



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 298 639**

51 Int. Cl.:
G01S 3/786 (2006.01)
G01J 1/42 (2006.01)
G01S 3/783 (2006.01)
B60H 1/00 (2006.01)
G01S 3/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04006197 .0**
86 Fecha de presentación : **16.03.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1460448**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **22.09.2004**

54 Título: **Dispositivo para detectar la situación de una fuente de luz, procedimiento para calibrar el dispositivo y procedimiento para detectar la situación de una fuente de luz.**

30 Prioridad: **19.03.2003 DE 103 12 311**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2008

73 Titular/es: **Behr-Hella Thermocontrol GmbH**
Mauserstrasse 3
D-70469 Stuttgart, DE

72 Inventor/es: **Stich, Bernd;**
Nagel, Dirk;
Knittel, Otto y
Trapp, Ralph

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 298 639 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

Dispositivo para detectar la situación de una fuente de luz, procedimiento para calibrar el dispositivo y procedimiento para detectar la situación de una fuente de luz.

La presente invención concierne a un dispositivo para detectar la situación de una fuente de luz con respecto a un sistema de coordenadas de referencia y/o la intensidad de radiación de la fuente de luz. Asimismo, la invención concierne a un procedimiento para calibrar un dispositivo de esta clase y a un procedimiento para detectar la situación de una fuente de luz con respecto al sistema de coordenadas de referencia y/o la intensidad de radiación de la fuente de luz.

Un dispositivo de la clase citada al principio comprende sensores para captar la radiación de luz en el dominio visible. Un dispositivo de esta clase es conocido, por ejemplo, por el documento US 5,072,105. El dispositivo revelado en este documento presenta un sensor de radiación de luz del lado izquierdo, un sensor de radiación de luz del lado derecho y un sensor horizontal de rayos de luz para determinar la cantidad de la luz solar que incide en un habitáculo de un vehículo automóvil, de modo que a partir de ella se puedan calcular el ángulo plano y el ángulo de elevación, así como la intensidad de la luz solar sobre la base de la cantidad de radiación solar detectada. El ángulo plano y el ángulo de elevación se emplean aquí para controlar la distribución del aire que sale de una instalación de climatización. Los sensores del dispositivo están dispuestos aquí sobre un medio de retención que forma un tronco de pirámide con una superficie de base cuadrada. El sensor horizontal está dispuesto aquí sobre la cara horizontal del tronco de pirámide y los sensores del lado derecho y del lado izquierdo están dispuestos sobre dos caras inclinadas contiguas del tronco de pirámide, estando dispuestas las superficies sensibles a la radiación en posiciones paralelas a las respectivas caras del tronco de pirámide sobre las cuales están dispuestos los sensores.

Para calcular el ángulo plano y el ángulo de elevación de la fuente de luz son necesarios entonces varios pasos de cálculo que contienen, entre otras, una diferenciación por casos. Este procedimiento de cálculo es complicado y requiere un coste técnico de programación relativamente alto. Otro inconveniente del dispositivo revelado en este documento es que el ángulo plano puede ser captado solamente dentro de un intervalo angular limitado. Cuando la fuente de luz se encuentra, por ejemplo, en el lado del tronco de pirámide en el que no están dispuestos los sensores, queda excluido un cálculo del ángulo plano.

El documento EP 0 930 512 B1 revela un dispositivo con tres sensores de luz. La magnitud de salida eléctrica de cada sensor depende del coseno del ángulo entre la dirección de la radiación y la normal a una superficie sensible a la radiación del sensor.

Por tanto, la invención se basa en el problema de proponer un dispositivo y un procedimiento para detectar la posición y/o la intensidad de una fuente de luz, en los que el cálculo sea netamente más sencillo.

Este problema se resuelve respecto del dispositivo por medio de un dispositivo con las características de la reivindicación 1 y respecto del procedimiento por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 29. Asimismo, se propone un procedimiento para calibrar el dispositivo de la invención según la reivindicación 33.

Un dispositivo según la invención presenta también tres sensores de luz. Los sensores generan una magnitud de salida eléctrica al incidir luz en ellos. La magnitud de salida de cada sensor depende del coseno del ángulo entre la dirección del vector de la luz incidente y la normal a una superficie sensible a la radiación del sensor. Además, las normales de los tres sensores son linealmente independientes una de otra. Por último, un dispositivo según la invención presenta unos medios de cálculo con los cuales se puede calcular a partir de las magnitudes de salida eléctricas el vector de la luz incidente en función de ángulos que identifican la posición de la superficie sensible a la radiación de los sensores.

Según la invención, se pueden asociar a los sensores sendos sistemas de coordenadas de sensor, estando éstos desplazados y girados en la medida de un vector con respecto al sistema de coordenadas de referencia asociado al dispositivo, describiéndose el giro por medio de una respectiva matriz de rotación.

Los primeros ejes y los segundos ejes de los sistemas de coordenadas de los sensores están situados aquí ventajosamente en la superficie sensible a la radiación de los sensores, mientras que los terceros ejes forman las normales a las superficies sensibles a la radiación.

Según la invención, los sistemas de coordenadas de los sensores y, vinculado con esto, también las superficies sensibles a la radiación de los sensores pueden estar girados entre ellos, en 120° cada vez, alrededor del tercer eje del sistema de coordenadas de referencia. Además, los sistemas de coordenadas de los sensores pueden estar girados alrededor de sus primeros ejes en la medida de ángulos iguales de preferiblemente 10° a 30° con respecto al primer eje del sistema de coordenadas de referencia. Estos ángulos pueden valer aquí, por ejemplo, 20°.

