

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

(19) Organización Mundial de la
Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
26 de enero de 2017 (26.01.2017)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional

WO 2017/013617 AI

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G01T 1/24 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/IB2016/054352

(22) Fecha de presentación internacional:
21 de julio de 2016 (21.07.2016)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
201501023 19 21 de julio de 2015 (21.07.2015) AR

(71) Solicitantes: INIS BIOTECH LLC [US/US]; 203 NE Front Street, Suite 101, Milford Kent Country, Delaware 19963 (US). CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNICAS (CONICET) [AR/AR]; Godoy Cruz 2290 Piso 10, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1425FQB (AR).

(72) Inventores: BERISSO GOMEZ, Mariano; Pioneros 7385, San Carlos de Bariloche - Pcia. de Rio Negro, 8400 (AR). BLOSTEIN, Juan Jerónimo; Sarmiento Superior 4023, San Carlos de Bariloche - Pcia. de Rio Negro, 8400 (AR). LIPOVETZKY, José; Tucu Tucu 470, Dina Huapi - Pcia. de Rio Negro, 8402 (AR). PASTORIZA, Hernán; Roca 3495, San Carlos de Bariloche - Pcia. de Rio Negro, 8400 (AR). PEREZ, Martín; Av. Pioneros 3953, San Carlos de Bariloche - Pcia. de Rio Negro, 8400 (AR). SD3ELNIK, Iván Pedro; Huilqui 12872, San Carlos de Bariloche - Pcia. de Rio Negro, 8400 (AR). SOFO HARO, Miguel; Bustillo 9500, San Carlos de Bariloche - Pcia. de Rio Negro, 8400 (AR).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE,

AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declaraciones según la Regla 4.17:

- sobre el derecho del solicitante para solicitar y que le sea concedida una patente (Regla 4.1 7(H))
- sobre el derecho del solicitante a reivindicar la prioridad de la solicitud anterior (Regla 4.1 7(iii))

Publicada:

- con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))
- antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))

(54) Title: IONISING-PARTICLE DETECTOR BASED ON COMMERCIAL CMOS IMAGE SENSORS AND METHOD FOR DETECTING IONISING PARTICLES

(54) Título : DETECTOR DE PARTÍCULAS IONIZANTES BASADO EN SENSORES DE IMAGEN CMOS COMERCIALES Y MÉTODO PARA LA DETECCIÓN DE PARTÍCULAS IONIZANTES

(57) Abstract: Disclosed is an ionising-particle detector which uses, for detection, a CMOS image sensor based on active-pixel sensors, the detector comprising a CMOS image sensor and an image processing unit, wherein the image processing unit eliminates fixed pattern noise (FPN), detects contiguous pixels with values above the threshold, calculates the charge generated, and emits the quantity of total charge as a result. The particle detector is based on an FPN-resistant technique. The technique allows any APS-based CMOS image sensor to be used to detect ionising particles, with a very low number of false detections caused by FPN.

(57) Resumen: Un detector de partículas ionizantes que utiliza para la detección un sensor de imágenes CMOS basado en sensores de píxeles activos, en donde el detector comprende un sensor de imagen CMOS, una unidad de procesamiento de imágenes, en donde dicha unidad aplica la eliminación del ruido de patrón fijo (FPN), detecta píxeles contiguos con valores por encima del umbral, calcula la carga generada, y emite como resultado la cantidad de carga total. El detector de partículas está basado en una técnica inmune al FPN. La técnica permite usar cualquier sensor de imágenes CMOS basado en APS para detectar partículas ionizantes, con un muy bajo número de detecciones falsas causado por el FPN.



WO 2017/013617 A1

DETECTOR DE PARTÍCULAS IONIZANTES BASADO EN SENSORES
DE IMAGEN CMOS COMERCIALES Y MÉTODO PARA LA DETECCIÓN DE
PARTÍCULAS IONIZANTES.

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un detector de partículas ionizantes y un método para detectar partículas ionizantes que utiliza sensores de imagen CMOS basados en Sensores de Píxeles Activos (APS por sus siglas en inglés), y puede ser usado en radioprotección, medicina con aplicaciones en radioterapia o radiodiagnóstico, instrumentación en farmacología, análisis clínicos, industria metalúrgica, seguridad (aduanas, fronteras, lugares públicos), protección del medioambiente (detección de contaminación, emisión de instalaciones que usen radiación ionizante), y aplicaciones espaciales.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sensores de imagen CMOS basados en APS han sido creados para detección de luz visible, y son ampliamente utilizados en la obtención de imágenes en cámaras de bajo costo en sistemas embebidos como celulares, cámaras portátiles, y sistemas de video. Como los APS pueden fabricarse en la misma clase de procesos que los circuitos digitales CMOS, el costo de fabricación en grandes cantidades es muy bajo.

