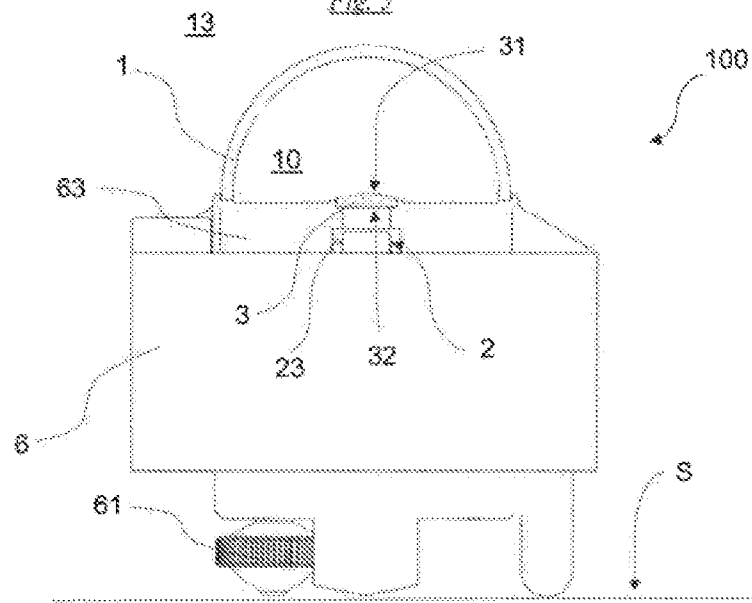


Fig. 6

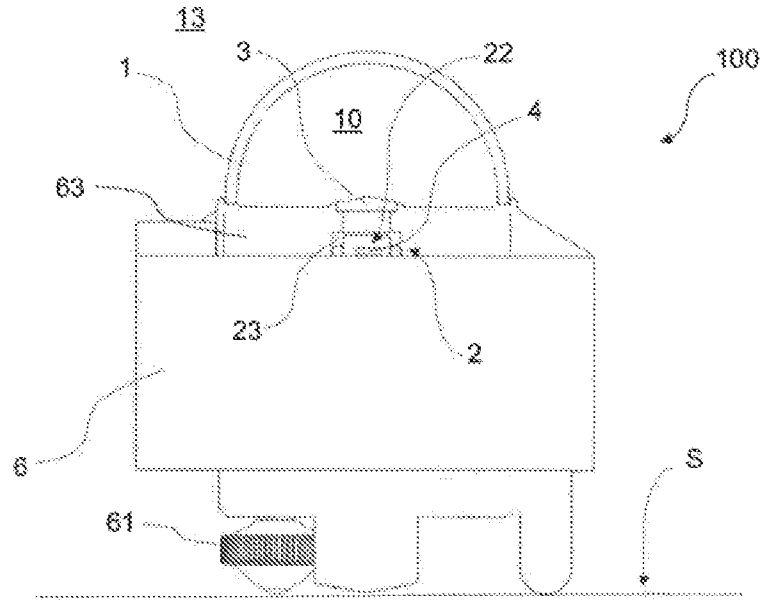


Fig. 7

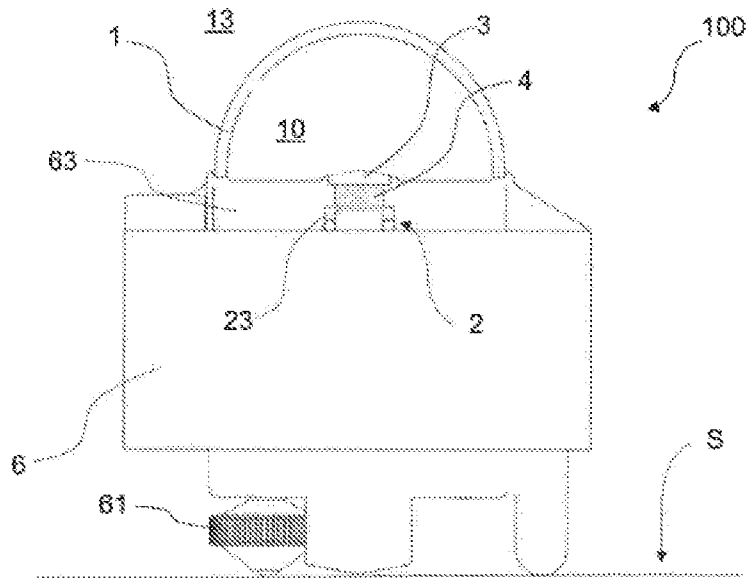