Los sensores pueden estar formados por componentes de sensor o bien por componentes de sensor y otros componentes. Los componentes de sensor consisten ventajosamente en fotodiodos.

Los sensores pueden estar conectados eléctricamente en una respectiva primera rama en paralelo con una respectiva segunda rama equipada con un condensador. Asimismo, las primeras ramas pueden estar conectadas eléctricamente en

ES 2 298 639 T3

paralelo con sendas terceras ramas equipadas con una resistencia óhmica ajustable. En serie con la resistencia ajustable de la tercera rama puede estar conectada una resistencia óhmica no ajustable.

5 Asimismo, en serie con cada primera rama y eventualmente con cada segunda y cada tercera rama puede estar conectada una cuarta rama equipada con una resistencia óhmica ajustable. En serie con esta resistencia óhmica ajustable puede estar conectada en la cuarta rama una resistencia óhmica no ajustable. Las resistencias no ajustables de la tercera y la cuarta rama pueden servir aquí de resistencias de medida.

10 El circuito en serie compuesto de la cuarta rama y la primera rama, así como eventualmente de la segunda y la tercera rama, puede estar conectado a una fuente de tensión que tiene una tensión de funcionamiento. Esta tensión de funcionamiento puede ser, por ejemplo, de 5 V.

15 En paralelo con los circuitos en serie compuestos de la cuarta rama y la primera rama, así como eventualmente de la segunda y la tercera rama, puede estar conectado un condensador.

Los sensores están dispuestos ventajosamente sobre un medio de retención. El medio de retención presenta caras sobre las que están fijados los sensores. Las caras pueden estar dispuestas aquí en posiciones paralelas a las superficies sensibles a la radiación de los sensores.

20 El dispositivo puede presentar una carcasa al menos parcialmente permeable a la luz.

Un dispositivo según la invención puede comprender un microprocesador en calidad de medio de cálculo. Se pueden aplicar entonces al microprocesador las magnitudes de salida eléctricas de los sensores. Esto se puede realizar con intercalación de convertidores analógicos-digitales.

25 El microprocesador puede estar preparado de modo que un vector formado a partir de las magnitudes de salida de los sensores sea multiplicado por la inversa de una matriz para obtener el vector de la luz incidente, comprendiendo la matriz los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores con respecto al sistema de coordenadas de referencia. Ventajosamente, se define la matriz en la forma siguiente:

30

$$35 \quad A = \begin{bmatrix} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \cos \beta_1 + \sin \gamma_1 \sin \beta_1 & \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 - \sin \gamma_1 \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 \cos \alpha_1 \\ \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \cos \beta_2 + \sin \gamma_2 \sin \beta_2 & \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \sin \beta_2 - \sin \gamma_2 \cos \beta_2 & \cos \gamma_2 \cos \alpha_2 \\ \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \cos \beta_3 + \sin \gamma_3 \sin \beta_3 & \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \sin \beta_3 - \sin \gamma_3 \cos \beta_3 & \cos \gamma_3 \cos \alpha_3 \end{bmatrix}$$

40 en donde sin equivale a sen, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ son los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del segundo eje del sistema de coordenadas de referencia, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ son los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del tercer eje del sistema de coordenadas de referencia y $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ son los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del primer eje del sistema de coordenadas de referencia.

45 El microprocesador puede estar preparado de modo que se calcule a partir del vector de la luz incidente el ángulo de elevación de la fuente de luz con respecto al sistema de coordenadas de referencia, siendo ventajosamente el ángulo de elevación

50

$$\phi = \arctan \left(\sqrt{\frac{s_x^2 + s_y^2}{s_z}} \right)$$

55

con s_x, s_y, s_z como componentes del vector de radiación.

60 Asimismo, es posible que el microprocesador esté preparado de modo que se calcule a partir del vector de la luz incidente el ángulo plano de la fuente de luz con respecto al sistema de coordenadas de referencia, siendo entonces ventajosamente el ángulo plano

65

$$\varphi = \arctan \left(\frac{s_y}{s_x} \right)$$

ES 2 298 639 T3

Además, el microprocesador puede estar preparado de modo que se calcule la intensidad de radiación a partir del vector de la luz incidente, siendo ventajosamente la intensidad

5

$$I = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}$$

10 El procedimiento según la invención para calibrar un dispositivo de la clase antes citada comprende un paso en el que se instala dicho dispositivo en un dispositivo de calibración y se le excita en dicho dispositivo de calibración por medio de una fuente de luz que emite una luz homogénea y difusa. Se ajustan entonces las resistencias ajustables a unos valores de resistencia de modo que las magnitudes de salida de los sensores tengan un valor prefijado. Ventajosamente, se miden las magnitudes de salida de los sensores antes del ajuste de los valores de resistencia. Seguidamente, en función de las magnitudes de salida medidas antes del ajuste de los valores de resistencia, se pueden calcular los valores de resistencia a los que se ajustan las resistencias ajustables. Un dispositivo de calibración empleado para el procedimiento de calibración según la invención puede ser una esfera de Ulbricht.