Si bien los sensores APS están diseñados para detectar luz visible, se ha encontrado que son también sensibles a partículas ionizantes. La carga depositada por una partícula de alta energía al interactuar con el detector es capturada por las junturas en inversa de las áreas activas en el píxel, dando lugar a una lectura en tensión en uno o

varios píxeles contiguos. La detección de partículas ionizantes usando estas cámaras presenta dificultades relacionadas con el ruido de patrón fijo (FPN). El FPN es la señal que puede leerse en el sensor de imagen cuando no incide ningún tipo de radiación incidente, ni visible ni ionizante. Idealmente, esta lectura debería ser nula. Pero por la
5 generación aleatoria de carga en las junturas de inversa debida a defectos en los píxeles se leen señales incluso aunque no incidan partículas sobre el sensor. Algunos píxeles defectuosos siempre presentes en los sensores pueden dar lecturas superiores a las que generan partículas incidentes, lo cual podría generar la falsa detección de una partícula (falsos positivos). Debido a que el FPN se modifica con la temperatura y aumenta con la
10 dosis total absorbida por el sensor, es decir con su uso, es preciso usar técnicas dinámicas que permitan mitigar este problema que en definitiva da lugar a una cantidad errónea de cuentas.

En el pasado, existieron desarrollos de sensores de imagen basados en APS para detectar radiación ionizante que, en lugar de usar chips normales fabricados para
15 detectar luz visible, hacían chips especialmente diseñados para radiación ionizante [2], [3], [4]. A diferencia de las cámaras diseñadas para luz visible usaban técnicas especiales en el chip para mitigar efectos como el FPN. Además, algunas de ellas buscaban alta resolución temporal [3], o tener un factor de llenado alto [4].

Otro ejemplo de circuitos integrados fabricados ad-hoc para detectar
20 radiación ionizante es el de la patente US 2013/0256542 a nombre de Luxen Technologies, Inc., que reclama un circuito integrado ad-hoc en que cada pixel tiene autoganancia y umbral de disparo para la detección de partículas ionizantes. Dicha patente lidia con el problema del FPN mediante dichos circuitos de autoganancia y umbral integrados en cada píxel, lo que reduce el área activa y factor de llenado del
25 detector. A diferencia de dicha patente de Luxen Technologies, en la presente, se

propone usar un procesamiento numérico para eliminar problemas asociados al FPN que puede hacerse fuera del chip sensor de imágenes. De esa manera, no es necesario fabricar un sensor ad-hoc.

Lo sensores fabricados ad-hoc para detectar radiación ionizante son por lo
5 tanto mucho más caros que los sensores de imagen para luz visible fabricados en mayores volúmenes para el mercado de electrónica de consumo.

Respecto a otros tipos de detectores de partículas ionizantes de alta energía, dado que el consumo de energía de los sensores basados en APS es bastante bajo —en el orden de milliwatts-- y su bajo costo, es posible utilizarlos para construir un detector
10 portátil embebido accesible. En cambio los detectores de tradicionales basados en cámaras de ionización o tubos Geiger, o materiales de centelleo acoplados a tubos fotomultiplicadores son generalmente costosos, voluminosos y pueden requerir consumos de potencia más elevados.

15 RESUMEN DE LA INVENCION

Es entonces un objeto de la presente invención proveer un detector de partículas basado en una técnica inmune al FPN. La técnica permite usar, a diferencia de las referencias mencionadas anteriormente, cualquier sensor de imágenes CMOS basado en APS para detectar partículas ionizantes, con un muy bajo número de detecciones
20 falsas causado por el FPN.

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proveer un detector de partículas ionizantes que utiliza para la detección un sensor de imágenes CMOS basado en sensores de píxeles activos, en donde el detector comprende un sensor de imagen CMOS, una unidad de procesamiento de imágenes, en donde dicha unidad aplica la
25 eliminación de ruido de patrón fijo (FPN), detecta píxeles contiguos con valores por

encima del umbral, calcula la carga generada, y emite como resultado la cantidad de carga total.

En una forma de realización preferida de la presente invención, el sensor es un sensor CMOS basado en sensores de píxeles activos para la detección de radiación visible.

En una forma de realización preferida de la presente invención, para cada imagen leída en el sensor de imágenes CMOS, se le resta una estimación de un valor medio de al menos una de las imágenes leídas anteriores con el objeto de disminuir errores que pudiera causar el ruido de patrón fijo.

En una forma de realización preferida de la presente invención, la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes se obtiene con un filtro recursivo o autoregresivo.

En una forma de realización preferida de la presente invención, la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores es la imagen anterior.

En una forma de realización preferida de la presente invención, la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores son los valores que superan un umbral de la imagen anterior.

