



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 346 624**

② Número de solicitud: 200900185

⑤ Int. Cl.:
G01S 3/784 (2006.01)
G01C 1/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **23.01.2009**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **18.10.2010**

Fecha de la concesión: **21.09.2011**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **03.10.2011**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:
03.10.2011

⑦ Titular/es: **Universidad de Sevilla**
OTRI-Pabellón de Brasil
Paseo de las Delicias, s/n
41013 Sevilla, ES

⑦ Inventor/es: **Querol Reboul, José Manuel;**
Ortega Villasclaras, Pablo;
López Tarrida, Cristina;
García Ortega, Juan y
Castañer Muñoz, Luis

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente.**

⑦ Resumen:

Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente.

Cuenta con una oblea de silicio (3) donde se integra una pluralidad de celdas fotosensoras (C1, C2... Cn) provistas de respectivas metalizaciones terminales (M1, M2... Mn) cubriéndose dichas celdas con una tapadera (4) de elevado grado de transparencia y determinada altura, en la que se ha depositado una lámina de material opaco (5) dotada de al menos una ventana (6) que permite el paso de la radiación luminiscente (7), de manera que dichas celdas fotosensoras convierten la luz recibida en corrientes proporcionales a las áreas iluminadas por la radiación incidente que entra por la o las ventanas (6).

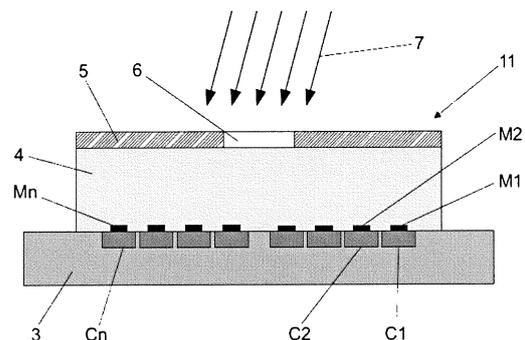


FIG. 1

ES 2 346 624 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente.

5 Objeto de la invención

La presente invención, tal y como se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente; siendo objeto de la invención el desarrollo de un sensor electrónico analógico que permita medir el ángulo de incidencia de una radiación luminosa respecto a la normal a la superficie del referido sensor. Para ello, el dispositivo sensor de la invención se compone de una pluralidad de celdas fotosensoras determinadas por fotodiodos que se protegen con una tapadera de material transparente sobre la que se deposita una lámina de material opaco con al menos una ventana. Dicha ventana se puede dimensionar de modo que al incidir un rayo de luz, éste atraviesa iluminando un par de celdas contiguas que determinan un subsensor. El campo de visión del sensor y la precisión de la medida del ángulo de incidencia quedan determinadas por las características estructurales del dispositivo.

La invención tiene aplicación directa en cualquier campo relacionado con el posicionamiento de elementos respecto a una radiación luminosa, como el control de actitud de satélites artificiales, de sistemas fotovoltaicos de generación de energía, o de sistemas integrados de iluminación. Otra aplicación está orientada a la determinación del ángulo de incidencia de la luz, como ocurre en el caso de la medida de la radiación solar directa en las cabinas de vehículos para la mejora del rendimiento en los sistemas de climatización.

Antecedentes de la invención

Las nuevas tecnologías de fabricación en microsistemas están posibilitando la realización de dispositivos que permiten cubrir las necesidades surgidas en diferentes aplicaciones comerciales en relación a la localización de un objeto luminiscente. El alto número de patentes y publicaciones científicas orientadas a la consecución de un dispositivo de medida del ángulo de incidencia de una radiación luminosa que se pueda integrar fácilmente a bajo coste demuestra el interés actual por tal dispositivo.

Los dispositivos más simples que actualmente se emplean para resolver este problema se basan en el empleo de dos células fotosensibles colocadas simétricamente sobre un plano con cierto ángulo. La diferencia de radiación incidente en cada célula proporciona una medida del ángulo de incidencia respecto de la vertical a dicho plano. Esta aproximación tiene como ventaja su simplicidad, pero como inconveniente que se tiene muy baja precisión en la medida.

Existen varias técnicas y dispositivos conocidos para el cálculo del ángulo de incidencia de una radiación luminosa. En algunas aproximaciones, no se puede conseguir una elevada integración del dispositivo (JP9145357).

En otras aproximaciones existen elementos móviles que reducen la fiabilidad del dispositivo dado el aumento de la complejidad de la solución (JP2000193484).

Existen propuestas que permiten la integración microelectrónica de la solución (ver por ejemplo la patente US5594236), pero estas aproximaciones emplean procedimientos de fabricación que involucran procesos de moldeo costosos y que no garantizan una elevada precisión.

En ES9901375 se propone un proceso de fabricación donde la tapadera que cubre los fotodiodos se realiza mediante el ataque químico de una oblea de silicio. Las técnicas de microsistemas empleadas en su fabricación permiten alcanzar una elevada precisión en la medida, pero su realización es compleja y costosa.

Investigaciones previas desarrolladas por los autores de la presente invención dieron lugar al desarrollo de la patente P200800999, donde se alcanza un elevado nivel de integración con reducido tamaño y consumo. Sin embargo, estos resultados se ven superados por la presente invención, donde con un nuevo dispositivo se consigue mayor nivel de precisión y sensibilidad en el cálculo del ángulo de incidencia de la radiación luminiscente. La mejora respecto a la aproximación inicial es el uso de n células fotosensibles cubiertas por una pantalla de forma que se proyecta una sombra o haz de luz a través de una ventana, incidiendo parcialmente sobre alguna de las celdas. La sensibilidad aumenta considerablemente con esta realización. Mediante este esquema, la fotocorriente generada en cada fotocélula incidida por la luz es proporcional al área iluminada. El ángulo (θ) de incidencia de la luz respecto de la vertical se obtiene como función de las electrocorrientes obtenidas en los diodos iluminados y la posición angular de dichos fotodiodos respecto a la normal en el centro geométrico del dispositivo. De esta forma, si el objeto luminiscente está situado en la perpendicular del sensor, generará unas fotocorrientes iguales a cada lado del eje central del sensor, e iluminará aquellos fotodiodos que no sufren ningún desplazamiento respecto al centro del dispositivo.

Descripción de la invención

Para lograr los objetivos indicados anteriormente, la invención consiste en un dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, que emplea tecnologías de construcción de dispositivos electrónicos miniaturizados con semiconductores, utilizando preferentemente como base una oblea de silicio.