20 Ayudándose del dibujo se describen con más detalle ejemplos de realización de un dispositivo según la invención para detectar la situación y la intensidad de una fuente de luz. Muestran en el dibujo:

La figura 1, una vista en planta esquemática de un dispositivo según la invención con sistemas de coordenadas registrados,

25 La figura 2, un alzado lateral esquemático de un sensor del dispositivo según la figura 1,

La figura 3a, un alzado frontal de un dispositivo según la invención,

30 La figura 3b, una vista en planta del dispositivo de la invención según la figura 3a,

La figura 3c, un alzado lateral del dispositivo de la invención según las figuras 3a y 3b,

La figura 4, un esquema eléctrico del conexionado de un sensor y

35 La figura 5, un esquema eléctrico de un dispositivo según la invención.

Ayudándose de la representación esquemática de la figura 1 y la figura 2 se explica la idea que sirve de base a la invención. En la figura 1 se representan tres sensores D1, D2, D3 que consisten en fotodiodos. Éstos están fijados sobre una placa de base. En el centro de esta placa de base está colocado un sistema de coordenadas de referencia con los ejes x, y y z como ejes primero, segundo y tercero, respectivamente. Los ejes x e y están situados aquí en el plano de la superficie de base, mientras que el eje z es perpendicular a esta placa de base.

45 Los tres sensores presentan sendas superficies sensibles a la radiación. En el centro de estas superficies sensibles a la radiación de los sensores D₁, D₂, D₃ están colocados sendos sistemas de coordenadas de sensor. Los ejes del sistema de coordenadas de sensor del primer diodo tienen aquí la designación x₁, y₁ y z₁ para los ejes primero, segundo y tercero, respectivamente, del sistema de coordenadas. Los ejes de coordenadas del sistema de coordenadas de sensor que está colocado en el centro de la superficie sensible a la radiación del segundo diodo son x₂, y₂ y z₂ para los ejes primero, segundo y tercero, respectivamente. Los ejes de coordenadas del sistema de coordenadas de sensor asociado al tercer sensor D₃ se denominan de manera correspondiente x₃, y₃ y z₃ para los ejes de coordenadas primero, segundo y tercero, respectivamente. Por lo demás, los sistemas de coordenadas de los sensores, al igual que el sistema de coordenadas de referencia, consisten en sistemas de coordenadas cartesianas.

55 Los sistemas de coordenadas de los sensores están girados con respecto al sistema de coordenadas de referencia del dispositivo tanto alrededor del segundo eje del sistema de coordenadas de referencia, es decir, el eje y, en la medida de un ángulo $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 20^\circ$, como alrededor del tercer eje del sistema de coordenadas de referencia, es decir, el eje z. El giro alrededor del eje z es aquí de $\beta_1 = 0^\circ$ para el sistema de coordenadas del primer sensor, $\beta_2 = 120^\circ$ para el sistema de coordenadas para el segundo sensor y $\beta_3 = 240^\circ$ para el sistema de coordenadas del tercer sensor. El giro de los distintos sistemas de coordenadas de los sensores con respecto al sistema de coordenadas de referencia puede describirse entonces por medio de las matrices siguientes:

60

$$\bar{R}' = \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 \cos \beta_1 & \cos \alpha_1 \sin \beta_1 & -\sin \alpha_1 \\ \sin \gamma_1 \sin \alpha_1 \cos \beta_1 - \cos \gamma_1 \sin \beta_1 & \sin \gamma_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 + \cos \gamma_1 \cos \beta_1 & \sin \gamma_1 \cos \alpha_1 \\ \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \cos \beta_1 + \sin \gamma_1 \sin \beta_1 & \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 - \sin \gamma_1 \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 \cos \alpha_1 \end{bmatrix}$$

65

$$\bar{R}'' = \begin{bmatrix} \cos\alpha_2 \cos\beta_2 & \cos\alpha_2 \sin\beta_2 & \sin\alpha_2 \\ \sin\gamma_2 \sin\alpha_2 \cos\beta_2 - \cos\gamma_2 \sin\beta_2 & \sin\gamma_2 \sin\alpha_2 \sin\beta_2 + \cos\gamma_2 \cos\beta_2 & \sin\gamma_2 \cos\alpha_2 \\ \cos\gamma_2 \sin\alpha_2 \cos\beta_2 + \sin\gamma_2 \sin\beta_2 & \cos\gamma_2 \sin\alpha_2 \sin\beta_2 - \sin\gamma_2 \cos\beta_2 & \cos\gamma_2 \cos\alpha_2 \end{bmatrix}$$

$$\bar{R}''' = \begin{bmatrix} \cos\alpha_3 \cos\beta_3 & \cos\alpha_3 \sin\beta_3 & \sin\alpha_3 \\ \sin\gamma_3 \sin\alpha_3 \cos\beta_3 - \cos\gamma_3 \sin\beta_3 & \sin\gamma_3 \sin\alpha_3 \sin\beta_3 + \cos\gamma_3 \cos\beta_3 & \sin\gamma_3 \cos\alpha_3 \\ \cos\gamma_3 \sin\alpha_3 \cos\beta_3 + \sin\gamma_3 \sin\beta_3 & \cos\gamma_3 \sin\alpha_3 \sin\beta_3 - \sin\gamma_3 \cos\beta_3 & \cos\gamma_3 \cos\alpha_3 \end{bmatrix}$$

El origen de cada sistema de coordenadas de sensor está desplazado en la medida de un respectivo vector \bar{E}_1 , \bar{E}_2 y \bar{E}_3 con relación al origen del sistema de coordenadas de referencia. Estos vectores \bar{E}_1 , \bar{E}_2 y \bar{E}_3 tienen aquí una misma longitud y una misma componente en la dirección z del sistema de coordenadas de referencia. El vector \bar{E}_1 , que apunta desde el origen del sistema de coordenadas de referencia hacia el origen del sistema de coordenadas del primer sensor, está situado aquí en el plano x-z del sistema de coordenadas de referencia, de modo que no presenta ninguna componente y con respecto del dicho sistema de coordenadas de referencia. El vector \bar{E}_2 , que mira desde el origen del sistema de coordenadas de referencia hacia el origen del sistema de coordenadas del segundo sensor D_2 , está girado en 120° alrededor del eje z del sistema de coordenadas de referencia con respecto a este primer vector \bar{E}_1 . El vector \bar{E}_3 , que mira desde el origen del sistema de coordenadas de referencia hacia el origen del sistema de coordenadas del tercer sensor D_3 , presenta frente al vector \bar{E}_1 un giro de 240° alrededor del eje z del sistema de coordenadas de referencia.