En una forma de realización preferida de la presente invención, se identifica la incidencia de una partícula a detectar cuando uno o varios píxeles contiguos arrojan una medición superior a el umbral que puede ser seleccionado por un usuario.

En una forma de realización preferida de la presente invención, dicho umbral se elige estadísticamente lo suficientemente alto como para tener un número bajo de falsas detecciones.

En una forma de realización preferida de la presente invención, sumando las lecturas de los píxeles contiguos, y comparando ese valor con valores obtenidos en una calibración previa, se determina qué tipo de partícula o radiación fue detectada.

5 Adicionalmente, es otro objeto de la presente invención proveer un método para detectar partículas ionizantes, que emplea un sensor de imagen y una unidad de procesamiento de imágenes, donde dicho método comprende eliminar un ruido de patrón fijo (FPN), detectar píxeles contiguos con valores por encima de un umbral, calcular una carga generada, y emitir como resultado una cantidad de carga total.

10 En una forma de realización preferida de la presente invención, el sensor es un sensor CMOS basado en sensores de pixeles activos para la detección de radiación visible.

 En una forma de realización preferida de la presente invención, para cada imagen leída en el sensor, se le resta una estimación de un valor medio de al menos una
15 de las imágenes leídas anteriores con el objeto de disminuir errores que pudiera causar el ruido de patrón fijo.

 En una forma de realización preferida de la presente invención, la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes se obtiene con un filtro recursivo o autoregresivo.

20 En una forma de realización preferida de la presente invención, la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores es la imagen anterior.

 En una forma de realización preferida de la presente invención, la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores son los valores
25 que superan un umbral de la imagen anterior.

En una forma de realización preferida de la presente invención, luego se identifica la incidencia de una partícula a detectar cuando uno o varios píxeles contiguos arroja una medición superior a el umbral que puede ser seleccionado por un usuario.

En una forma de realización preferida de la presente invención, dicho
5 umbral se elige estadísticamente lo suficientemente alto como para tener un número bajo de falsas detecciones.

En una forma de realización preferida de la presente invención, sumando las lecturas de los píxeles contiguos, y comparando ese valor con valores obtenidos en una calibración previa, se determina qué tipo de partícula o radiación fue detectada.

10

DESCRIPCION DE LOS DIBUIOS

Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención, se lo ha ilustrado en varias figuras, en las que se ha representado el mismo en una de las
15 formas preferidas de realización, todo a título de ejemplo, en donde:

La figura 1 muestra un esquema simplificado de los bloques del detector propuesto;

La Figura 2 ilustra el problema del FPN, y representa los valores leídos en los píxeles de un sensor no expuesto ni a radiación ni a luz;

20 La Figura 3 muestra el resultado de aplicar el proceso de supresión de FPN y las lecturas que se obtienen cuando dos eventos ocurren en un lugar de la cámara;

La Figura 4 muestra histogramas de carga total colectada en eventos producidos por diferentes fuentes de radiación;

La Figura 5 muestra una foto de una implementación simple de un prototipo
25 del sistema de detección, formada por una cámara de video basada en un detector

CMOS APS y un sistema de adquisición de imágenes y una computadora para la adquisición de datos;

La Figura 6 es un gráfico de irradiación que ilustra el ejemplo de uso como un dosímetro portátil con una resolución de algunos *micrograys*.

5 La Figura 7 muestra un ejemplo de realización que permite construir al detector en un menor tamaño, menor costo y muy bajo consumo.

DESCRIPCION DETALLADA DEL EIEMPLO DE REALIZACION

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un esquema simplificado de
10 los bloques del detector propuesto. El sistema está compuesto por un sensor de imagen CMOS, del que se toman periódicamente imágenes y se obtienen generalmente digitalizadas. Los datos son recibidos por una unidad de procesamiento de imágenes, que aplica la eliminación del FPN, detecta píxeles contiguos con valores por encima del umbral, calcula la carga generada, y emite como resultado la cantidad de carga total.

15 Como se observa en la figura 2, los valores leídos tienen un valor medio diferente a cero, y muchos píxeles arrojan valores elevados. La aplicación del método de reducción de FPN lleva los valores medios a cero, de manera que cualquier lectura por encima de cierto umbral, elegido algunos desvíos estándar del ruido por encima de cero, será muy probablemente resultado de un evento causado por una partícula
20 ionizante incidente.

Haciendo referencia a la figura 3, claramente se aprecian dos grupos de píxeles contiguos en los que la lectura de carga colectada es muy superior al ruido. Sumando la carga leída en cada región se puede tener una estimación del tipo de partícula incidente.