ES 2 346 624 B1

5 Novedosamente según la invención, en dicha base se integra una pluralidad de celdas fotosensoras provistas de respectivas metalizaciones terminales, cubriéndose dichas celdas con una tapadera de elevado grado de transparencia y determinada altura, en la que se ha depositado una lámina de material opaco, dotada de al menos una ventana que permite el paso de la radiación luminiscente, constituyéndose así el dispositivo; de manera que dichas celdas fotosensoras convierten la luz recibida en corrientes proporcionales a las áreas iluminadas por la radiación incidente que entra por esa o esas ventanas.

10 Según la realización preferente de la invención, las dimensiones de esa o esas ventanas son tales que la radiación incidente en cada ventana se proyecta parcialmente sobre dos celdas fotosensoras contiguas, de manera que cada dos celdas contiguas determinan un subsensor cuya fotocorriente generada es proporcional al área iluminada; obteniéndose el ángulo de incidencia de la luz respecto a la dirección normal al dispositivo como función de las fotocorrientes en las metalizaciones terminales del correspondiente subsensor y de la posición angular del subsensor iluminado respecto de la normal en el centro geométrico de la ventana.

15 Por otra parte, las aludidas celdas fotosensoras pueden estar determinadas por respectivos circuitos de fotodiodos contruidos mediante difusión de dopajes necesarios para establecer n diodos PN, en tanto que sus metalizaciones terminales se pueden conectar a un circuito electrónico que está provisto de un convertidor A/D y de un microprocesador que posibilita procesamiento digital e inclusión de curvas de calibración; conectándose dicho circuito electrónico a un bus de datos mediante un interface.

20 Además, según distintas realizaciones de la invención, las referidas celdas fotosensoras se pueden disponer en la base u oblea en agrupaciones paralelas según una dirección del dispositivo, o en agrupaciones paralelas según dos direcciones perpendiculares del dispositivo.

25 La correspondiente deposición de la lámina de material opaco que se mencionó anteriormente puede realizarse sobre las paredes laterales y superior de la aludida tapadera.

30 Por otra parte, cada ventana del dispositivo puede presentar una disposición asimétrica respecto de las celdas fotosensoras para mejorar la respuesta del dispositivo cuando la radiación incide formando un cierto ángulo mínimo.

Según distintas realizaciones de la invención, cada ventana del dispositivo se puede dimensionar para que la luz incida sobre una, sobre dos o sobre más celdas fotosensoras.

35 Además, las celdas fotosensoras pueden presentar diferentes tamaños y disposiciones simétricas o asimétricas respecto del centro del dispositivo.

40 El tamaño relativo de las celdas fotosensoras respecto de la correspondiente ventana puede ser tal que permita medir el ángulo de incidencia respecto al eje x sin que se vea afectado por la luz que penetra por la ventana del dispositivo del eje y, y viceversa.

Según una realización de la invención, la tapadera del dispositivo está realizada en material transparente o translúcido, como pyrex o cover-glass para protección contra radiaciones de partículas de alta energía.

45 Además, dicha tapadera puede realizarse con un filtro óptico seleccionado entre diferentes espectros tales como ultravioletas u otros.

50 En las realizaciones preferentes de la invención, la oblea semiconductor que constituye la base del dispositivo y la capa de material transparente que constituye la tapadera se unen mediante las técnicas fusion-bonding, anodic-bonding, o glue-bonding.

55 Por otra parte, el dispositivo de la invención es susceptible de integrarse con uno o más dispositivos análogos provistos de respectivas tapaderas a distintas alturas, al objeto de trabajar con distintos ángulos y aumentar la precisión de la medida del ángulo de incidencia de la radiación.

El dispositivo de la invención puede estar encapsulado en un formato de circuito integrado que posea una abertura para la entrada de la radiación.

60 Los circuitos de fotodiodos que se mencionaron - anteriormente pueden incluir amplificadores integrados de conversión fotocorriente-tensión y ubicarse en un mismo encapsulado que albergue además al convertidor A/D y microprocesador que se mencionaron anteriormente.

65 Con la estructura que se ha descrito, el dispositivo de la invención presenta ventajas relativas a que determina un sensor de alta precisión para determinar el ángulo de incidencia de una fuente de luz, con una construcción relativamente sencilla y de bajo coste, presentando sin embargo una gran fiabilidad y precisión.

ES 2 346 624 B1

Además, el dispositivo de la invención permite aplicaciones entre las que cabe destacar:

- Orientación y control de actitudes de satélites artificiales determinando el ángulo de incidencia del sol sobre los ejes del cuerpo del satélite. La alta sensibilidad que puede conseguirse con este dispositivo permite un posicionamiento de alta precisión de los satélites a un bajo coste.
- Posicionamiento de captadores y/o reflectores en los sistemas de generación eléctrica por energía solar. Control y seguimiento del sol por parte de los heliostatos en plantas fotovoltaicas y de concentración, con la mejora en el rendimiento de dichas plantas que este concepto implica.
- Determinación del ángulo de incidencia de la radiación solar en vehículos. La determinación de la radiación lateral sobre un vehículo permite optimizar los flujos de aire climatizado y maximizar el confort en sus cabinas.

En estas aplicaciones, así como en otras posibles, el dispositivo de la invención simplifica el control de posicionamiento, abaratando costes de instalación y mantenimiento. Además, el dispositivo de la invención permite la inclusión de un circuito microprocesador que facilite un montaje autónomo de los posicionadores en sistemas de seguimiento.

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan unas figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

Breve descripción de las figuras

Figura 1.- Representa una vista de perfil y seccionada de un dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, realizado según la presente invención.

Figura 2.- Es una vista igual que la de la anterior figura 1 pero referenciando las principales magnitudes geométricas del aludido dispositivo.

Figura 3.- Es una vista igual que la de las anteriores figuras 1 y 2 pero habiéndose referenciado en dicho dispositivo como entra la radiación hacia un subsensor del dispositivo formado por dos celdas contiguas, indicándose los ángulos más significativos.

Figura 4.- Representa una vista en planta superior del dispositivo de las tres anteriores figuras.

Figura 5.- Representa una vista en planta superior de una variante respecto al dispositivo de las anteriores figuras, consistiendo esta variante en que el dispositivo presenta celdas contiguas según dos direcciones perpendiculares, en vez de según una sola dirección.