Fig. 8

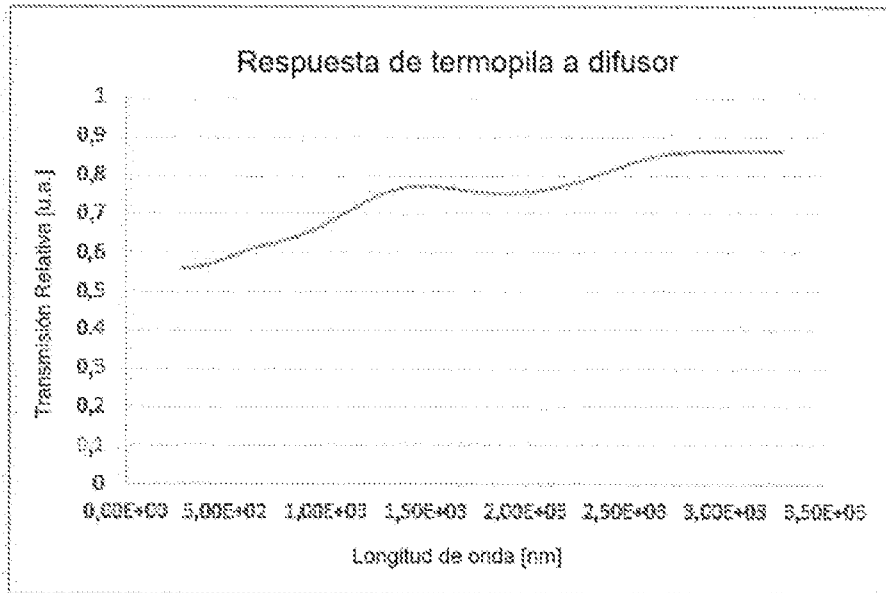


Fig. 9

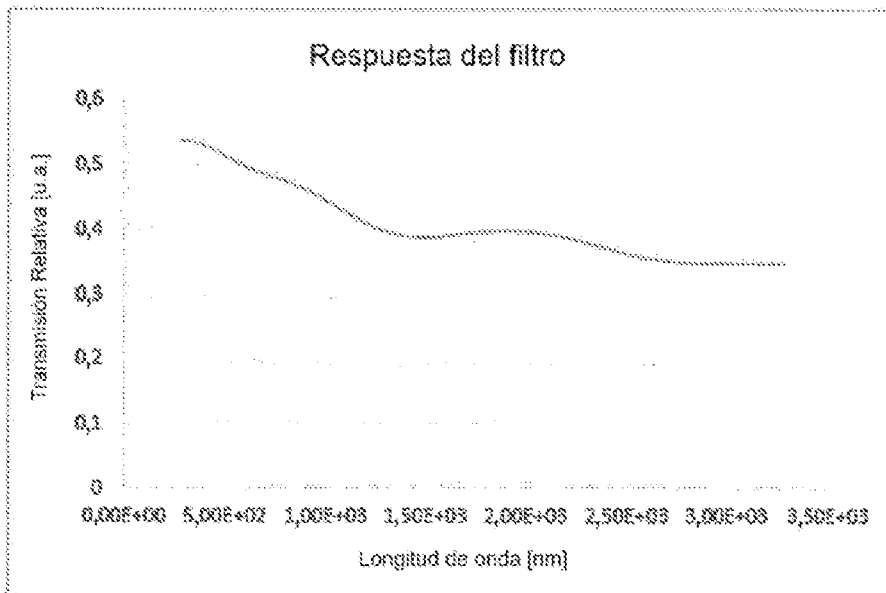


Fig. 10