En la figura superior de la figura 4, se muestra la irradiación con Uranio-235 y Americio-241 que emiten fotones de decenas de keV y partículas alfa de varios MeV. El gráfico inferior muestra el resultado de irradiar el sensor con diferentes fotones, que generan electrones por efecto fotoeléctrico o Compton, o partículas beta (electrones de alta energía). Se observa que en la figura superior hay un conjunto de eventos con carga total mayor a 1500 (en unidades arbitrarias) que no se observa en la figura inferior. Ello ocurre ya que las partículas alfa, presentes en las irradiaciones de la figura superior poseen un poder de frenado mayor al de los electrones Compton, fotoeléctricos o Beta y por lo tanto depositan más carga por unidad de penetración. Mediante el análisis de 5
10 cuánta carga depositan es posible determinar si se trató de partículas de bajo poder de frenado o alto poder de frenado.

Con el sistema de la Figura 5 se midió la cantidad de cuentas por segundo que se detectan durante el encendido de un reactor nuclear de investigación (RA6 en el Centro Atómico Bariloche). Se puede ver que la cantidad de eventos detectados por 15
segundo es proporcional a la potencia del reactor, proporcional al flujo de partículas detectado.

La Figura 7 muestra otra posible implementación que permite construir al detector en un menor tamaño, menor costo y muy bajo consumo. La salida del sensor es procesada en una FPGA (Field Programmable Gate Array) o un microcontrolador o 20
microprocesador, donde se aplica por hardware la supresión de FPN y procesa la imagen para detectar los eventos. La ocurrencia de eventos se informa en un display (por ejemplo en eventos por segundo o tasa de dosis), o se transmite digitalmente a otros equipos o partes de un sistema mayor.

Tal como se puede apreciar, se presentan dos formas de llevar a cabo la 25
implementación. La primera es la de la Figura 5. Se utiliza un detector de imagen

CMOS basado en APS obtenido en una cámara de vigilancia de bajo costo. La salida de la cámara es leída por un adquisidor de video que transmite los datos por USB a una computadora donde se implementa el método de mitigación de FPN. La cámara de esta implementación particular contiene un sensor de imagen CMOS.

5 La clave del detector propuesto está en la técnica para eliminar el FPN mostrado en la Figura 2. La técnica consiste en oscurecer el sensor con el agregado o deposición de una capa opaca ya sea directamente sobre el sensor o encapsulándola en una caja o recinto cerrado con paredes de espesor lo suficientemente delgado como para permitir el paso de las partículas a detectar. Luego, se toma la imagen generada por el
10 detector con un sistema electrónico, y se la digitaliza eliminando una estimación del valor promedio del FPN.

Una forma de eliminar esta componente indeseada consiste en, a la imagen obtenida (que conforma en una matriz de números $I_{actual}[n]$) restarle un valor de cambio lento $I_{prom}[n]$ de manera que quede una señal sin FPN $I_{limpia}[n]$, actualizándose el valor
15 de cambio lento a partir de su valor anterior $I_{prom}[n-1]$, según las ecuaciones:

$$I_{prom}[n] = I_{prom}[n-1] * (1 - a) + I_{actual}[n] * a \quad (1)$$

$$I_{limpia}[n] = I_{actual}[n] - I_{prom}[n]. \quad (2)$$

20 Cualquier otra forma de estimación del valor medio del FPN es suficiente para la aplicación de la técnica propuesta. Algunas posibilidades pero no necesariamente todas son comparar con la lectura previa o sólo comparar con los valores de la lectura previa que superen un umbral.

Cuando una partícula ionizante interactúa con el chip, se obtienen las
25 lecturas que una vez procesadas tienen características mostradas en la Figura 3. Una vez

removido el valor medio del FPN, se considera que cualquier conjunto de píxeles contiguos con valores por encima de un umbral mayor a $1/\alpha$ es causado por una partícula incidente. Al sustraer el FPN se elimina también todo valor medio sumado durante las etapas de amplificación y conversión.

5 La técnica permite además distinguir entre diferentes tipos de partícula incidente. Para hacerlo, se debe sumar la carga total depositada en los píxeles contiguos que ha demostrado ser diferente para partículas con distinto poder de frenado. Mediante una calibración es posible determinar parcialmente qué partícula incidió a través de su poder de frenado. Entonces, mediante la suma de la carga colectada en cada evento, se
10 determina a partir de un umbral aproximadamente el poder de frenado de la partícula y se infiere qué tipo de partícula puede haber incidido.