Figura 6.- Representa un diagrama de bloques funcionales en el que un dispositivo como el de cualquiera de las figuras anteriores conecta con bloques de circuitería electrónica para la medida del ángulo de incidencia de la luz.

Descripción de un ejemplo de realización de la invención

Seguidamente se realiza una descripción de la invención haciendo referencia a la numeración adoptada en las figuras.

Así, el dispositivo del presente ejemplo cuenta con una pluralidad de celdas fotosensoras C1, C2... Cn que se integran en una base constituida por una oblea de silicio 3. Dichas celdas son fotodiodos que se fabrican introduciendo el dopante adecuado para crear los diodos de unión PN. Esos fotodiodos están protegidos por una tapadera de material transparente que constituye una tapadera 4 sobre la que se ha depositado una lámina de material opaco 5. Esa lámina 5 es una lámina de metal en la que se ha realizado una ventana 6 que permite que un rayo de sol se proyecte sobre un par de fotosensores contiguos determinantes de un subsensor, de manera que un dispositivo que tenga n celdas fotosensoras dispondrá de n-1 subsensores. La fotocorriente generada en cada subsensor incidido por la luz es proporcional al área iluminada y el ángulo (θ) de incidencia de la luz respecto a la dirección perpendicular al dispositivo se obtiene como función de las fotocorrientes obtenidas en las metalizaciones terminales M1, M2... Mn y de la posición angular del correspondiente subsensor iluminado respecto a la normal en el centro geométrico del dispositivo.

Las características geométricas del dispositivo de mayor importancia consisten en la anchura W de la ventana 6, y la distancia H existente entre la lámina de material opaco 5 y las celdas fotosensoras, según se ha ilustrado en la figura 2.

En la figura 3 se puede apreciar el subsensor iluminado por la radiación incidente al entrar por la ventana de la lámina opaca y los ángulos que se obtienen. Así, en esta figura 3 se representa la dependencia entre el subsensor iluminado y el ángulo (θ) de incidencia, observándose que cada subsensor sufre un desplazamiento δ_i respecto al centro geométrico del conjunto. El ángulo (θ) de incidencia de la luz respecto a la dirección normal al sensor se obtiene como función de las fotocorrientes generadas en el subsensor iluminado, que proporcionaliza el ángulo $\Delta(\theta)$, y de la posición angular (θ_i) de dicho subsensor respecto a la normal en el centro geométrico del dispositivo.

ES 2 346 624 B1

En la figura 4, consistente en una vista superior del dispositivo, la zona rayada representa la lámina de material opaco 5, aunque se ha dibujado traslúcida para apreciar las celdas fotosensoras. Como puede verse en dicha figura 4, las dimensiones de la ventana 6 son W y L en tanto que la dimensión M de las celdas fotosensoras se calcula para permitir la medida del ángulo de incidencia respecto al eje y de forma independiente al ángulo de incidencia respecto al eje x.

Por otra parte, el dispositivo del presente ejemplo de la invención puede realizarse con dos grupos de sensores ortogonales tal y como se representa en la figura 5, pudiendo emplearse sensores girados 90° entre sí para obtener los ángulos de incidencia de la radiación luminosa respecto de los ejes x e y según se ha representado en el dispositivo 11' de esa figura 5, en el que se aprecian dos ventanas 6 en lugar de la única ventana 6 del dispositivo 11 de las figuras 1 a 4.

En la figura 6 se muestran unos bloques funcionales de la circuitería electrónica para la medida del ángulo de incidencia de la radiación 7, apreciándose como las celdas fotosensoras C1, C2, Cn-1, Cn de la oblea 3 conectan con un circuito electrónico 1 dotado de convertidor A/D 9 y de microprocesador 10. Este circuito electrónico 1 conecta con un bus de datos 8 a través de un interface 2; pudiendo integrarse el circuito electrónico 1 y la oblea 3 en un mismo encapsulado con formato de circuito integrado.

Se pueden emplear distintos niveles electrónicos para llevar a cabo la conversión de fotocorrientes a ángulos de incidencia. Una primera etapa emplea amplificadores en cada fotodiodo para convertir las fotocorrientes generadas en tensiones. Después se efectúa la conversión analógica digital que posibilita que los correspondientes valores digitales sean procesados de manera que se obtenga la medida del ángulo incidente, siendo el microprocesador 10 el que realiza los cálculos necesarios para obtener los ángulos.

Los pasos de fabricación de los fotodiodos constituyentes de las celdas fotosensoras son técnicas convencionales en sustratos semiconductores tales como depósito de material apantallante sobre oblea semiconductor, realización de fotodiodos, eliminación de material apantallante, crecimiento de material aislante, definición de regiones de contacto de base y emisores de fotodiodos, y metalización para los contactos.

La realización de la cubierta de metal constituyente de la lámina opaca 5 se puede efectuar mediante la técnica conocida como lift-off, con depósito de una resina fotosensible sobre el material traslúcido de la tapadera 4, definición mediante fotolitografía del área de la cubierta sin metalizar, depósito de metal en la superficie frontal del material traslucido y eliminación del metal de la región que debe dejar pasar la luz hacia los fotodiodos, empleándose en este ejemplo la técnica denominada lift-off.

Los elementos principales del dispositivo de la invención consisten en la oblea semiconductor 3 de silicio sobre la que se construyen n fotodiodos y la capa de material transparente en la que se deposita la lámina de material opaco 5.

Dicha lámina 5 es lo suficientemente extensa como para evitar que la entrada de luz lateral afecte a los fotodiodos constituyentes de las células fotosensoras. Dicha lámina 5 es de metal y presenta la ventana o ventanas 6 para dejar entrar la radiación. Estos elementos se unen de manera que la luz incidente atraviese la ventana y se proyecta sobre dos fotosensores contiguos. Ambos elementos se fabrican utilizando técnicas usuales en la fabricación de circuitos integrados monolíticos (tecnología planar) y/o híbridos (tecnologías de capa fina y gruesa), así como técnicas más específicas que se pueden utilizar para la fabricación de micro y nanosistemas.

Los diodos de las celdas fotosensoras se polarizan inversamente y en cortocircuito para que las corrientes generadas por el efecto fotoeléctrico entren por los terminales conectados a las regiones de emisor y se recojan en el terminal común de la región de base. La fotocorriente generada en cada diodo incidido por la luz es proporcional al área iluminada. El ángulo (θ) de incidencia de la luz respecto de la vertical se obtiene como función de las fotocorrientes generadas en estos fotodiodos que proporcionan el ángulo $\Delta(\theta)$ y de la posición angular (θ_i) de los mismos respecto a la normal en el centro geométrico del dispositivo.

