



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 291**

21 Número de solicitud: 201030200

51 Int. Cl.:
G01T 1/29 (2006.01)
H01L 31/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación: **12.02.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **19.10.2011**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
19.10.2011

71 Solicitante/s: **Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)**
c/ Serrano, 117
28006 Madrid, ES

72 Inventor/es: **Bassignana, Daniela;**
Lozano Fantoba, Manuel y
Pellegrini, Giulio

74 Agente: **Pons Ariño, Ángel**

54 Título: **Detector de radiación ionizante sensible a la posición 2D.**

57 Resumen:

Detector de radiación ionizante sensible a la posición 2D. El objeto de la presente invención es un dispositivo detector (1) que permite detectarla, tanto la presencia de radiación ionizante como su posición en un plano bidimensional. El detector (1) comprende un cristal de semiconductor (2) con un electrodo en una de sus caras, y donde la cara opuesta comprende otro electrodo formado por una pluralidad de micropistas (P_1 - P_6), caracterizado porque cada micropista (P_1 - P_6) comprende una capa de material resistivo (7) y está conectada por ambos extremos a circuitos de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}).

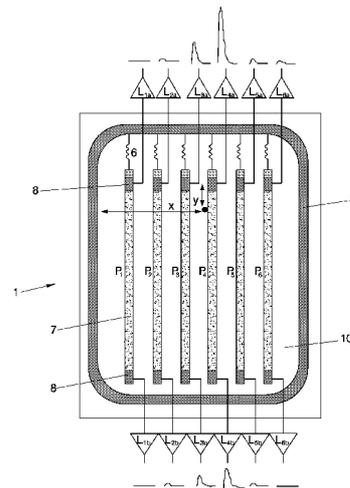


FIG. 5

ES 2 366 291 A1

DESCRIPCIÓN

Detector de radiación ionizante sensible a la posición 2D.

Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es un dispositivo que permite detectar la tanto la presencia de radiación ionizante como su posición en un plano bidimensional.

Antecedentes de la invención

Existen varios tipos de detectores de radiación ionizante ampliamente conocidos en la técnica, como por ejemplo los detectores de semiconductor de alta resistividad. Estos detectores son de pequeño tamaño y según el tipo de material pueden funcionar a temperatura ambiente, motivos por los que son aplicables a muchos campos diferentes, desde la experimentación de física de altas energías o experimentos en el espacio hasta imagen médica o vigilancia de procesos industriales.

La Fig. 1 muestra un ejemplo de un detector de radiación (100) de semiconductor de alta resistividad de acuerdo con la técnica anterior. Este detector está formado por un bloque de cristal de semiconductor (102) que tiene dos electrodos, ánodo (A) y cátodo (C), formados en dos de sus caras opuestas por contactos óhmicos o rectificadores (103) según el tipo de semiconductor utilizado y recubiertos por un material metálico (104). Según una configuración habitual, el cátodo (C) está conectado a tierra (G) y a un circuito electrónico de lectura (L) para el procesado de la señal, mientras que el ánodo (A) está conectado a una fuente externa de tensión (V). Aplicando a los electrodos un voltaje de polarización inversa apropiado, se genera un campo eléctrico en el cristal semiconductor, representado en la figura por medio de unas flechas. Cuando una partícula de radiación ionizante (R) atraviesa el cristal semiconductor (102), pierde energía en el trayecto, generando nubes de electrones (e^-) y huecos (h^+) que, debido al campo eléctrico, se mueven respectivamente en dirección al ánodo (A) y al cátodo (C). Este movimiento de "cargas libres" genera un pulso de carga en el cátodo (C) que se traduce en una señal eléctrica del tipo representado en la parte superior derecha de la figura, y que es detectable por el circuito externo (L). Este detector de radiación (100) sólo es capaz de detectar la presencia de radiación ionizante, pero no su posición.

