(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
30 de Octubre de 2008 (30.10.2008)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2008/129091 A1

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

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2008/000223

(22) Fecha de presentación internacional:
10 de Abril de 2008 (10.04.2008)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200701185 24 de Abril de 2007 (24.04.2007) ES

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **UNIVERSIDAD DE GRANADA** [ES/ES]; Hospital Real, Cuesta del Hospicio, s/n, 18071 Granada (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes *(para US solamente)*: **PALMA LÓPEZ, Alberto Josa** [ES/ES]; c/o Universidad de Granada, Hospital Real Cuesta del Hospicio s/n, 18071 GRANADA (ES). **CARVAJAL RODRIGUEZ, Miguel Ángel** [ES/ES]; C/o Universidad de Granada, Hospital Real Cuesta del Hospicio s/n, 18071 GRANADA (ES). **ASENSIO MORCILLO, Luis Javier** [ES/ES]; c/o Universidad de Granada, Hospital Real Cuesta del Hospicio s/n, 18071 GRANADA (ES).

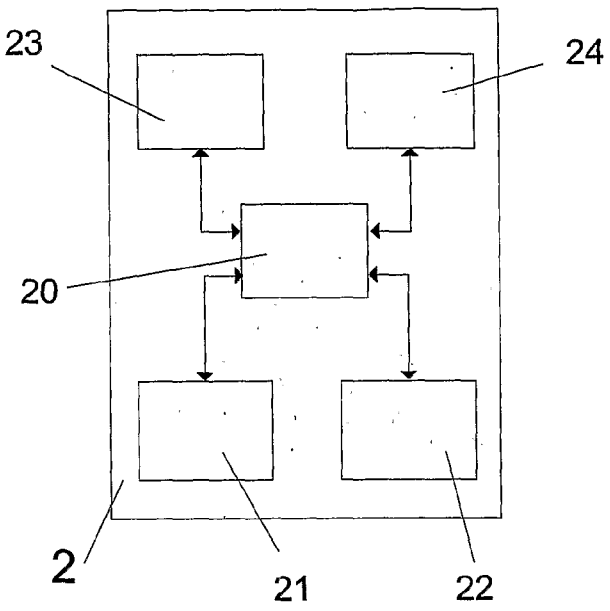
(74) Mandatario: **CARVAJAL Y URQUIJO,.Isabel**; c/o CLARKE, MODET & CO., c/ Goya, 11, 28001 MADRID (ES).

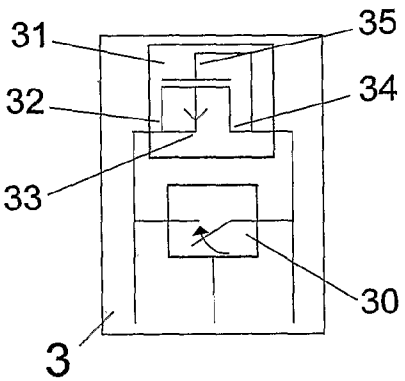
(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

*[Continúa en la página siguiente]*

(54) Title: DOSIMETRIC METHOD AND SYSTEM

(54) Título: SISTEMA Y MÉTODO DOSIMÉTRICO




(57) Abstract: The invention relates to a dosimetric system comprising: a self-contained, portable measuring instrument (2) and a plurality of P-channel MOSFET sensors (3). According to the invention, in the pMOS transistor, the ionising radiation incident on the transistor causes an increase in the threshold voltage of said transistor. Said increase is measured and associated with the radiation dose received.

*[Continúa en la página siguiente]*

WO 2008/129091 A1

SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publicada:**

— *con informe de búsqueda internacional*

— *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones*

**(57) Resumen:** Sistema dosimétrico, que comprende: - un instrumento portátil y autónomo de medida (2); - una pluralidad de sensores MDSFET de canal P (3); Donde en el transistor pMOS la radiación ionizante que incide sobré e transistor causa un incremento de la tensión umbral de dicho transistor. Est incremento es medido y relacionado con la dosis de radiación recibida.

# SISTEMA Y MÉTODO DOSIMÉTRICO

## SECTOR DE LA TÉCNICA

Medida de los rayos X, rayos gamma, radiaciones corpusculares o de las radiaciones cósmicas. Medida de la intensidad de radiación con detectores de semiconductores (G01T1/24)

## OBJETO DE LA INVENCIÓN.

El objeto de la presente invención es presentar un sistema y método dosimétrico basado en el uso de un transistor MOSFET de canal P (pMOS en adelante), su instrumentación de medida y el método asociado de medida. En el transistor pMOS la radiación ionizante que incide sobre el transistor causa un incremento de la tensión umbral de dicho transistor. Este incremento es medido y relacionado con la dosis de radiación recibida.

## ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN.

Existen distintos dosímetros conocidos en el actual estado de la técnica. Entre ellos podemos destacar las patentes US4484076, US4678916, US4757202, US4788581, US4976266, US5332903, US5949075, y WO03047694. En estos documentos se describen distintos sistemas dosimétricos basados en transistores de tipo MOS, incidiéndose, en todos ellos, en la descripción de una construcción específica de este transistor así como distintas configuraciones o combinación de ellas para realizar, de manera más o menos eficiente, la detección de radiación. En ningún caso se presentan alternativas en el método o procedimiento de medida y/o tratamiento de la tensión umbral para la medida de dosis. En resumen, este

método genérico consiste en extraer, a intensidad de drenador constante $I_D$, el cambio en la tensión umbral $\Delta V_t$, producido antes y después de la irradiación, cuando el sensor está compuesto por un solo transistor MOSFET; o cuando está compuesto por dos, comparando el cambio producido por la irradiación en la mencionada tensión umbral entre transistores MOSFET con distinta sensibilidad a la radiación.

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN.**

El dosímetro objeto de la invención consta, principalmente, de una pluralidad de sensores y de un sistema de instrumentación asociado. Los sensores utilizados comprenden un transistor pMOS y un elemento que cortocircuita sus terminales durante la irradiación y en reposo, y sólo los desconecta durante la medida del parámetro dosimétrico.

Se ha comprobado que con el cortocircuito continuo de todos los terminales del pMOS se evitan derivas y/o fugas incontroladas e indeseables. Por tanto, el pMOS permanece sin ningún tipo de polarización durante la irradiación, no precisando cables de conexión externa, siendo cada sensor un componente autónomo, lo que facilita su colocación y situación en el conjunto.

En el transistor pMOS, tanto durante los periodos de irradiación como en los de medida se mantienen cortocircuitados por un lado el terminal de fuente (S), junto con el sustrato (B), $V_{SB} = 0$ , y por otro, el terminal drenador (D) con la puerta (G) del transistor, $V_{GD} = 0$. Con esta configuración se encuentra siempre el transistor en la región de saturación durante el periodo de medida.

Conectando los terminales del modo anterior tenemos que el transistor se comporta como un sistema con sólo dos terminales. Estos dos terminales, fuente y puerta, se cortocircuitan durante la irradiación y durante el período de reposo, es decir, siempre que no se esté midiendo el parámetro dosimétrico. Este contacto se puede realizar mediante un interruptor, o mediante otro dispositivo, por ejemplo un transistor del tipo JFET.

Para la lectura de los incrementos de tensión umbral (parámetros dosimétricos) se ha desarrollado un sistema de instrumentación que comprende:

- una pluralidad de sensores;
- una unidad de control;
- medios de polarización del sensor;
- medios de acondicionamiento de señal;
- medios de introducción de datos;
- medios de visualización;

Donde la unidad de control gobierna los medios de polarización del sensor, los medios de visualización, los medios de acondicionamiento de señal y los medios de introducción de datos. Esta unidad de control envía la información pertinente a un ordenador personal, que únicamente se conecta al instrumento de medida para la descarga automática de los resultados experimentales. En el caso de no conexión del ordenador, todos los datos se muestran en los medios de visualización. Este sistema de instrumentación permite la conexión del sensor para la mencionada medida del parámetro dosimétrico.

Se han desarrollado distintos métodos de medida de la tensión umbral. Estas distintas metodologías comprenden:

1.- Método de medida con una única corriente pulsada: Para medir la tensión umbral partimos del hecho de que si un transistor MOSFET, con sus terminales cortocircuitados, se polariza con una intensidad constante, el incremento de tensión umbral es aproximadamente igual al incremento de la tensión de fuente. Por lo que nuestro parámetro dosimétrico será:

$$[\Delta V_S]_{I_D=cte} \quad \text{con } V_{GD} = 0V \text{ , } V_{SB} = 0V$$

Para compensar el efecto de la temperatura, una posibilidad es que la intensidad con la que se polariza el transistor se encuentra en la zona de coeficiente de temperatura cero, que es la zona en la que se cruzan las características I-V medidas a diferentes temperaturas consiguiendo minimizar la deriva térmica del sensor.