La anchura W de la ventana 6, así como la altura H a la que se encuentra de los fotodiodos están comprendidas entre unas 100 micras hasta unos pocos milímetros, dependiendo de la aplicación y de la sensibilidad requerida, la máxima desviación (θ_{\max}) del rayo que podrá medir el sensor con respecto a su dirección normal vendrá determinada por el tamaño de la ventana y el espesor de la capa transparente según la expresión:

$$(\theta_{\max}) = \arctan \frac{W/2}{H}$$

Un valor típico para (θ_{\max}) en esta configuración oscila entre 10° y 120°. Además, el cociente H/W se comporta como un factor que amplifica estructuralmente la sensibilidad del dispositivo.

La ventana o ventanas 6 están dimensionadas de tal modo que permiten que la radiación incidente se proyecte sobre un par de fotosensores contiguos, que como se dijo anteriormente constituyen un subsensor. La fotocorriente generada en cada subsensor incidido por la luz es proporcional al área iluminada, y el ángulo (θ) de incidencia de

ES 2 346 624 B1

la luz respecto a la vertical se obtiene como función de las fotocorrientes obtenidas en los diodos iluminados que proporcionan el ángulo $\Delta(\theta)$, y de la posición angular (θ_i) de dichos fotodiodos respecto a la normal en el centro geométrico del dispositivo, tal y como puede apreciarse en la figura 3. Así, si el objeto luminiscente está situado en la perpendicular del dispositivo 11, generará unas fotocorrientes iguales a cada lado del eje central del sensor, e iluminará aquellos fotodiodos que no sufren ningún desplazamiento respecto al centro del dispositivo 11.

$$(\theta) = (\theta_i) + \Delta(\theta)$$

$$\Delta(\theta) = f(I_A, I_B)$$

Siendo I_A y I_B las fotocorrientes generadas en los diodos iluminados. Cuando varía el ángulo de incidencia, por cada par de celdas en funcionamiento, el incremento del área iluminada en uno de los fotodiodos es exactamente igual al decremento del área iluminada en el otro fotodiodo, o lo que es lo mismo, para cualquier ángulo de incidencia la suma de las áreas iluminadas en ambos fotodiodos permanece constante. Por consiguiente, la suma de las fotocorrientes generadas es constante y proporcional a la radiación incidente. En consecuencia, se puede tener una medida del ángulo $\Delta(\theta)$ que no dependa de dicha radiación calculando el cociente entre la resta y la suma de ambas fotocorrientes.

Del funcionamiento del sensor se traduce que se produce una discretización del ángulo de visión (FOV) del dispositivo, que queda dividido según sea el par de fotosensores iluminado en cada caso, y que depende directamente del ángulo de incidencia de la radiación luminiscente. Este comportamiento tiene como consecuencia una mayor sensibilidad y precisión en el cálculo del ángulo en cada rango de trabajo.

Hay que reseñar que el sensor es no lineal, ya que existen características tales como la distancia entre las fotocélulas, el espesor de la capa de material opaco, el efecto de disminución de radiación neta de entrada por la ventana cuando aumenta el ángulo de inclinación y la difracción que sufre el rayo incidente en la travesía del material que constituye la tapadera, que se desprecian en el cálculo del ángulo. Para compensar todos estos efectos se puede definir una planta no rectangular en los fotodiodos para conseguir su linealización. Otra solución consiste en definir plantas rectangulares de distintos tamaños para los diferentes fotodiodos, existiendo o no simetría entre ellos según interese.

Para aplicaciones en las que el sensor va a recibir la luz con una inclinación lateral mínima, la posición relativa de la ventana respecto de los fotodiodos puede desplazarse para facilitar el cálculo del ángulo en esa aplicación concreta.

Según sea la aplicación, el tamaño de la ventana puede dimensionarse de forma que la luz incida únicamente sobre un fotodiodo, sobre dos, o sobre más fotodiodos.

Las características del dispositivo planteado hacen que sea un sensor muy fiable y de bajo coste. Para aplicaciones espaciales, el material transparente que forma la tapadera se puede elegir para proteger los fotodiodos de radiaciones de alta energía. El material transparente de la cubierta puede sustituirse por un material traslúcido que permita reducir la radiación incidente y evitar la saturación de las células. También pueden emplearse filtros ópticos, de modo que se discriminen aquellas radiaciones espectrales que no sean interesantes desde el punto de vista de la aplicación.

Cuando el ángulo de incidencia es elevado, la luz que incide lateralmente en el sensor puede penetrar por las paredes laterales de la cubierta o tapadera 4 y puede interferir con los fotodiodos. Para evitar este hecho, la lámina de material opaco 5 puede cubrir las paredes laterales de la tapadera 4.

El dispositivo puede opcionalmente integrar en la misma oblea semiconductora 3 los circuitos electrónicos para la adaptación de señal, procesamiento y comunicaciones mostrados en la figura 6.

El dispositivo puede integrar dos sensores como el descrito anteriormente para posibilitar la medida de los ángulos de incidencia respecto a los ejes x e y, según se muestra en la figura 5.

También se pueden integrar varios sensores y tapaderas de diferentes dimensiones y alturas para cubrir diferentes rangos de sensibilidad, precisiones de medida y ángulos de visión.

Respecto a la fabricación del dispositivo, puede indicarse que al tratarse de técnicas estándar de fabricación de microsistemas, las dimensiones óptimas para el método de fabricación van desde pocos micrómetros hasta unos pocos milímetros.

Para los fotodiodos, el proceso de fabricación utiliza un substrato u oblea semiconductora típicamente de silicio. La secuencia de fabricación contemplará los siguientes pasos:

- Crecimiento o depósito de un material apantallante sobre una oblea semiconductora.
- Definición de las regiones de emisor mediante proceso fotolitográfico o equivalente.
- Introducción de dopante mediante difusión o implantación iónica.

ES 2 346 624 B1

- Eliminación de material apantallante.
- Crecimiento o depósito de un material apantallante y aislante.
- 5 - Definición de las regiones de contacto de base de los fotodiodos por fotolitografía o equivalente.
- Opcionalmente, introducción de dopante del mismo tipo del substrato semiconductor.
- Definición de las regiones de contacto de emisor de los fotodiodos por fotolitografía o equivalente.
- 10 - Depósito selectivo o no de una capa de metal.
- Opcionalmente (depósito no selectivo), definición de los electrodos mediante fotolitografía o equivalente.
- 15 - Recocido del metal.
- Corte de la oblea para el aislamiento de los diferentes dispositivos.