Con el objeto de obtener información acerca de la posición del evento, se desarrollaron los denominados detectores de micropistas. Estos detectores, basados en los mismos principios, tienen uno o ambos electrodos subdivididos en franjas o micropistas. La Fig. 2 muestra un ejemplo de detector de micropistas (200) donde uno de los electrodos está dividido en cuatro pistas (P_1, P_2, P_3, P_4), cada una de ellas con una anchura del orden de 10-30 micras, una longitud de algunos centímetros y un paso (distancia entre el centro de dos pistas adyacentes) de unas 25-100 micras. Cada una de estas pistas (P_1-P_4) constituye esencialmente un electrodo independiente de los demás y que está conectado a un circuito de lectura (L_4, L_5) de señal independiente (en la Fig. 2 sólo se representan dos de ellos). En este caso, cuando pasa una partícula de radiación ionizante (R), la nube de cargas que se desplaza hacia las pistas (P_1-P_4) debido al campo eléctrico genera señales más o menos intensas (de mayor o menor amplitud) en función de la cercanía de las pis-

tas (P_1-P_4) al lugar donde se han generado las cargas. De este modo, se puede deducir la posición de paso de la partícula (R) en la dimensión perpendicular a las pistas (P_1-P_4), siendo la resolución mayor cuanto menor sea el paso de las pistas (P_1-P_4). Por lo tanto, este detector (200) proporciona información acerca de la posición en una dimensión.

Evidentemente, la generalización de este concepto a dos dimensiones conduce a un detector de radiación formado por "pistas" cuadradas (píxeles). La Fig. 3 representa un detector (300) cuyos electrodos están configurados como una malla cuadrada, cada uno de cuyos elementos ($P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{21}, P_{22}, P_{23}$) está conectado a un circuito de lectura (L_{12}, L_{13}) correspondiente. Aunque este detector (300) permite obtener la posición en dos dimensiones, también necesita un sistema de lectura más complejo, lo cual aumenta sensiblemente el coste de producción.

Otra posibilidad conocida a partir de los detectores de micropistas es la segmentación del segundo electrodo, que también permite reconstruir una segunda coordenada. Sin embargo, segmentar ambos electrodos tiene el inconveniente de requerir un doble proceso de fabricación (uno por cada cara) y la necesidad de un segundo circuito de lectura desplazado con relación al primero. Esto se traduce en un aumento del coste de producción y del equipamiento electrónico, además de crecer la cantidad de material no sensible utilizado.

Existe también otro tipo de detectores de radiación sensibles a posición en 2D desarrollado como extensión de las cámaras de deriva presentadas por E. Gatti y P. Rehak en "Semiconductor Drift Chamber, An application of a novel charge transport scheme", Nucl. Instr. And Methods in Physics Research, vol. 22, páginas 608-614 (1984). Este detector (400), representado en la Fig. 4, está formado por dos juegos de cátodos (C) con forma de micropistas (P_1-P_7) paralelas situados caras opuestas del cristal de semiconductor (402). Al borde de esta estructura hay un ánodo (A) dividido en una fila de elementos. Al desplazarse las nubes de carga creadas por la radiación incidente (R), los huecos (h^+) son recogidos rápidamente en los cátodos (C), mientras que los electrones (e^-) van hacia los elementos que forman el ánodo (A) siguiendo las líneas del campo. Una coordenada del evento depende del tiempo de deriva de los electrones (e^-), mientras que la segunda coordenada se obtiene a partir de la distribución de la señal en los elementos del ánodo (A). Al igual que en el caso del detector de micropistas doble cara, este detector requiere un doble proceso de fabricación que aumenta considerablemente su coste de producción.

Por último, recientemente se ha descubierto que el bloque semiconductor de cualquiera de los detectores descritos se puede fabricar empleando materiales como por ejemplo, pero no exclusivamente, CdTe, CdZnTe, SiC, IHg, C, GaN, los cuales no requieren de ningún implante de dopaje para la formación de los electrodos. Es decir, en este caso cada electrodo o micropista estaría constituido únicamente por el recubrimiento metálico.

Descripción de la invención

En el presente documento, cuando se hable de la generación de cargas, ya sean electrones o huecos, como consecuencia del paso de radiación ionizante, se dirá que se ha producido un "evento". El detector objeto de la presente solicitud es un detector de semicon-

ductor capaz de detectar la posición de un evento en 2D manteniendo la sencillez de fabricación y el tipo de electrónica de lectura de un detector de micropistas de acuerdo con la técnica anterior. El concepto fundamental se basa en la sustitución del material metálico de los detectores del tipo descrito en la Fig. 2 por un material resistivo, además de conectar cada extremo de cada micropista a un circuito electrónico de lectura independiente. Además, el material del detector de la invención también se puede fabricar empleando semiconductores de alta resistividad, como por ejemplo CdTe, CdZnTe, SiC, IHg, C o GaN, en cuyo caso las micropistas estarían formadas únicamente por una capa de material resistivo.