Es importante que la corriente que polariza el pMOS sea la misma antes de irradiar y después de la irradiación, al medir el parámetro dosimétrico. Para ello se introduce un módulo analógico compuesto por diferentes circuitos integrados, gracias a los cuales se controla dicha corriente de polarización. En caso de que no sea del valor adecuado, la unidad de control actúa sobre los medios de polarización y altera el valor de la corriente hasta que se alcanza el valor deseado.

Un objeto de la presente invención es aumentar la sensibilidad del sistema dosimétrico. Es conocido que el límite de la sensibilidad de los pMOS usados como sensores dosimétricos es el ruido electrónico que presentan. La densidad espectral de ruido típica de un MOSFET depende de la frecuencia, y es mayor a bajas frecuencias. En este método se reduce el ruido del sensor pulsando la corriente que lo polariza durante el periodo de medida del parámetro dosimétrico.

Para ello se dispone de un dispositivo, que conectado al pMOS, haga la función de interruptor controlado por la unidad de control. Este dispositivo puede ser, por ejemplo, un transistor bipolar, un transistor JFET, un conmutador o cualquier otro elemento que realice tal función, dispuesto en los medios de polarización del sensor dentro del sistema de medida del parámetro dosimétrico. De forma alternativa, también puede usarse, dentro del sensor, el propio dispositivo que cortocircuita los terminales del transistor en los períodos de reposo e irradiación, descrito anteriormente. El elemento interruptor es conmutado mediante una señal pulsada generada por la unidad de control. Cuando esta señal pulsada activa el interruptor, deja al pMOS sin corriente de polarización y en cortocircuito. En la fase complementaria de la señal pulsada, el dispositivo que actúa como interruptor se encuentra abierto y la corriente circula por el pMOS. Así se consigue polarizar el pMOS con una corriente de frecuencia igual a la de la señal pulsada. La medida de la tensión de fuente se realiza cuando el dispositivo que actúa como interruptor está abierto y la corriente de polarización circula por el pMOS. Por tanto, dicha medida se realiza en una zona de frecuencia superior caracterizada por una menor densidad espectral de ruido del sensor, mejorando su límite de detección y resolución.

Además, para incrementar la sensibilidad del sistema de instrumentación asociado es necesario amplificar la tensión de fuente. Sin embargo no es posible hacerlo al nivel deseado si se amplifica directamente. Para ello, antes del periodo de irradiación, es necesario almacenar el valor de la tensión de fuente, es decir, se realiza una puesta a cero del sistema. Esto se hace mediante un conversor digital-analógico (DAC), controlado por la unidad de

control. Las tensiones analógicas, se muestrean un número de veces determinado y se realiza un promediado para reducir el ruido de la medida.

Los medios de acondicionamiento de señal comprenden, al menos:

- un conversor digital-analógico o DAC;
- un amplificador de instrumentación;

La tensión de fuente se introduce a un amplificador de instrumentación por su entrada no inversora, y la salida del DAC lo hace por la entrada inversora. La salida del amplificador de instrumentación es proporcional a la diferencia de estas dos tensiones, de modo que si el microcontrolador incrementa la salida del DAC se reduce la tensión de fuente amplificada.

Antes de irradiar se envía el valor necesario al DAC para que la tensión de fuente amplificada esté próxima a los 0 V (puesta a cero). La palabra digital del conversor DAC es guardada en una memoria interna. Una vez irradiado el sensor el valor del DAC es recuperado de la memoria y restaurado, midiéndose la nueva tensión de fuente amplificada. Se almacena el valor de la tensión de fuente antes y después de irradiar de modo que se puede calcular el incremento. Con una calibración adecuada del sensor se relaciona este incremento con la dosis recibida.

Este proceso se puede realizar simultáneamente con un máximo de 256 sensores diferentes con un único sistema dosimétrico. Para ello es necesario identificar el sensor introduciendo su identificación mediante los medios de introducción de datos.