- 20 Respecto a las cubiertas de metal, se puede partir de un substrato aislante traslúcido (por ejemplo pyrex), consis-
tiendo el proceso de fabricación en la siguiente secuencia:
 - Depósito selectivo o no de un material opaco a la luz en el substrato traslúcido.
 - 25 - Opcionalmente (en el caso de un depósito no selectivo), definición de una rendija para el paso de luz mediante
fotolitografía o equivalente.
 - Corte del substrato traslúcido con la cubierta de metal.

- 30 Los diferentes pasos en la fabricación de la tapadera 4 pueden consistir en utilizar un depósito no selectivo de
metal, en conjunción con la denominada técnica lift-off utilizada para su grabado.

- 35 Finalmente, para unir los fotodiodos con la cubierta metálica se puede utilizar cualquier técnica de pegado o
soldado usual en los procesos de fabricación de microsistemas, como pueden ser el glue bonding o el anodic bonding.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, que emplea tecnologías de construcción de dispositivos electrónicos miniaturizados con semiconductores, utilizando preferentemente como base una oblea de silicio (3); **caracterizado** porque en dicha base (3) se integran una pluralidad de celdas fotosensoras (C1, C2... Cn) provistas de respectivas metalizaciones terminales (M1, M2... Mn); cubriéndose dichas celdas con una tapadera (4) de elevado grado de transparencia y determinada altura, en la que se ha depositado una lámina de material opaco (5) dotada de al menos una ventana (6) que permite el paso de la radiación luminiscente (7), constituyéndose así el dispositivo (11, 11'); de manera que dichas celdas fotosensoras convierten la luz recibida en corrientes proporcionales a las áreas iluminadas por la radiación incidente que entra por esa o esas ventanas (6).

15 2. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado I** porque las dimensiones de esa o esas ventanas (6) son tales que la radiación incidente (7) en cada ventana (6) se proyecta parcialmente sobre dos celdas fotosensoras contiguas, de manera que cada dos celdas contiguas determinan un subsensor cuya fotocorriente generada es proporcional al área iluminada; obteniéndose el ángulo de incidencia de la luz (θ) respecto a la dirección normal al dispositivo (11, 11') como función de las fotocorrientes en las metalizaciones terminales del correspondiente subsensor y de la posición angular del subsensor iluminado respecto de la normal en el centro geométrico de la ventana (6).

20 3. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas celdas fotosensoras (C1, C2... Cn) están determinadas por respectivos circuitos de fotodiodos construidos mediante difusión de dopajes necesarios para establecer n diodos PN, en tanto que sus metalizaciones terminales (M1, M2... Mn) se conectan a un circuito electrónico (1) que está provisto de un convertidos A/D (9) y de un microprocesador (10) que posibilitan procesamiento digital e inclusión de curvas de calibración; conectándose dicho circuito electrónico (1) a un bus de datos (8) mediante un interfaz (2).

30 4. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas celdas fotosensoras (C1, C2... Cn) se disponen en la base u oblea (3) en agrupaciones paralelas según una dirección del dispositivo (11) o en agrupaciones paralelas según dos direcciones perpendiculares del dispositivo (11').

35 5. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la deposición de la lámina de material opaco (5) se realiza sobre las paredes laterales y superior de la tapadera (4).

40 6. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque cada ventana (6) presenta una disposición asimétrica respecto de las celdas fotosensoras para mejorar la respuesta del dispositivo cuando la radiación incide formando un cierto ángulo mínimo.

45 7. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque cada ventana (6) se dimensiona para que la luz pueda incidir sobre una, sobre dos o sobre más celdas fotosensoras.

50 8. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las celdas fotosensoras presentan diferentes tamaños y disposiciones simétricas o asimétricas respecto al centro del dispositivo.

55 9. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el tamaño relativo de las celdas fotosensoras respecto de la correspondiente ventana (6) es tal que permite medir el ángulo de incidencia respecto al eje x, sin que se vea afectado por la luz que penetra por la ventana (6) del dispositivo (11, 11') del eje y, y viceversa.

60 10. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la tapadera (4) está realizada en material transparente o translúcido, como pyrex o cover-glass para protección contra radiaciones de partículas de alta energía.

65 11. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la tapadera (4) está realizada con un filtro óptico, seleccionado entre diferentes espectros, tales como ultravioletas u otros.

12. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la oblea semiconductor que constituye la base (3) y la capa de material transparente que constituye la tapadera (4) se unen mediante fusion-bonding, anodic-bonding, o glue-bonding.

13. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho dispositivo es susceptible de integrarse con uno o más dis-

ES 2 346 624 B1

positivos análogos provisto de respectivas tapaderas a distintas alturas al objeto de trabajar con distintos ángulos y aumentar la precisión de la medida del ángulo de incidencia de la radiación.

5 14. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 1, **caracterizado** por estar encapsulado en un formato de circuito integrado que posee una abertura para la entrada de radiación.

10 15. Dispositivo de alta precisión para la determinación del ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, según la reivindicación 3, **caracterizado** porque dichos circuitos de fotodiodos incluyen amplificadores integrados de conversión fotocorriente tensión y se ubican en un encapsulado que alberga además al convertidor A/D (9) y al microprocesador (10) constituyentes del referido circuito electrónico (1).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