La luz que se irradia desde una fuente de luz hacia el dispositivo según la invención puede describirse con un vector \bar{S} en el sistema de coordenadas de referencia con las coordenadas del punto final s_x, s_y, s_z . Sin embargo, este vector \bar{S} no se puede indicar solamente en el sistema de coordenadas de referencia, sino que, por el contrario, el vector \bar{S} se puede indicar también en cada uno de los sistemas de coordenadas de los sensores. Resulta entonces para el sistema de coordenadas del primer sensor D_1 la siguiente ecuación de representación:

$$\bar{S}_1 = \begin{pmatrix} s_{x1} \\ s_{y1} \\ s_{z1} \end{pmatrix} = R_1 \bar{S} - \bar{E}_1$$

De manera análoga, resulta para el vector \bar{S} en el sistema de coordenadas del segundo y del tercer sensor D_2, D_3 una respectiva ecuación de entre las ecuaciones siguientes:

$$\bar{S}_2 = \begin{pmatrix} s_{x2} \\ s_{y2} \\ s_{z2} \end{pmatrix} = R_2 \bar{S} - \bar{E}_2$$

$$\bar{S}_3 = \begin{pmatrix} s_{x3} \\ s_{y3} \\ s_{z3} \end{pmatrix} = R_3 \bar{S} - \bar{E}_3$$

Dado que es sabido que en la aplicación preferida del procedimiento según la invención para la medición de la situación del sol la luz solar incidente es homogénea y paralela y, por tanto, la luz solar incidente en los sensores es igual tanto en dirección como en magnitud, se simplifican las ecuaciones anteriores despreciando el vector de traslación \bar{E}_1 , \bar{E}_2 y \bar{E}_3 . Por tanto, se simplifican las ecuaciones dando las ecuaciones siguientes:

$$\bar{S}_1 = \begin{pmatrix} s_{x1} \\ s_{y1} \\ s_{z1} \end{pmatrix} = R_1 \cdot \bar{S}$$

$$\bar{S}_2 = \begin{pmatrix} s_{x2} \\ s_{y2} \\ s_{z2} \end{pmatrix} = R_2 \cdot \bar{S}$$

$$\bar{S}_3 = \begin{pmatrix} s_{x3} \\ s_{y3} \\ s_{z3} \end{pmatrix} = R_3 \cdot \bar{S}$$

La componente z s_{z1} del vector \bar{S} (figura 2) es la proyección del vector \bar{S}_1 sobre el eje z_1 del sistema de coordenadas del primer sensor D_1 y resulta ser:

$$s_{z1} = \bar{S} \cdot \bar{e}_{z1} = |\bar{S}| \cdot |\bar{e}_{z1}| \cdot \cos \varphi_1 = |\bar{S}| \cos \varphi_1$$

De manera análoga, las componentes z del vector \bar{S} respecto del sistema de coordenadas del segundo sensor D_2 y del tercer sensor D_3 resultan ser:

$$s_{z2} = \bar{S} \cdot \bar{e}_{z2} = |\bar{S}| \cdot |\bar{e}_{z2}| \cos \varphi_2 = |\bar{S}| \cos \varphi_2$$

$$s_{z3} = \bar{S} \cdot \bar{e}_{z3} = |\bar{S}| \cdot |\bar{e}_{z3}| \cos \varphi_3 = |\bar{S}| \cos \varphi_3$$

Asimismo, es sabido por los sensores D_1 , D_2 y D_3 que las intensidades de corriente eléctricas I_{D1} , I_{D2} , I_{D3} generadas al producirse una irradiación de dichos sensores D_1 , D_2 , D_3 dependen linealmente del coseno del ángulo γ_1 , γ_2 , γ_3 entre el vector \bar{S} de la luz incidente y el eje z de los sistemas de coordenadas de los sensores. Un factor de proporcionalidad entre las intensidades de corriente y el coseno es aquí la magnitud del vector \bar{S} y otro factor es una constante K_1 , K_2 , K_3 típica del sensor. Resultan así las ecuaciones siguientes:

$$I_{D1} = K_1 |\bar{S}| \cos \varphi_1$$

$$I_{D2} = K_2 |\bar{S}| \cos \varphi_2$$

$$I_{D3} = K_3 |\bar{S}| \cos \varphi_3$$

ES 2 298 639 T3

Por sustitución se obtienen entonces para las intensidades de corriente de los sensores las ecuaciones siguientes:

$$I_{D1} = K_1 s_{z1}$$

$$I_{D2} = K_2 s_{z2}$$

$$I_{D3} = K_3 s_{z3}$$

a partir de las cuales se puede establecer el siguiente sistema de ecuaciones

$$\begin{pmatrix} I_{D1} \\ I_{D2} \\ I_{D3} \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{pmatrix} \Leftrightarrow \bar{I} = A \cdot \bar{S}$$

con

$$A = \begin{bmatrix} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \cos \beta_1 + \sin \gamma_1 \sin \beta_1 & \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 - \sin \gamma_1 \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 \cos \alpha_1 \\ \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \cos \beta_2 + \sin \gamma_2 \sin \beta_2 & \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \sin \beta_2 - \sin \gamma_2 \cos \beta_2 & \cos \gamma_2 \cos \alpha_2 \\ \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \cos \beta_3 + \sin \gamma_3 \sin \beta_3 & \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \sin \beta_3 - \sin \gamma_3 \cos \beta_3 & \cos \gamma_3 \cos \alpha_3 \end{bmatrix}$$