2.- Método de medida con dos corrientes, a su vez dividido en:

a. Método de medida con dos corrientes para evitar el efecto de la degradación de la transconductancia del canal: Para aumentar la linealidad de la respuesta del sensor es necesario poder separar del

incremento de la tensión umbral el efecto de la degradación de la transconductancia del canal. Para ello es necesario usar dos corrientes. Este método de medida implementa la excitación del transistor con dos intensidades que son conmutadas según ordena la unidad de control. El proceso de medida es similar al método con una corriente, con la salvedad de que para cada intensidad tendremos que realizar un proceso de pre-irradiación y post-irradiación independientes, y que estas intensidades pueden estar o no pulsadas. La dosis estará relacionada con los incrementos de tensión de fuente para cada una de las corrientes y el valor de las mismas.

$$\Delta V_t = \Delta V_{S1} - \frac{\Delta V_{S1} - \Delta V_{S2}}{1 - \sqrt{\frac{I_{D2}}{I_{D1}}}}$$

Donde $\Delta V_t$ es el incremento de tensión umbral, y $\Delta V_{Si}$ es el incremento de la tensión de fuente al alimentar el pMOS con la intensidad $I_{Di}$ con i=1,2.

b. Método de medida con dos corrientes para corrección térmica: Si la temperatura de pre-irradiación es diferente a la de post-irradiación tendremos otro incremento de la tensión umbral debido al cambio de temperatura. De igual modo, la tensión de fuente al polarizar el transistor a una corriente constante, sufrirá un incremento debido a la irradiación o a otros factores no térmicos y otro debido al incremento térmico. Para separar ambas contribuciones y asumiendo que ahora la variación de la transconductancia no es

relevante (por ejemplo a bajas dosis de radiación) es necesario usar dos corrientes. Este método de medida implementa la excitación del transistor con dos intensidades que son conmutadas según ordena la unidad de control. El proceso de medida es similar al método con una corriente, con la salvedad de que para cada intensidad tendremos que realizar un proceso de pre-irradiación y post-irradiación independientes, y que estas intensidades pueden estar o no pulsadas. La dosis estará relacionada con los incrementos de tensión de fuente para cada una de las corrientes y el valor de las mismas.

$$\Delta V_t = \Delta V_{S1} + \frac{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{ZTC}}}{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{D2}}} \left( \Delta V_{S2} - \Delta V_{S1} \right)$$

Donde $\Delta V_t$ es el incremento de tensión umbral, y $\Delta V_{Si}$ es el incremento de la tensión de fuente al alimentar el pMOS con la intensidad $I_{Di}$ con i=1,2 e $I_{ZTC}$ es la intensidad donde la dependencia térmica de $\Delta V_{Si}$ es mínima (zona ZTC).

3.- Método de las tres corrientes para la reducción simultánea del efecto de la degradación de la transconductancia del canal y corrección térmica. En los métodos 2.a y 2.b hemos considerado las correcciones por separado de ambos fenómenos. En aquellos casos en los que reducir ambas contribuciones sea necesario, se puede generalizar el razonamiento anterior. Para ello, medimos los incrementos de tensión de fuente a tres corrientes de drenador distintas, obteniendo después de la irradiación:

$$\Delta V_{S1},\ \Delta V_{S2},\ \Delta V_{S3}$$

Este método de medida implementa la excitación del transistor con tres intensidades que son conmutadas según ordena la unidad de control. El proceso de medida es similar al método con una corriente, con la salvedad de que para cada intensidad tendremos que realizar un proceso de pre-irradiación y post-irradiación independientes, y que estas intensidades pueden estar o no pulsadas. La dosis estará relacionada con los incrementos de tensión de fuente para cada una de las corrientes y el valor de las mismas.

$$\Delta V_t = \Delta V_{S1}^{comp} - \frac{\Delta V_{S1}^{comp} - \Delta V_{S2}^{comp}}{1 - \sqrt{\frac{I_{D2}}{I_{D1}}}}$$

con

$$\Delta V_{S1}^{comp} = \Delta V_{S1} + \left(\Delta V_{Sj} - \Delta V_{S1}\right)\frac{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{ZTC}}}{\sqrt{I_{D1}} - \sqrt{I_{Dj}}}, \quad j = 2 \text{ ó } 3$$

$$\Delta V_{S2}^{comp} = \Delta V_{S2} + \left(\Delta V_{Sk} - \Delta V_{S2}\right)\frac{\sqrt{I_{D2}} - \sqrt{I_{ZTC}}}{\sqrt{I_{D2}} - \sqrt{I_{Dk}}}, \quad k = 1 \text{ ó } 3$$

Donde $\Delta V_t$ es el incremento de tensión umbral, y $\Delta V_{Si}$ es el incremento de la tensión de fuente al alimentar el pMOS con la intensidad $I_{Di}$ con i=1,2,3 e $I_{ZTC}$ es la intensidad donde la dependencia térmica de $\Delta V_{Si}^{comp}$ es mínima.