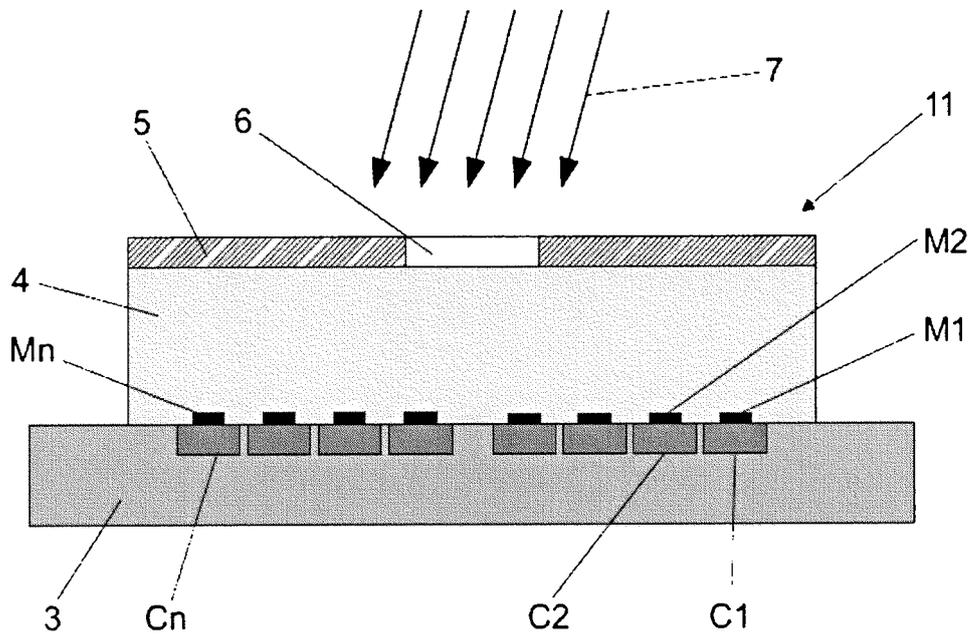


FIG. 1

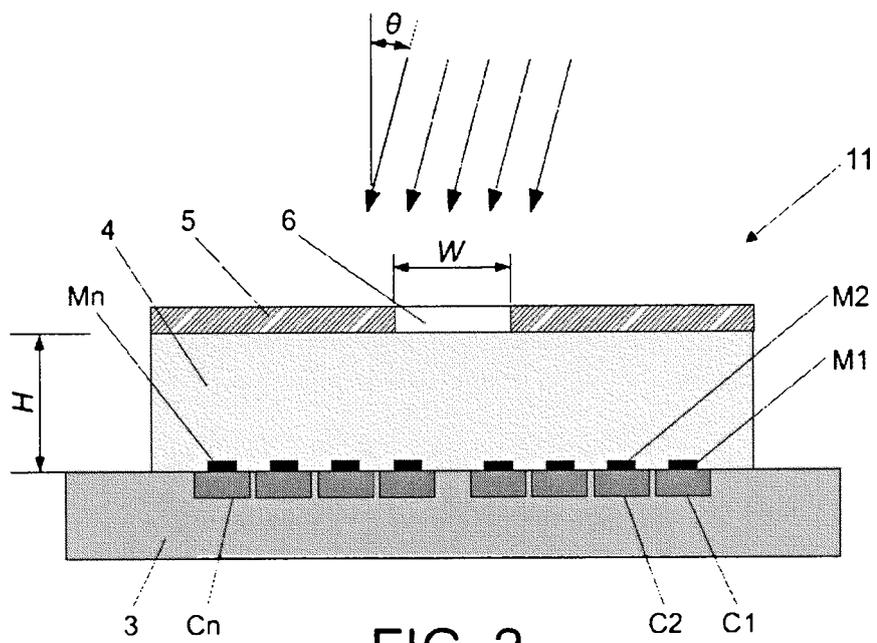


FIG. 2

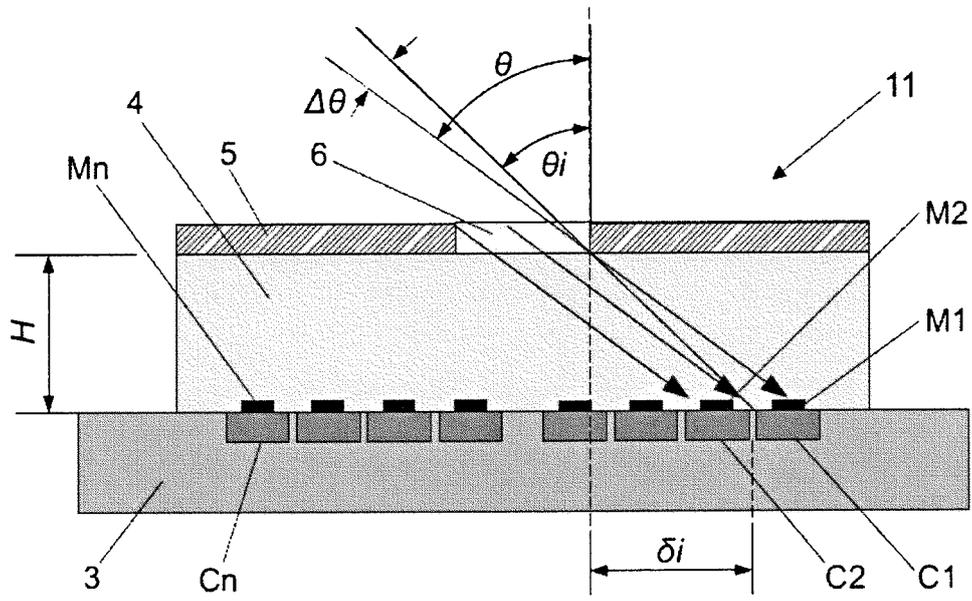


FIG. 3

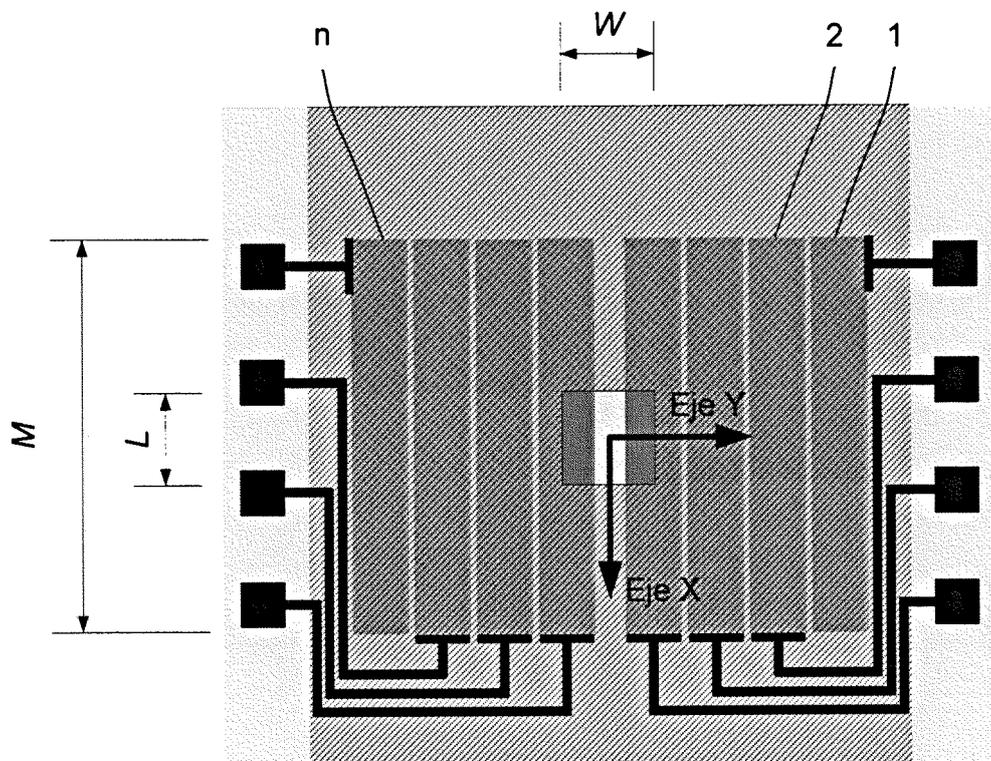


FIG. 4

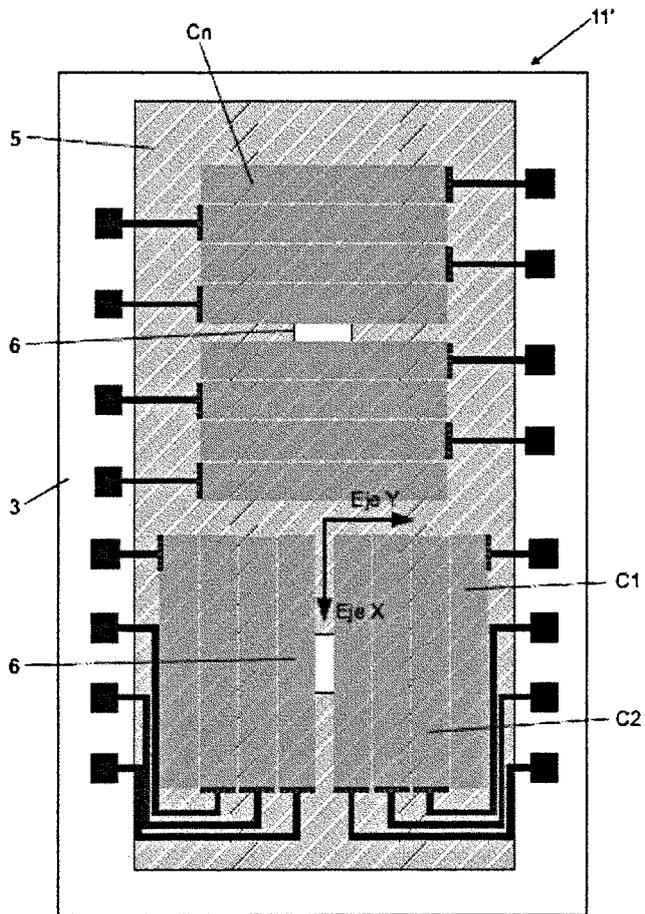


FIG. 5

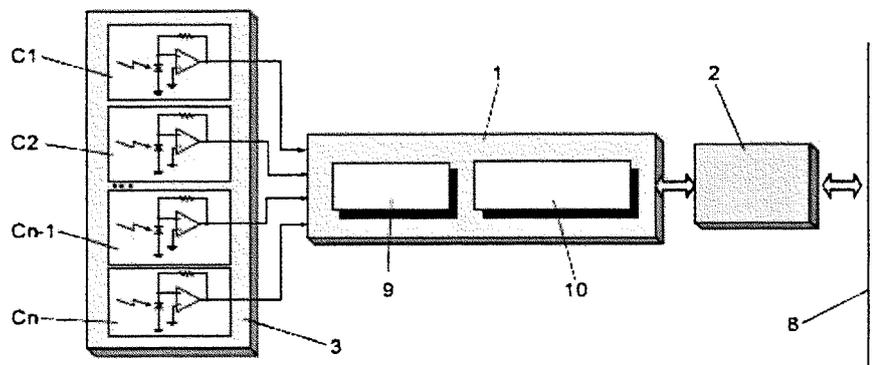


FIG. 6



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 346 624

② Nº de solicitud: 200900185

③ Fecha de presentación de la solicitud: **23.01.2009**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01S 3/784** (2006.01)
G01C 1/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 20020053635 A1 (SCHROTER, K. et al.) 09.05.2002, todo el documento.	1-15
X	US 4794245 A (AUER, S.) 27.12.1988, resumen; columna 3, línea 12 - columna 5, línea 44; columna 6, líneas 19-25; figuras 3-6b.	1,4-14
A		2,3,15
A	US 4909856 A (RALPH, E.) 20.03.1990, resumen; figuras.	1,10
A	US 5771092 A (DUBOIS, J. et al.) 23.06.1998, todo el documento.	1-15
A	US 20030197114 A1 (MUESCH, E. et al.) 23.09.2003, todo el documento.	1-15
A	US 6274862 B1 (RIEGER, R.) 14.08.2001, todo el documento.	1-15
A	JP 59108971 A (NIPPON ELECTRIC CO.) 23.06.1984, todo el documento.	1-4,7,9,15
A	JP 09145357 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 06.06.1997, todo el documento.	1,3,4,7,15
A	JP 56064611 A (NIPPON ELECTRIC CORP.) 01.06.1981, todo el documento.	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

01.10.2010

Examinador

O. González Peñalba

Página

1/5

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

G01S, G01C, H01L, F24J

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

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.10.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	3, 10, 12, 13 y 15	SÍ
	Reivindicaciones	1, 2, 4-9, 11 y 14	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones		SÍ
	Reivindicaciones	1-15	NO

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

Base de la Opinión:

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

Consideraciones:

La presente Solicitud se refiere, en su primera reivindicación, a un dispositivo para determinar el ángulo de incidencia de una radiación luminiscente, basado en la construcción miniaturizada de semiconductores sobre una base de silicio, de manera que sobre dicha base se integra una pluralidad de celdas fotosensoras, cubiertas mediante una tapa altamente transparente y con una cierta altura, en la que se ha depositado una lámina opaca que presenta al menos una ventana para el paso de la radiación luminiscente cuyo ángulo de incidencia se pretende medir, de tal modo que las celdas fotosensoras convierten la luz recibida en corrientes proporcionales a las áreas iluminadas por la radiación incidente que entra por dicha(s) ventana(s).