Este sistema de ecuaciones se puede resolver unívocamente cuando las ecuaciones resultantes del mismo son linealmente independientes. Esto quiere decir que la orientación de los ejes z de los sistemas de coordenadas de los sensores y, por tanto, de las caras sensibles a la radiación de los sensores D₁, D₂, D₃ en el espacio ha de ser diferente y conocida. Resolviendo la ecuación matricial

$$\bar{S} = A^{-1} \cdot \bar{I}$$

se pueden obtener las componentes del vector \bar{S} , a partir de las cuales se pueden calcular después nuevamente según las ecuaciones siguientes los ángulos sólidos ϕ y φ respecto del sistema de coordenadas de referencia y la intensidad de radiación:

$$\varphi = \arctan \left(\frac{s_y}{s_x} \right)$$

$$\phi = \arctan \left(\frac{\sqrt{s_x^2 + s_y^2}}{s_z} \right)$$

$$I = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}$$

Por tanto, las tres ecuaciones anteriores y la ecuación para el cálculo del vector \bar{S} a partir de las intensidades de corriente de los diodos son suficientes para calcular las magnitudes buscadas.

ES 2 298 639 T3

En la figura 3 se representa un ejemplo de realización de un dispositivo según la invención o de una parte de un dispositivo según la invención. El dispositivo según la invención representado en la figura 3 presenta un medio de retención 4 en el que están montados los sensores D_1, D_2, D_3 . El medio de retención 4 está configurado aquí en forma de Y, siendo idénticas las distintas alas, pero estando configuradas de manera que están decaladas en 120° una respecto de otra (simetría C_3). En las alas del medio de retención 4 están previstas unas caras sobre las cuales están montados los sensores D_1, D_2, D_3 . Las caras están inclinadas aquí con un ángulo de $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 20^\circ$. Este ángulo corresponde aquí al ángulo en el que están girados los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del eje y. Sobre las caras de las alas están montados los sensores D_1, D_2, D_3 , los cuales están constituidos en este caso por fotodiodos, siendo la cara sensible a la radiación de los sensores D_1, D_2, D_3 paralela a las caras de los medios de retención 4. Los sensores D_1, D_2, D_3 están integrados en un circuito eléctrico a través de patillas de conexión a, c, tal como se representa en la figura 4 y en la figura 5.

En la figura 4 se representa una parte del circuito eléctrico del dispositivo según la invención, estando constituida esta parte por los componentes asociados a un sensor. Las partes del circuito asociadas a los otros dos sensores D_2, D_3 están conectadas en paralelo con la parte representada y unidas una con otra al potencial de masa y al potencial $VCC = +5\text{ V}$, respectivamente. La parte del circuito según la figura 4 presenta el sensor D_1 en una primera rama. En paralelo con esta primera rama está conectada una segunda rama que comprende un condensador C_{D1} . En paralelo con esta primera rama y con la segunda rama está conectada, además, una tercera rama que comprende la conexión en serie de una resistencia óhmica ajustable R_3 y una resistencia óhmica R_4 . Las ramas primera, segunda y tercera están unidas aquí con el potencial de masa de modo que el cátodo del sensor D_1 esté al potencial de masa. A través de las ramas primera, segunda y tercera disminuye una tensión U_{d1} que depende linealmente de la intensidad de corriente I_{D1} del sensor. En serie con las ramas primera, segunda y tercera de la parte del circuito está conectada, entre el potencial VCC y el lado del ánodo del sensor D_1 , una cuarta rama que comprende una resistencia eléctrica ajustable R_1 y una resistencia óhmica R_2 . En paralelo con la conexión en serie de las ramas primera, segunda y tercera, por un lado, y con la cuarta rama, por otro, está conectado un condensador C_{VCC} entre el polo positivo VCC y el potencial de masa.

En un circuito parcial según la figura 4 se determina que la tensión decreciente a través del sensor D_1 , en función de la intensidad de corriente I_{D1} que circula por el primer sensor D_1 , es:

$$U_{d1} = U_{VCC} \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} - I_{D1} \cdot \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4},$$

en donde la corriente del diodo es igual a

$$I_{d1} = K_1 \cdot |\bar{S}| \cdot \cos \varphi_1$$

y depende de un factor K_1 específico del sensor. Para que se puedan compensar los diferentes factores de proporcionalidad K_1, K_2 y K_3 de los tres sensores D_1, D_2, D_3 , se calibra cada circuito parcial o bien todo el circuito de un dispositivo según la invención por ajuste de las resistencias óhmicas ajustables R_1 y R_3 .