Efectivamente, según la técnica anterior cada micropista tiene una capa de un material metálico de muy baja resistividad (por ejemplo, aluminio) y tiene un único circuito de lectura conectado a uno de sus extremos. En consecuencia, tanto la amplitud como el tiempo que tarda una señal generada por un evento desde que alcanza el contacto metálico de la micropista hasta que llega al circuito electrónico de lectura correspondiente es, a efectos prácticos, independiente de la posición del evento a lo largo de dicha micropista. Sin embargo, en un primer aspecto de la presente invención cada micropista del detector comprende una capa formada por un material resistivo y tiene dos circuitos de lectura, uno conectado a cada extremo. De este modo, la señal generada como consecuencia de un evento se transmite en ambos sentidos a lo largo del material resistivo de la micropista y es recogida en momentos diferentes y con diferente amplitud por los dos circuitos de lectura situados en sus extremos. Evidentemente, tanto la atenuación de la señal como la velocidad de transmisión a lo largo de la micropista dependen de las propiedades del material resistivo utilizado.

Así, la coordenada paralela a las micropistas se puede obtener de dos modos, bien a partir del tiempo que tarda una señal con respecto a la otra en llegar a los circuitos de lectura situados en los extremos de una micropista, o bien a partir de la diferencia de forma o amplitud de las señales recogidas por los circuitos de lectura situados en los extremos de una micropista. Por otro lado, la coordenada perpendicular a las micropistas se obtiene de un modo equivalente a la técnica anterior, es decir, en función de la amplitud o forma de las señales recogidas en las diferentes micropistas.

Un segundo aspecto de la invención describe un procedimiento para detectar radiación ionizante en 2D utilizando un detector como el descrito anteriormente, que comprende obtener la coordenada paralela a las micropistas a partir de la diferencia de tiempos de llegada de cada señal a cada circuito de lectura de dicha micropista.

Un tercer aspecto de la invención describe un procedimiento de detección de radiación ionizante en 2D utilizando un detector como el descrito anteriormente, que comprende obtener la coordenada paralela a las micropistas a partir de la diferencia de amplitud o forma de las señales recogidas por circuitos de lectura conectados a extremos opuestos de una micropista.

Descripción de los dibujos

La Fig. 1 muestra un detector de semiconductor de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 2 muestra un detector de micropistas de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 3 muestra un detector formado por micropistas cuadradas de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 4 muestra otro tipo de detector de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 5 muestra una vista en planta del detector de la presente invención.

La Fig. 6 muestra una sección longitudinal del detector de la figura 5 a lo largo de la micropista P₄.

Realización preferente de la invención

Se describe a continuación un ejemplo de un detector (1) de radiación de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas 5 y 6. Las figuras 5 y 6 se refieren al caso de acoplamiento AC (corriente alterna) de los electrodos con la electrónica de lectura, que es la configuración típica en los detectores de micropistas de la técnica anterior debido a la ventaja de desacoplar la señal de detección desde la corriente de fugas, reduciendo de esta manera el ruido electrónico. Sin embargo, se entiende que el acoplamiento en DC (corriente continua) es igualmente posible y puede ser utilizado en esta invención. Similarmente, a pesar de que en esta descripción el electrodo formado por micropistas es el cátodo (C), se entiende que también sería posible un detector (1) donde el electrodo formado por micropistas fuese el ánodo (A).

Además, el detector de este ejemplo se fabrica a partir un bloque de cristal de silicio y en consecuencia cada micropista (P₁-P₆) está formada por un implante de dopaje (3b) más un recubrimiento resistivo (7).

Por tanto, el detector (1) de este ejemplo está formado por un cristal de silicio de tipo n (2) de unos 300-500 μm de grosor con un área activa de unos cm² y en cuya cara superior hay unas micropistas (P₁-P₆) de unos 20-40 μm de anchura, algunos centímetros de longitud y un paso de entre 25 y 100 μm.

La cara superior del detector (1) comprende un anillo de guarda (5), formado por un implante (3a) de alta concentración de iones de boro (dopaje de tipo p⁺) y un recubrimiento metálico (4) que rodea la zona activa del detector (1) donde se encuentran las micropistas (P₁-P₆), estando los implantes (3b) de las micropistas (P₁-P₆) conectados por medio de unas resistencias (6) al anillo de guarda (5). El implante (3a) del anillo de guarda (5) y los implantes (3b) de las micropistas (P₁-P₆) tienen el mismo dopaje (tipo y concentración). Aunque no se representa en las figuras, el recubrimiento metálico (4) del anillo de guarda (5) está conectado eléctricamente a tierra, de modo que también lo están las micropistas (P₁-P₆) a través de las resistencias (6).