Otra implementación del detector es mostrada en la Figura 7, en la cual la lectura del sensor de imágenes CMOS APS se realiza usando una FPGA o un microprocesador. En la FPGA o el procesador se aplican el método descrito líneas
15 arriba para mitigar FPN y se determina la ocurrencia de cada evento y su posición sobre el sensor. Debido al bajo costo, y potencial bajo consumo del sistema formado por la cámara CMOS y la FPGA, la potencia requerida para hacer funcionar al sistema es lo suficientemente pequeña como para construir un detector portátil, alimentado con una batería pequeña, que permita su uso continuado durante hasta varios días. Ello permitirá
20 usarlo por ejemplo como dosímetro portátil para dosimetría personal, siendo su resolución de algunos micrograys según se vio en la irradiación de la Figura 6.

REIVINDICACIONES

1. Un detector de partículas ionizantes, que comprende un sensor de imagen CMOS y una unidad de procesamiento de imágenes para la eliminación de ruido de patrón fijo (FPN), detección de píxeles contiguos con valores por encima de un umbral, 5 cálculo de carga generada, y emisión de la cantidad de carga total como resultado.

2. El detector de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el sensor es un sensor CMOS basado en sensores de pixeles activos para la detección de radiación visible. 10

3. El detector de acuerdo con la reivindicación 1, en donde para cada imagen leída en el sensor de imágenes CMOS, se le resta una estimación de un valor medio de al menos una de las imágenes leídas anteriores con el objeto de disminuir errores que pudiera causar el ruido de patrón fijo. 15

4. El detector de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes se obtiene con un filtro recursivo o autoregresivo.

20 5. El detector de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores es la imagen anterior.

6. El detector de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores son los valores que superan un 25 umbral de la imagen anterior.

7. El detector de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se identifica la incidencia de una partícula a detectar cuando uno o varios píxeles contiguos arrojan una medición superior a el umbral que puede ser seleccionado por un usuario.

5

8. El detector de acuerdo con la reivindicación 7, en donde dicho umbral se elige estadísticamente lo suficientemente alto como para tener un número bajo de falsas detecciones.

10

9. El detector de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde sumando las lecturas de los píxeles contiguos, y comparando ese valor con valores obtenidos en una calibración previa, se determina qué tipo de partícula o radiación fue detectada.

15

10. Un método para detectar partículas ionizantes, que emplea un sensor de imagen y una unidad de procesamiento de imágenes, donde dicho método comprende eliminar un ruido de patrón fijo (FPN), detectar píxeles contiguos con valores por encima de un umbral, calcular una carga generada, y emitir como resultado una cantidad de carga total.

20

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el sensor es un sensor CMOS basado en sensores de pixeles activos para la detección de radiación visible.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde para cada imagen leída en el sensor, se le resta una estimación de un valor medio de al menos una de las imágenes leídas anteriores con el objeto de disminuir errores que pudiera causar el ruido de patrón fijo.

5

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes se obtiene con un filtro recursivo o autoregresivo.

10

14. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores es la imagen anterior.

15

15. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la estimación del valor medio de al menos una de las imágenes anteriores son los valores que superan un umbral de la imagen anterior.

20

16. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde luego se identifica la incidencia de una partícula a detectar cuando uno o varios píxeles contiguos arroja una medición superior a el umbral que puede ser seleccionado por un usuario.

17. El método de acuerdo con la reivindicación 16, en donde dicho umbral se elige estadísticamente lo suficientemente alto como para tener un número bajo de falsas detecciones.

18. El método de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, en donde sumando las lecturas de los píxeles contiguos, y comparando ese valor con valores obtenidos en una calibración previa, se determina qué tipo de partícula o radiación fue detectada.