En el dibujo representado en la figura 5 se ha elegido una estructura de circuito simplificada para cada circuito parcial 1, 2, 3. En la primera rama se ha elegido aquí únicamente una resistencia óhmica no ajustable R_{12}, R_{22}, R_{32} , si bien ésta en principio puede ser también ajustable. Por el contrario, en la cuarta rama se ha utilizado solamente una resistencia óhmica ajustable R_{11}, R_{21}, R_{31} .

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para detectar la situación (ϕ , φ) del sol con respecto a un sistema de coordenadas de referencia y la intensidad de radiación (I) del sol, que comprende las características siguientes:

- el dispositivo presenta tres sensores de luz (D_1 , D_2 , D_3),
- los sensores (D_1 , D_2 , D_3) generan, al incidir la luz, una magnitud de salida eléctrica (U_{a1} , U_{a2} , U_{a3}),
- la magnitud de salida de cada sensor (D_1 , D_2 , D_3) depende del coseno del ángulo (ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3) entre la dirección de la radiación y la normal a una superficie sensible a la radiación del sensor,
- las normales de los tres sensores son linealmente independientes una de otra,
- el dispositivo presenta medios de cálculo con los cuales se puede calcular a partir de las magnitudes de salida eléctricas el vector (\vec{S}) de la luz incidente en función de ángulos (α_1 , α_2 , α_3 , β_1 , β_2 , β_3 , γ_1 , γ_2 , γ_3), identificando los ángulos la posición de la superficie sensible a la radiación de los sensores (D_1 , D_2 , D_3),
- el dispositivo comprende un microprocesador,
- el microprocesador está preparado de modo que un vector (\vec{U}_a) formado a partir de las magnitudes de salida (U_{a1} , U_{a2} , U_{a3}) de los sensores (D_1 , D_2 , D_3) sea multiplicado por la inversa de una matriz (A) para obtener el vector (\vec{S}) de la luz incidente, en donde

$$A = \begin{bmatrix} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \cos \beta_1 + \sin \gamma_1 \sin \beta_1 & \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 - \sin \gamma_1 \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 \cos \alpha_1 \\ \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \cos \beta_2 + \sin \gamma_2 \sin \beta_2 & \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \sin \beta_2 - \sin \gamma_2 \cos \beta_2 & \cos \gamma_2 \cos \alpha_2 \\ \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \cos \beta_3 + \sin \gamma_3 \sin \beta_3 & \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \sin \beta_3 - \sin \gamma_3 \cos \beta_3 & \cos \gamma_3 \cos \alpha_3 \end{bmatrix}$$

sin equivale a sen, α_1 , α_2 , α_3 son los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del segundo eje del sistema de coordenadas de referencia, β_1 , β_2 , β_3 son los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del tercer eje del sistema de coordenadas de referencia, y γ_1 , γ_2 , γ_3 son los ángulos de giro de los sistemas de coordenadas de los sensores alrededor del primer eje del sistema de coordenadas de referencia,

- el microprocesador está preparado de modo que se calcule a partir del vector (\vec{S}) de la luz incidente el ángulo de elevación (ϕ), el ángulo plano (φ) y la intensidad de radiación (I) del sol con respecto al sistema de coordenadas de referencia, siendo el ángulo de elevación

$$\phi = \arctan \left(\frac{\sqrt{s_x^2 + s_y^2}}{s_z} \right),$$

el ángulo plano

$$\varphi = \arctan \left(\frac{s_y}{s_x} \right)$$

y la intensidad de radiación

$$I = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2}$$

ES 2 298 639 T3

2. Dispositivo según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque los sensores llevan asociados sendos sistemas de coordenadas de sensor que están desplazados en la medida de un vector ($\bar{E}_1, \bar{E}_2, \bar{E}_3$) con respecto al sistema de coordenadas de referencia asociado al dispositivo y que son hechos girar por medio de una matriz de rotación (R_1, R_2, R_3).
3. Dispositivo según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque los primeros ejes (x_1, x_2, x_3) y los segundos ejes (y_1, y_2, y_3) de los sistemas de coordenadas de los sensores están situados en la superficie sensible a la radiación de los sensores y los terceros ejes (z_1, z_2, z_3) de los sistemas de coordenadas de los sensores forman las normales a las superficies sensibles a la radiación.
4. Dispositivo según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque los sistemas de coordenadas de los sensores están girados cada vez en 120° uno respecto de otro alrededor del tercer eje del sistema de coordenadas de referencia.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado** porque los sistemas de coordenadas de los sensores están girados alrededor de sus segundos ejes (y_1, y_2, y_3), en la medida de ángulos iguales ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) de preferiblemente 10° a 30° , con respecto al segundo eje (y) del sistema de coordenadas de referencia.
6. Dispositivo según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque los ángulos ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) valen 20° .
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los sensores (D_1, D_2, D_3) están formados por componentes de sensor.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque los sensores están formados por componentes de sensor y otros componentes.
9. Dispositivo según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque los componentes de sensor son fotodiodos.
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los sensores (D_1, D_2, D_3) están conectados eléctricamente en sendas primeras ramas en paralelo con sendas segundas ramas equipadas con un condensador (C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}).
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las primeras ramas están conectadas eléctricamente en paralelo con sendas terceras ramas equipadas con una resistencia óhmica ajustable (R_{31}, R_{32}, R_{33}).
12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado** porque en serie con la resistencia ajustable (R_{31}, R_{32}, R_{33}) de la tercera rama está conectada una resistencia óhmica (R_{41}, R_{42}, R_{43}).
13. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en serie con cada primera rama y eventualmente con cada segunda y tercera rama está conectada una cuarta rama equipada con una resistencia óhmica ajustable (R_{11}, R_{12}, R_{13}).
14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado** porque en serie con la resistencia ajustable (R_{11}, R_{12}, R_{13}) de la cuarta rama está conectada una resistencia óhmica (R_{21}, R_{22}, R_{23}).
15. Dispositivo según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado** porque los circuitos en serie (1, 2, 3) constituidos por la cuarta rama y la primera rama, así como eventualmente por la segunda y la tercera rama, están conectados a una fuente de tensión que posee una tensión de funcionamiento (U_{VCC}).
16. Dispositivo según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque la tensión de funcionamiento es $U_{VCC} = 5$ V.
17. Dispositivo según una de las reivindicaciones 13 a 16, **caracterizado** porque en paralelo con los circuitos en serie (1, 2, 3) constituido por la cuarta rama y la primera rama, así como eventualmente por la segunda y la tercera rama, está conectado un condensador (C_{VCC}).
18. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los sensores (D_1, D_2, D_3) están dispuestos sobre un medio de retención.
19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado** porque el medio de retención presenta caras sobre las cuales están dispuestos los sensores (D_1, D_2, D_3).
20. Dispositivo según la reivindicación 19, **caracterizado** porque las caras están dispuestas paralelamente a la superficie sensible a la radiación de los sensores (D_1, D_2, D_3).
21. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el dispositivo presenta una carcasa al menos parcialmente permeable a la luz.