En la reivindicación 2, dependiente de la 1, se añade un aspecto adicional de la invención consistente en considerar un sub-sensor compuesto por las dos celdas iluminadas, generalmente de forma parcial, cuya fotocorriente generada es proporcional a la radiación incidente, de manera que el ángulo de incidencia de esta radiación con respecto a la normal al dispositivo se calcula como función de la fotocorriente en los terminales del sub-sensor y de la posición angular del sub-sensor con respecto a la ventana.

Otras reivindicaciones, también dependientes directa o indirectamente de la primera, contemplan detalles estructurales, constructivos y de materiales referentes a las celdas fotosensoras, a la tapa, a la ventana y a los circuitos eléctricos necesarios para el funcionamiento del dispositivo.

Cabe destacar la posibilidad recogida en la reivindicación 4 y detallada en su estructura en la 9, de disponer dos ventanas en orientaciones perpendiculares, con sus correspondientes conjuntos de celdas fotosensoras, para la medición del ángulo de incidencia de manera independiente según se descompone en dos ejes cartesianos.

1. Documentos considerados:

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

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2002/0053635 A1	09/05/2002
D02	US 4794245 A	27/12/1988
D03	US 4909856 A	20/03/1990

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

Se considera que la invención definida en las reivindicaciones 1, 2, 4-9, 11 y 14 carece de novedad por estar recogida idénticamente en el estado de la técnica.

Así, el documento D01, citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría X para dichas reivindicaciones y considerado el estado de la técnica más próximo al objeto en ellas definido, describe un dispositivo para determinar el ángulo de incidencia de una radiación luminiscente (luz) que es semejante al de la primera reivindicación hasta el punto de que puede exponerse con idéntica redacción. En efecto, este dispositivo está basado en la construcción miniaturizada de dispositivos semiconductores sobre una base de silicio (como indica el hecho de que se fabrican fotodiodos 11 [uniones semiconductoras p-n] por un proceso fotolitográfico [y, por tanto, miniaturizado] sobre un chip común [referencia 4, habitualmente de silicio]), de manera que sobre dicha base se integra una pluralidad de celdas fotosensoras (matriz 1 de fotodiodos) provistas de respectivas metalizaciones terminales (recuérdese que se trata de un circuito integrado o "chip"), cubiertas por una tapa altamente transparente (placa portadora transparente; párrafo [0036]) y con una cierta altura (apreciable en la vista en corte de la Figura 9), en la que se ha depositado una lámina opaca (revestimiento opaco; párrafo [0036]) que presenta al menos una ventana (ranura 21) para el paso de la radiación luminiscente cuyo ángulo de incidencia se pretende medir, de tal modo que las celdas fotosensoras convierten la luz recibida (como hace cualquier fotodiodo) en corrientes proporcionales a las áreas iluminadas por la radiación incidente que entra por dicha(s) ventana(s). Este documento anticipa, por tanto, idénticamente el objeto de la primera reivindicación afectando a su novedad de acuerdo con el Art. 6 de la LP.

Además, contempla también expresamente la proyección de la luz sobre más de una ventana (véase el resumen: "... al menos dos áreas de fotodiodos suministran simultáneamente, en cualquier instante, corriente fotoeléctrica significativa..."), es decir, que considera grupos de al menos dos celdas que son asimilables a los sub-sensores de la reivindicación 2 (o de la 7), y para los que el ángulo de incidencia de la luz se deduce de la misma manera (a partir de las fotocorrientes conjuntas y de la posición que ocupan en la matriz); también estas reivindicaciones carecen, por tanto, de novedad respecto a D01.

Razonamientos similares pueden hacerse para las restantes reivindicaciones afectadas en su novedad. En particular, la disposición de celdas y ventanas en dos ejes perpendiculares para la medida independiente según dos coordenadas angulares (reivindicaciones 4 y 9) está idénticamente contemplada en D01 (véase la vista en planta de la Figura 9); y otro tanto cabe decir de la disposición asimétrica entre celdas y su correspondiente ventana recogida en las reivindicaciones 6 y 8, directamente apreciable en cualquiera de las figuras de D01, que presentan disposiciones generalmente oblicuas (y, por tanto, asimétricas) de los fotodiodos con respecto al eje de la ventana de iluminación.

Por su parte, para el filtro óptico de la reivindicación 11, puede aducirse como anterioridad el documento D02, igualmente citado en el IET con la categoría X y que también anticipa idénticamente la primera reivindicación y dicha reivindicación 11 (filtro óptico 24), dependiente de ella.

Hoja adicional

En cuanto a las reivindicaciones 3, 10, 12, 13 y 15, pueden considerarse nuevas pero carecen del requisito de actividad inventiva por poder deducirse del estado de la técnica de un modo evidente por un experto en la materia. Estas reivindicaciones aluden a elementos accesorios del dispositivo que no se citan expresamente en los documentos aportados en el IET y que resuelven problemas colaterales distintos del esencial de la presente invención. Así, por ejemplo, la reivindicación 3 se refiere a la circuitería de tratamiento digital de las señales generadas en los fotodiodos, ya conocida extensamente para cualquier dispositivo semiconductor de medición y de aplicación evidente y necesaria en el dispositivo de D01 (la resolución por división en incrementos digitales que se menciona en el párrafo [0012] de D01 requiere evidentemente un convertidor A/D, un microprocesador y demás elementos electrónicos de transmisión de señales conocidos). Y otro tanto puede afirmarse de los materiales para resolver el problema de la protección frente a radiaciones perjudiciales recogidos en la reivindicación 10, ya conocidos en aplicaciones de irradiación solar como el convertidor fotovoltaico del documento D03. Un experto de la técnica recurrirá de forma evidente a este documento para solucionar dicho problema de la misma manera que lo hace la presente invención, al igual que encontrará idénticas soluciones en el estado de la técnica para los problemas de unión de la tapadera y encapsulado del dispositivo. Y, por último, la integración de dispositivos semejantes de la reivindicación 13 constituye una yuxtaposición evidente de elementos conocidos actuando de la forma prevista, sin que su combinación produzca un efecto sorprendente o inesperado respecto a cada elemento por separado. Las mencionadas reivindicaciones 3, 10, 12, 13 y 15 carecen, por tanto, de actividad inventiva según el Art. 8 de la LP.