Las micropistas (P₁-P₆) están formadas por un implante de boro (3b) recubierto por una capa de material resistivo (7), por ejemplo silicio policristalino dopado. En los dos extremos de cada micropista (P₁-P₆) se disponen unos contactos metálicos (8) para la conexión con los respectivos circuitos electrónicos de lectura (L_{1a}, L_{1b}-L_{6a}, L_{6b}). Además, una capa delgada de aislante (9), preferiblemente óxido de silicio, dispuesta entre el implante (3b) y el recubrimiento resistivo (7) de las micropistas (P₁-P₆) actúa a modo de capacidad, parando la corriente continua de fugas antes de los circuitos de lectura (L_{1a}, L_{1b}-L_{6a}, L_{6b}). Las micropistas (P₁-P₆) están aisladas unas de otras por medio de un material aislante (10), preferiblemente óxido de silicio. En el caso de que el implante (3b) de dopaje de las micropistas (P₁-P₆) sea de tipo n⁺ sobre un volumen de tipo p, el material aislante (10) el ais-

lamiento será completado con difusiones o implantes adicionales de tipo p en el silicio entre las pistas.

En la cara inferior del detector (1), un implante (3c) de dopaje de tipo opuesto al de las micropistas (P_1 - P_6) garantiza un contacto óhmico con el correspondiente recubrimiento metálico (4) al cual se conecta la fuente de tensión (V) apropiada para polarizar inversamente el dispositivo.

El funcionamiento de este detector (1) es el siguiente: cuando una partícula de radiación ionizante (R) pasa a través la zona activa del cristal semiconductor (2) del detector (1) se producen parejas de electrones (e^-) y huecos (h^+). Estos electrones (e^-) y huecos (h^+), bajo la influencia del campo eléctrico generado por la polarización del detector (1), se desplazan respectivamente hacia el ánodo (A) y hacia las micropistas (P_1 - P_6) que constituyen los cátodos (C). En cada micropista (P_1 - P_6), la intensidad de las señales detectadas depende de su posición con respecto al lugar donde la carga se ha generado.

Como se observa en las gráficas que muestran la forma general de las señales obtenidas por cada circuito de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}) en las partes superior e inferior de la figura 5, la micropista (P_4) más cercana al evento recoge la mayoría de las cargas producidas y transmite señales más amplias que otras micropistas (P_1 , P_2 , P_3 , P_5 , P_6) más lejanas. La evaluación de la intensidad de las señales leídas por cada circuito de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}) permite reconstruir la posición del evento en el sentido perpendicular a las

pistas (P_1 - P_6), o coordenada X. Este procedimiento es similar al que se llevaba a cabo en detectores según la técnica anterior.

Sin embargo, las figura 5 y 6 también muestran cómo, por efecto de la capa de material resistivo (7), los dos circuitos de lectura (L_{4a} , L_{4b}) de la pista 4 obtienen señales diferentes tanto en la forma como en el tiempo. La forma y el retraso relativo de las señales obtenidas dependen de la longitud de la porción de micropista (P_4) entre los contactos (8) y el lugar donde se han producido las cargas libres al paso de la partícula (R). El mismo fenómeno puede manifestarse en pistas contiguas con señales menores.

Por tanto, comparando el retraso relativo ($t_2 - t_1$) o bien la diferencia de forma o intensidad, de las señales recibidas por los circuitos de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}) de los extremos de cada micropista (P_1 - P_6), es posible obtener la segunda coordenada (coordenada Y, paralela a las pistas) de la posición de paso de la partícula (P) con una resolución espacial que depende de la resistividad del material resistivo (7) utilizado.

Por lo tanto, el detector (1) es capaz de identificar la posición de paso de una partícula ionizante (R) en un plano XY sin necesidad de utilizar electrodos adjuntos o electrónica especial: el proceso de fabricación y la electrónica de lectura de la señales son de la misma entidad de los usados para un detector de micropistas de la técnica anterior.