ES 2 298 639 T3

22. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las magnitudes de salida eléctricas (U_{a1} , U_{a2} , U_{a3}) de los sensores (D_1 , D_2 , D_3) se aplican al microprocesador.

23. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las magnitudes de salida eléctricas (U_{a1} , U_{a2} , U_{a3}) de los sensores (D_1 , D_2 , D_3) se aplican al microprocesador con intercalación de convertidores analógicos-digitales.

24. Procedimiento para detectar la situación del sol con respecto a un sistema de coordenadas de referencia y la intensidad de radiación (I) del sol por medio de un dispositivo según la reivindicación 1 y especialmente por medio de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 23, **caracterizado** por el paso siguiente:

- las magnitudes de salida (U_{a1} , U_{a2} , U_{a3}) generadas por los sensores al incidir luz en ellos son alimentadas a un microprocesador que multiplica un vector (\vec{U}_a), formado por las magnitudes de salida, por la matriz inversa (A^{-1}) de una matriz (A) para obtener el vector (\vec{S}) de la luz incidente en el sistema de coordenadas de referencia, en donde se cumple que

$$A = \begin{bmatrix} \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \cos \beta_1 + \sin \gamma_1 \sin \beta_1 & \cos \gamma_1 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 - \sin \gamma_1 \cos \beta_1 & \cos \gamma_1 \cos \alpha_1 \\ \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \cos \beta_2 + \sin \gamma_2 \sin \beta_2 & \cos \gamma_2 \sin \alpha_2 \sin \beta_2 - \sin \gamma_2 \cos \beta_2 & \cos \gamma_2 \cos \alpha_2 \\ \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \cos \beta_3 + \sin \gamma_3 \sin \beta_3 & \cos \gamma_3 \sin \alpha_3 \sin \beta_3 - \sin \gamma_3 \cos \beta_3 & \cos \gamma_3 \cos \alpha_3 \end{bmatrix}$$

25. Uso de un dispositivo según unas de las reivindicaciones 1 a 23 para detectar la situación (ϕ , φ) del sol con respecto a un sistema de coordenadas de referencia y la intensidad de radiación (I) del sol.