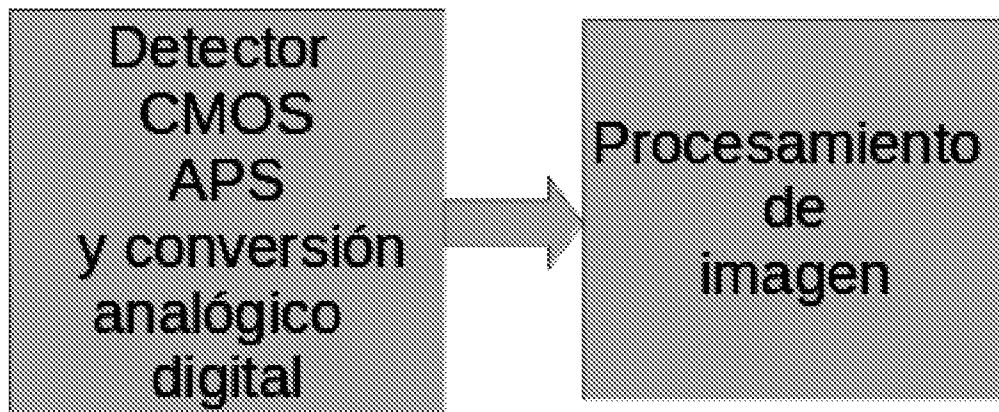


Fig 1

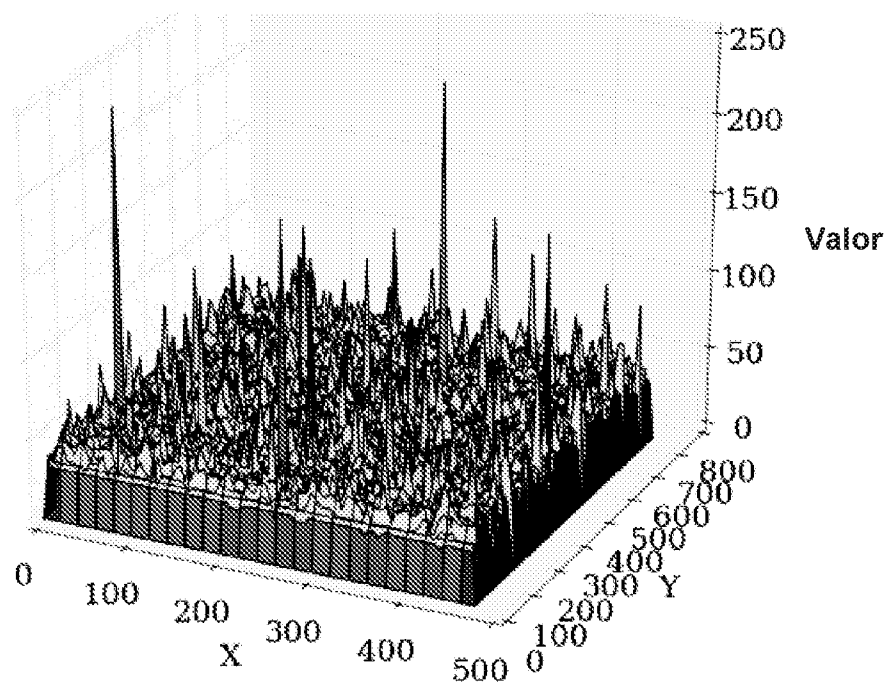


Fig 2

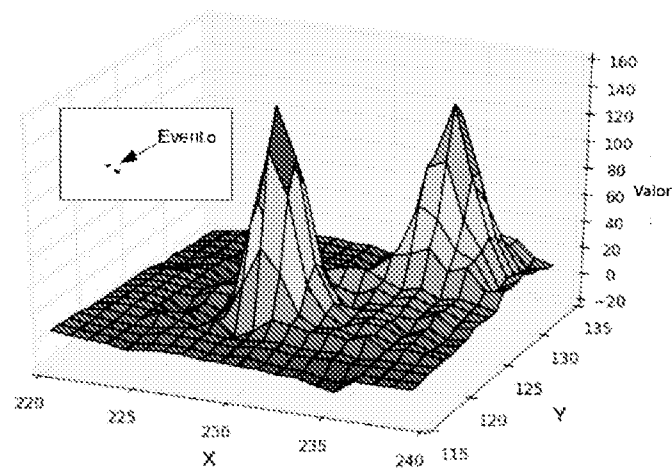


Fig 3

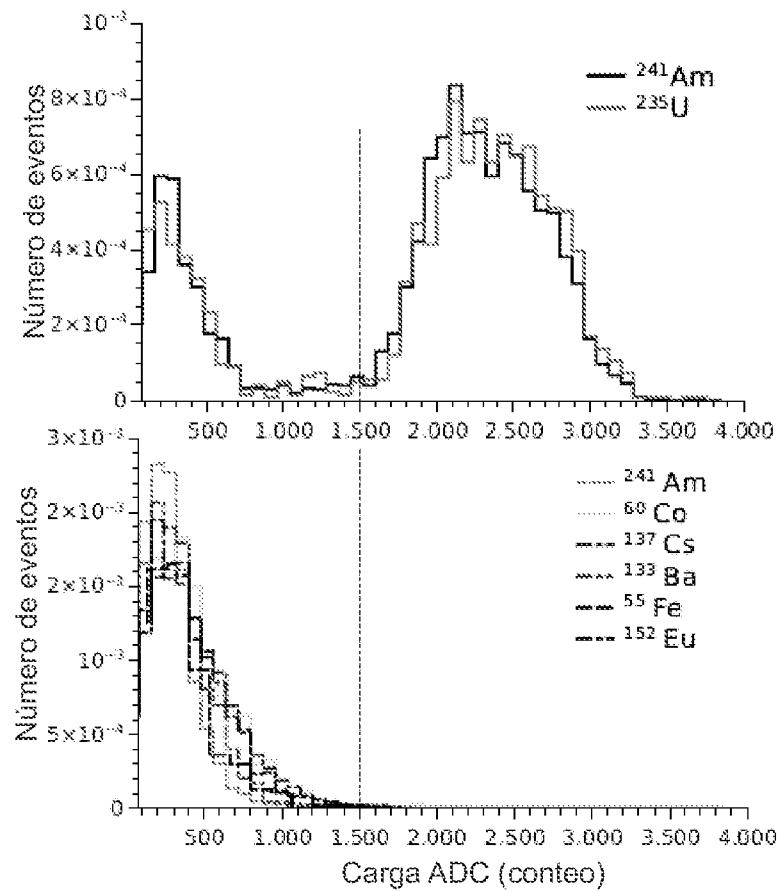


Fig 4

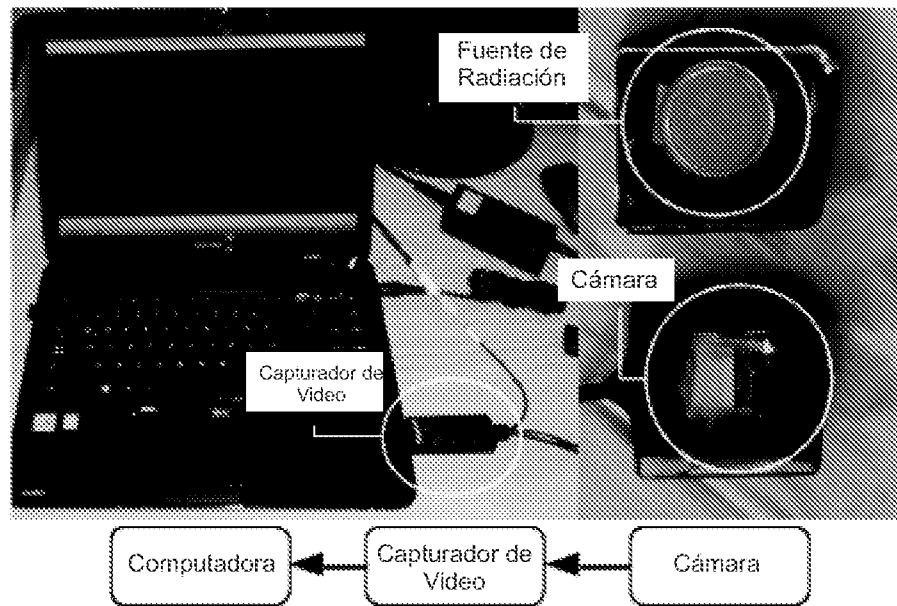


Fig 5

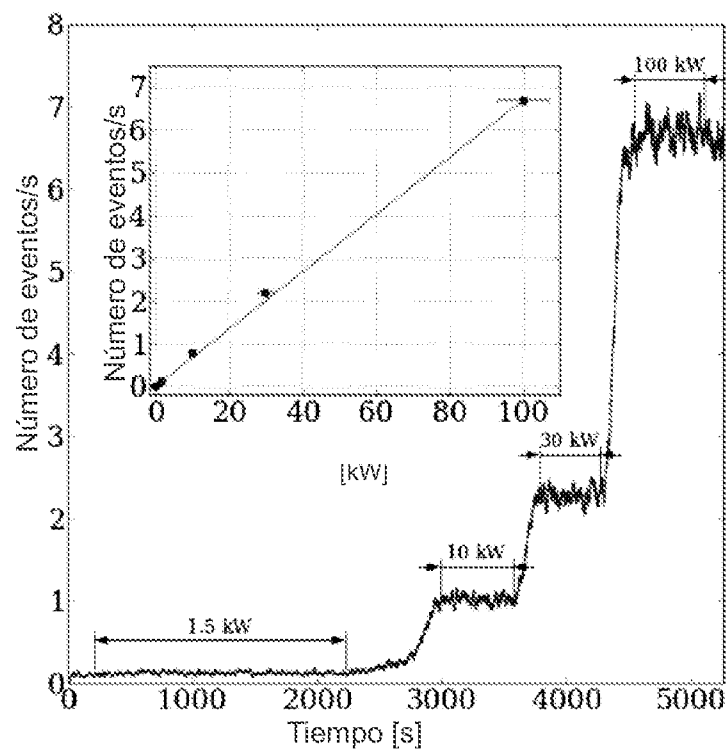


Fig 6

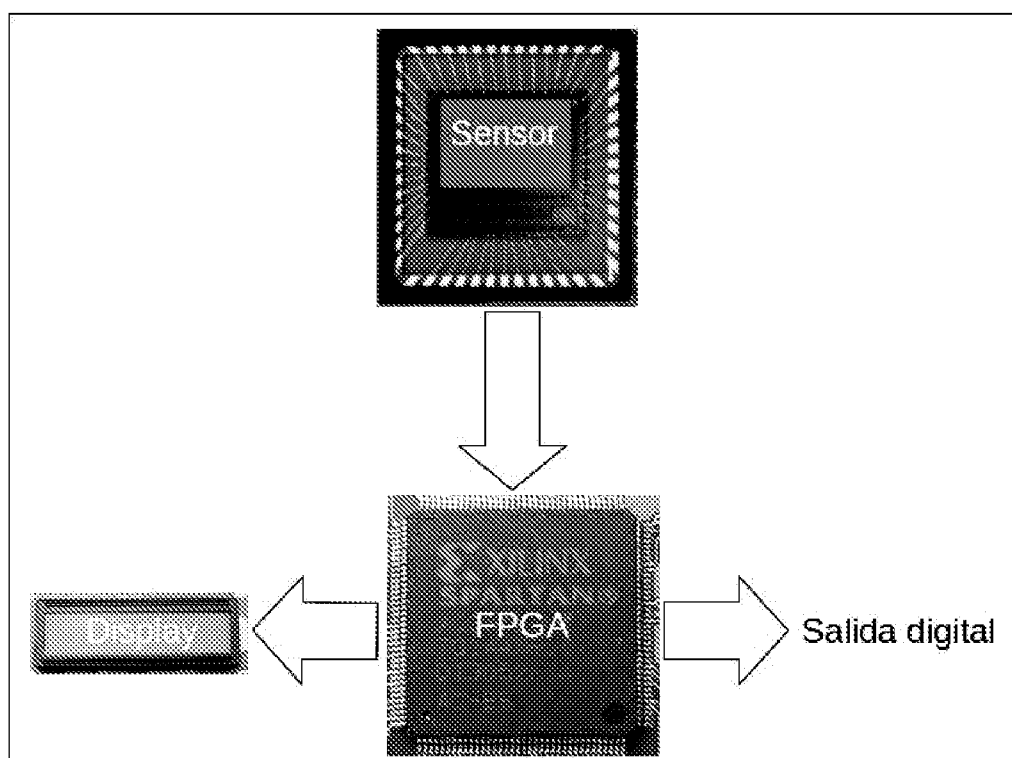


Fig 7

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/IB2016/054352

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01T1/24

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

G01T

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados) **EPO-Intenal** , **WPI Data**, **BIOSIS**, **COMPENDEX**, **INSPEC**

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	US 2015/130948 AI (COGLIATI JOSHUA JOSEPH [US]) 14 Mayo 2015 (14.05.2015)	1-3 , 7-12 , 16-18
Y	reivindicación 2 párrafo [0074] - párrafo [0078] párrafo [0104] - párrafo [0106] párrafo [0109] párrafo [0038] párrafo [0077]	4-6, 13-15
Y	----- US 2003/198400 AI (ALDERSON TIMOTHY [US] ET AL) 23 Octubre 2003 (23.10.2003) párrafo [0054] - párrafo [0056]	4-6, 13-15