REIVINDICACIONES

1. Detector (1) de radiación ionizante sensible a posición en 2D que comprende un cristal de semiconductor (2) con un electrodo en una de sus caras, y donde la cara opuesta comprende otro electrodo formado por una pluralidad de micropistas (P_1 - P_6), **caracterizado** porque la capa externa de cada micropista (P_1 - P_6) es de material resistivo (7), estando dicha capa externa de cada micropista (P_1 - P_6) conectada por ambos extremos a circuitos de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}).

2. Procedimiento de detección de radiación ionizante en 2D por medio del detector (1) descrito en la reivindicación 1, donde la coordenada perpendicular a las micropistas se obtiene en función de la amplitud o forma de las señales recogidas en las diferentes micropistas, **caracterizado** porque comprende obtener la coordenada paralela a las micropistas (P_1 - P_6) a partir de la diferencia de tiempos de llegada de las señales recogidas por los circuitos de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}) conectados a los extremos opuestos de cada micropista (P_1 - P_6).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

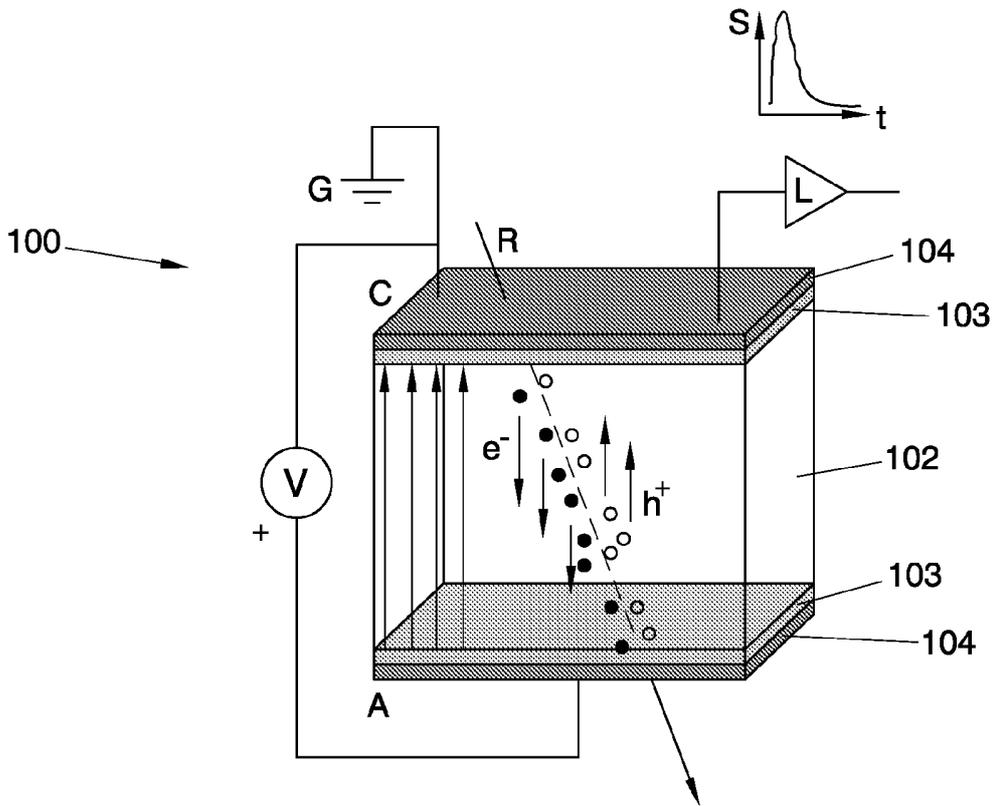
55

60

65

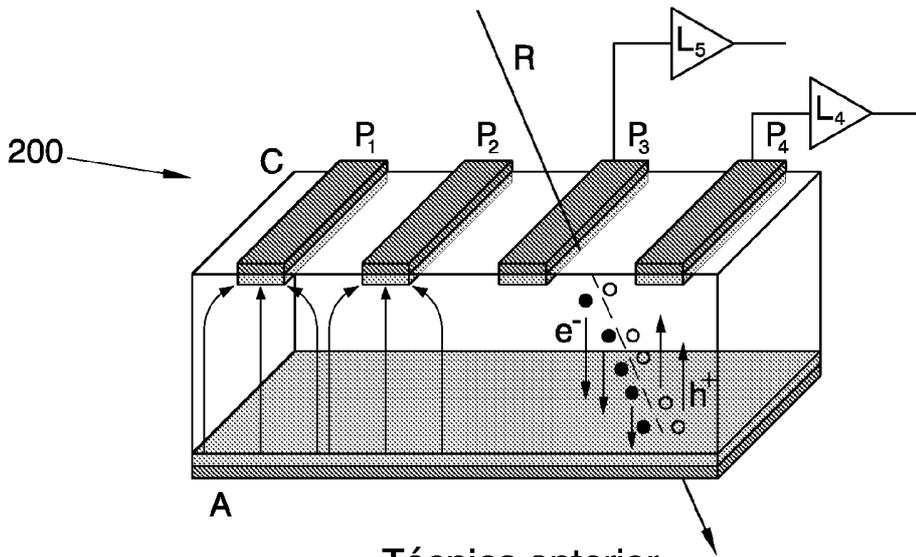
ner la coordenada paralela a las micropistas (P_1 - P_6) a partir de la diferencia de tiempos de llegada de las señales recogidas por los circuitos de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}) conectados a los extremos opuestos de cada micropista (P_1 - P_6).

3. Procedimiento de detección de radiación ionizante en 2D por medio del detector (1) descrito en la reivindicación 1, donde la coordenada perpendicular a las micropistas se obtiene en función de la amplitud o forma de las señales recogidas en las diferentes micropistas, **caracterizado** porque comprende obtener la coordenada paralela a las micropistas (P_1 - P_6) a partir de la diferencia de forma o amplitud de las señales recogidas por los circuitos de lectura (L_{1a} , L_{1b} - L_{6a} , L_{6b}) conectados a los extremos opuestos de cada micropista (P_1 - P_6).