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

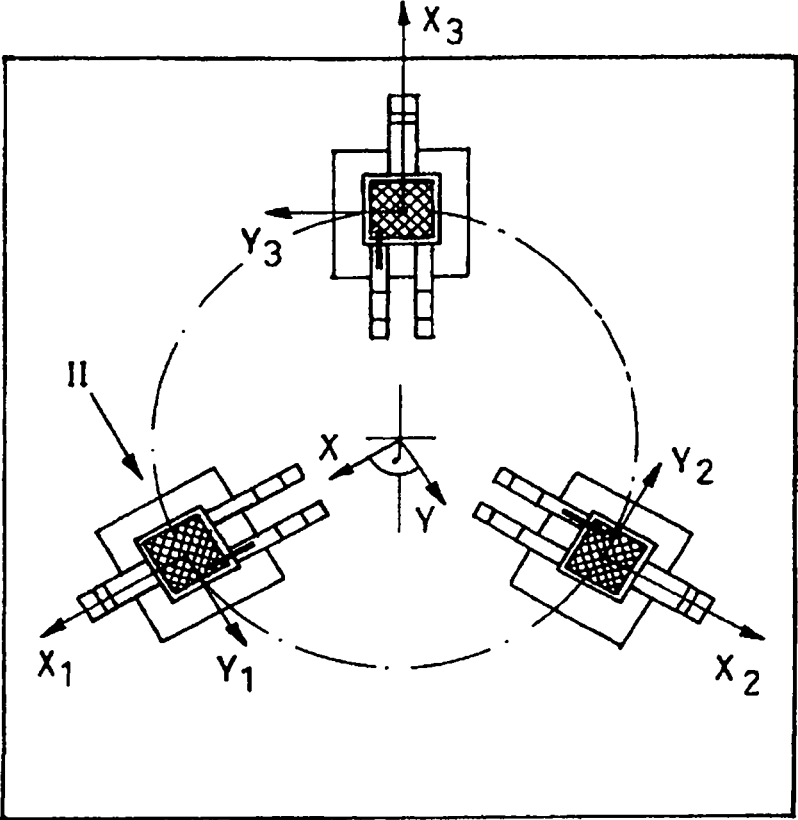


Fig. 2

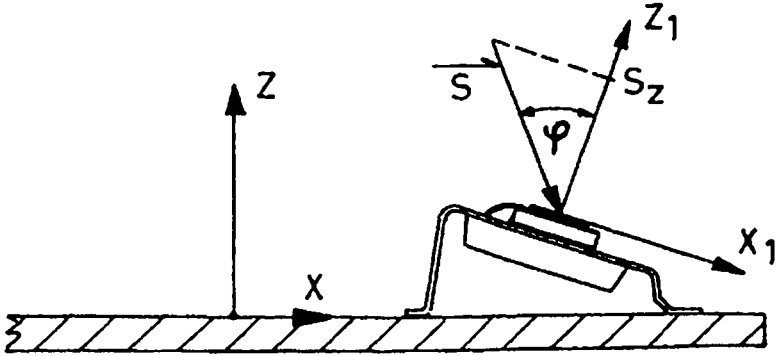


Fig.3a

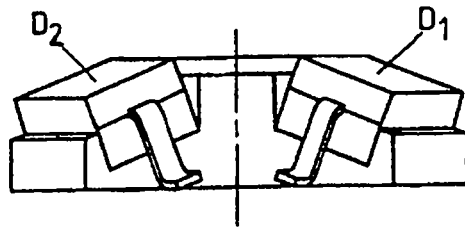


Fig.3b

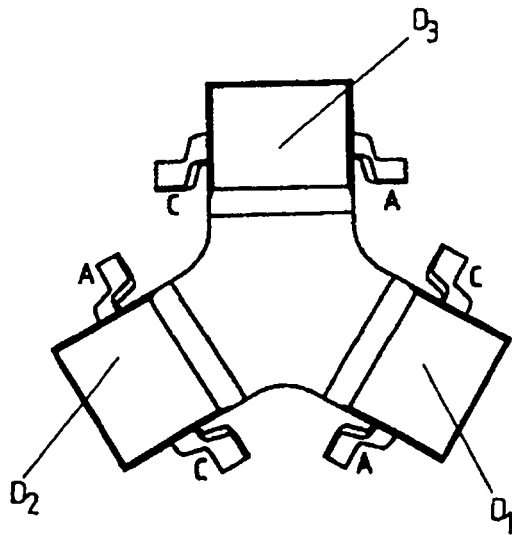


Fig.3c

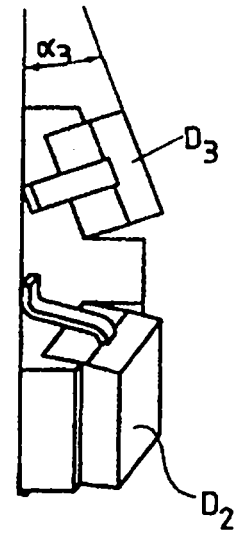


Fig.4

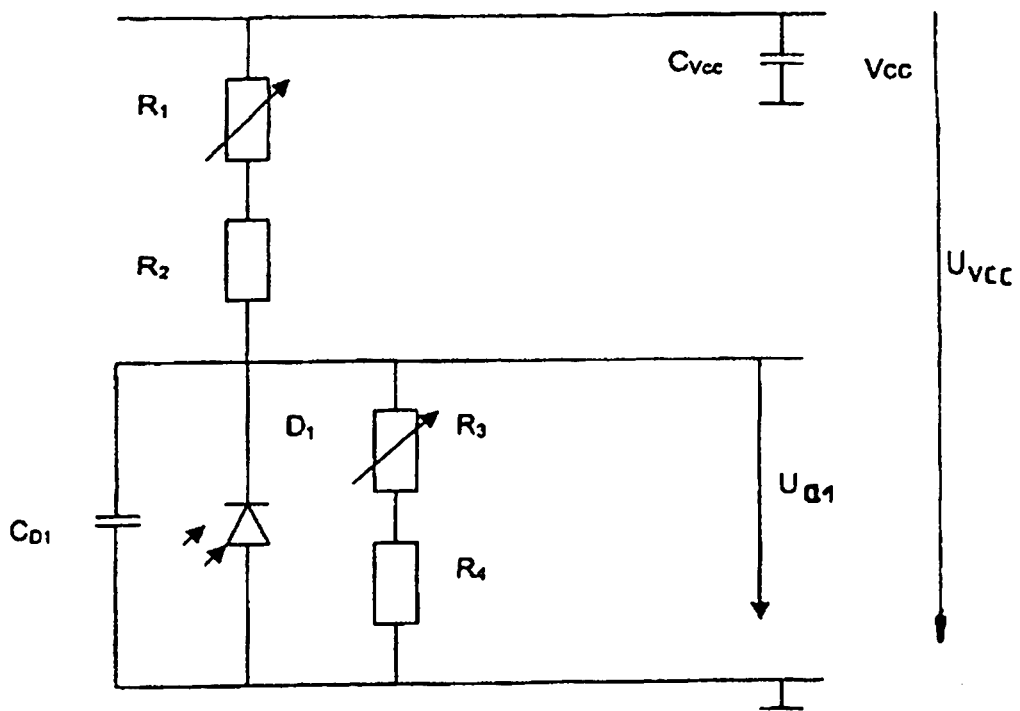


Fig.5