A	----- US 2014/077090 AI (ROY ANSHUMAN [US]) 20 Marzo 2014 (20.03.2014) párrafo [0055] figura 9 reivindicaciones 1-43	1-18

☐ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.		
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.		
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
31 Octubre 2016 (31.10.2016)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional
11 Noviembre 2016 (11.11.2016)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Funcionario autorizado

Ordavo, Ivan

N° de fax

N° de teléfono

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/IB2016/054352

US 2015130948 Al 14-05 -2015 NINGUNO

US 2003198400 Al 23-10 -2003 NINGUNO

US 2014077090 Al 20-03 -2014 US 2014077090 Al 20-03 -2014
Wo 2014046749 Al 27-03 -2014

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2016/054352

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01T1/24

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal , WPI Data, BIOSIS, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015/130948 AI (COGLIATI JOSHUA JOSEPH [US]) 14 May 2015 (2015-05-14)	1-3 , 7-12 , 16-18
Y	claim 2 paragraph [0074] - paragraph [0078] paragraph [0104] - paragraph [0106] paragraph [0109] paragraph [0038] paragraph [0077]	4-6, 13-15
Y	US 2003/198400 AI (ALDERSON TIMOTHY [US] ET AL) 23 October 2003 (2003-10-23) paragraph [0054] - paragraph [0056]	4-6, 13-15
A	US 2014/077090 AI (ROY ANSHUMAN [US]) 20 March 2014 (2014-03-20) paragraph [0055] figure 9 claims 1-43	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) on which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 October 2016

Date of mailing of the international search report

11/11/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ordavo, Ivan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2016/054352

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015130948 A1	14-05-2015	NONE	
US 2003198400 A1	23-10-2003	NONE	
US 2014077090 A1	20-03-2014	US 2014077090 A1	20-03-2014
		WO 2014046749 A1	27-03-2014