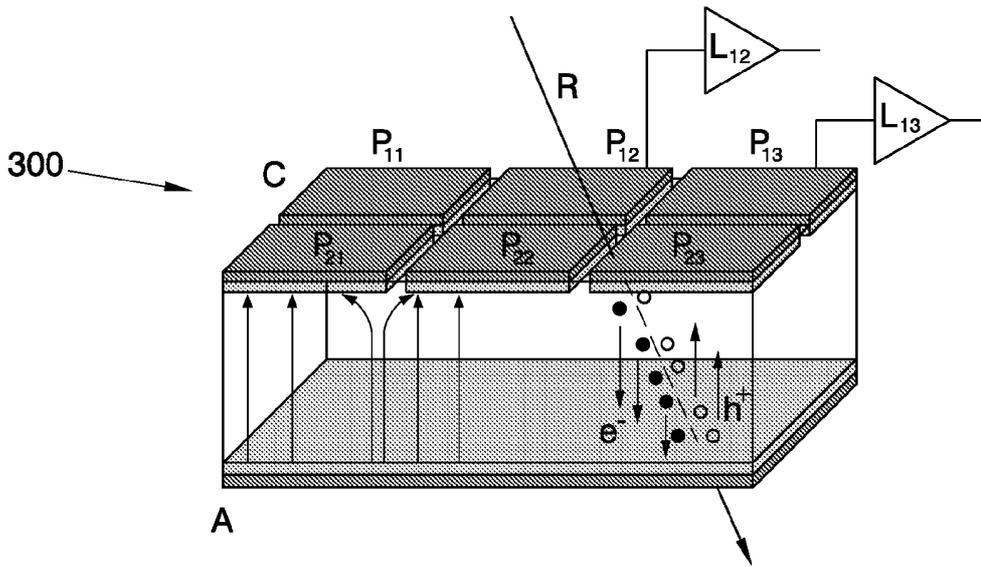
Técnica anterior

FIG. 1



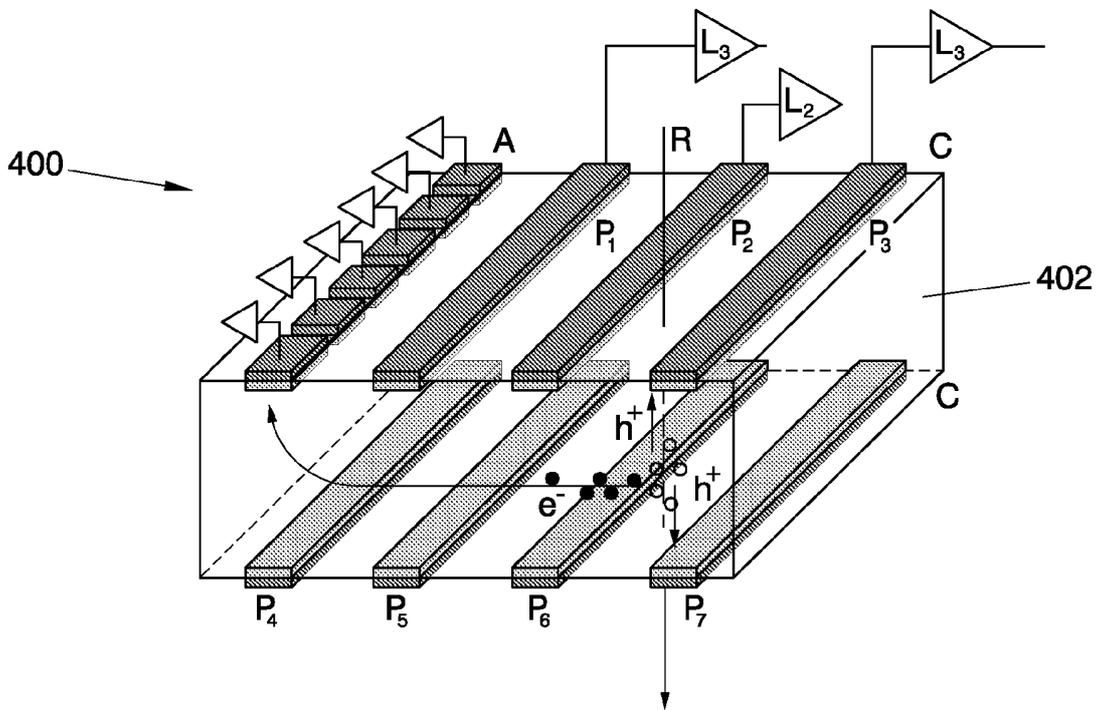
Técnica anterior

FIG. 2



Técnica anterior

FIG. 3



Técnica anterior

FIG. 4

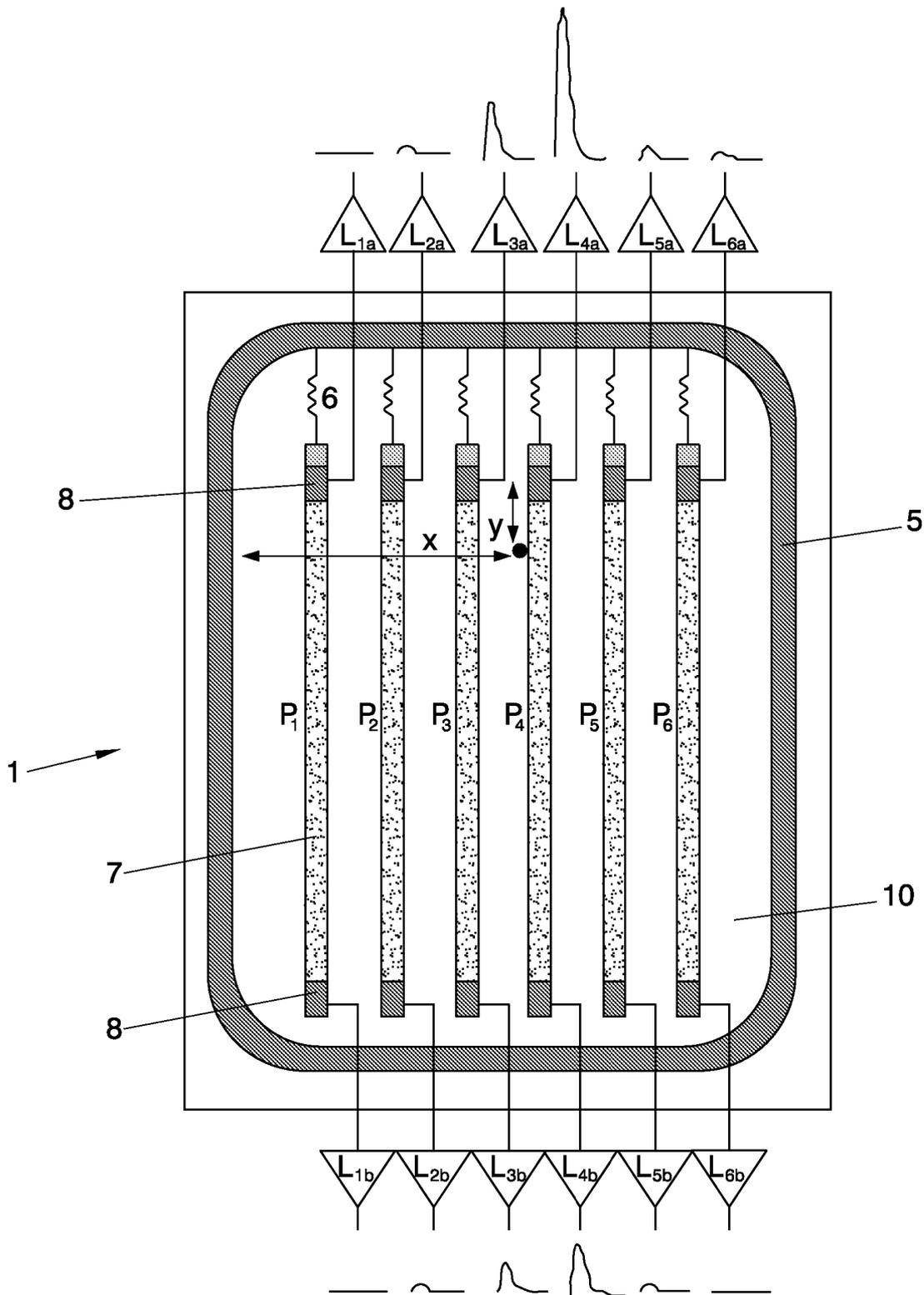


FIG. 5



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

21 N.º solicitud: 201030200

22 Fecha de presentación de la solicitud: 12.02.2010

32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

5 Int. Cl. : **G01T1/29** (2006.01)
H01L31/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	BURGER et al.: "New generations of position sensitive silicon detectors", MRS 1997 Fall Meeting, Boston, 05.12.1997.	1-3
A	US 4882480 A (OBA et al.) 21.11.1989, todo el documento	1-3
A	KEMMER: "Silicon detectors for nuclear radiation" en Sensors and Actuators, Elsevier, vol. 15, nº 2, páginas 169-184, octubre/1988.	1-3
A	AVSET et al.: "A new microstrip detector with double-sided readout", en IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 37, nº 3-I, páginas 1153-1161, junio/1990.	1-3

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
29.09.2011

Examinador
Javier Olalde

Página
1/4

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

G01T1/00, H01L31/00, H01L

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

EPODOC, INVENES, ELSEVIER, EPO NPL

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.09.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-3	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-3	SI
	Reivindicaciones	NO

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

Base de la Opinión.-

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

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	"New generations of position sensitive silicon detectors"	05.12.1997
D02	US 4882480 A	21.11.1989
D03	"Silicon detectors for nuclear radiation"	octubre/1988
D04	A new microstrip detector with double-sided readout"	junio/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

De acuerdo con el artículo 29.6 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/86 de Patentes, se establece en esta opinión escrita que la solicitud parece cumplir con los requisitos exigidos en los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley 11/86 de Patentes, en relación con el estado de la técnica establecido por el artículo 6.2 de dicha ley, por hacerlo los objetos de protección definidos por sus reivindicaciones, en concreto:

Reivindicación de dispositivo (reivindicación 1):

Los documentos citados divulgaron diversas configuraciones que reflejan el estado de la técnica de detectores de radiación ionizante sensibles a posición 2D, que comprenden un material semiconductor con un electrodo en una de sus caras y otro electrodo en la cara opuesta, formado por una pluralidad de micropistas. Se divulgaron configuraciones con pistas resistivas (D01, D03, D04) y con dobles circuitos de lectura a ambos lados de las pistas (D02, D03).

No obstante no parece que de los documentos citados derive de una manera evidente un detector formado a partir de un material semiconductor con un electrodo en una de sus caras y otro electrodo en la cara opuesta, formado por una pluralidad de micropistas siendo la capa externa de cada micropista de material resistivo y estando dicha capa externa de cada micropista conectada por ambos extremos a circuitos de lectura.

Reivindicaciones de procedimiento (reivindicaciones 2 y 3):

Aunque las técnicas de detección reivindicadas (a partir de los tiempos de llegada/amplitud de las señales recibidos en los circuitos de lectura) son de uso común en la técnica (D01), al ser los procedimientos de detección realizados con el dispositivo nuevo y con actividad inventiva definido por la reivindicación 1, dichos procedimientos de detección tampoco parecen derivar de un modo evidente del estado de la técnica.