Con los tres métodos de medida descritos en la presente invención, y teniendo en cuenta que la técnica de corriente pulsada es complementaria en los métodos 2.a, 2.b y 3, tenemos que se puede medir de los siguientes modos:

1. Medida con una única corriente pulsada
2. Medida con dos corrientes:
    a. Reducción efecto cambio en la transconductancia.
    b. Compensación en temperatura.

3. Medida con tres corrientes: Compensadas térmicamente y reduciendo el efecto del cambio de transconductancia.

A su vez, cada uno de los procedimientos 2 y 3 se pueden realizar aplicando las corrientes de drenador de forma continua o de forma pulsada tal y como se describe en el primer método.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS.**

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

- La figura 1 muestra un diagrama de bloques del sistema dosimétrico.
- La figura 2 muestra una vista esquemática del sistema de medida con corriente pulsada.
- La figura 3 muestra un diagrama de bloques de los medios de acondicionamiento de señal incluidos en el sistema. La figura 3a es un detalle de la figura 3.
- La figura 4 muestra una vista esquemática del sistema de medida con dos corrientes.
- La figura 5 muestra una vista esquemática del sistema de medida con tres corrientes.
- La figura 6 es un diagrama del método dosimétrico.

**REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN.**

Como se muestra en la **figura 1**, el sistema dosimétrico comprende:

- un instrumento portátil y autónomo de medida (2);
- una pluralidad de sensores (3);

donde los sensores (3) comprenden al menos un transistor MOSFET de canal p (31), y un elemento de cortocircuito (30); y donde, además, tanto en la irradiación como en la medida se mantienen cortocircuitados, por un lado, el

terminal de fuente (32) junto con el sustrato (33), y por otro, el terminal drenador (34) con la puerta (35) del transistor (31); y donde en los periodos de irradiación y reposo el elemento de cortocircuito (30), cortocircuita los terminales fuente (32) y puerta (35), por tanto, permaneciendo el transistor MOSFET de canal p (31) sin polarización, no precisando cables para conexión externa.

El instrumento portátil y autónomo de medida (2) comprende, al menos:

- una unidad de control (20);
- medios de polarización del sensor (21);
- medios de acondicionamiento de señal (22);
- medios de introducción de datos (23);
- medios de visualización (24);

donde la unidad de control (20) gobierna los medios de polarización del sensor (21) y los medios de acondicionamiento de señal (22) para la medida del parámetro dosimétrico, recibe los datos de los medios de introducción de datos (23); y donde, además, los medios de visualización (24) muestran los datos de la medida. Cada instrumento portátil y autónomo de medida (2) gobierna hasta 256 sensores (3).

En la **figura 2** se muestra una realización del sistema donde el transistor MOSFET de canal P (31) se conecta con un elemento interruptor (36) de tal forma que cuando la señal pulsada cierra el elemento interruptor (36) se deriva la corriente hacia dicho elemento interruptor (36), dejando al pMOS (31) sin corriente de excitación y en cortocircuito; del mismo modo, la corriente circula por el pMOS (31), cuando el elemento interruptor (36) se encuentra abierto.

Los medios de acondicionamiento de señal (22), como se puede observar en la **figura 3** y en la **figura 3a**, comprenden, al menos:

- medios de acondicionamiento de corriente (221), de los medios de polarización del sensor (21) para la medida del parámetro dosimétrico;
- medios de acondicionamiento de la tensión de fuente (222);

y donde los medios de acondicionamiento de corriente (221) de los medios de polarización del sensor (21) se conectan al conversor A/D de la unidad de control (20); y donde dichos medios de acondicionamiento de la tensión de fuente (222) comprenden, al menos:

- un conversor D/A (2221);
- un amplificador de instrumentación (2222).

En la **figura 4** se muestra una realización donde el transistor MOSFET de canal P (31) es excitado por dos intensidades (37). Del mismo modo, en la **figura 5** se muestra una realización donde el transistor MOSFET de canal P (31) es excitado por tres intensidades (38).

En la **figura 6** se muestra el método dosimétrico que comprende las siguientes etapas:

- etapa de primera conexión (51): del sensor (3) al instrumento (2);
- etapa de identificación del sensor (52) en los medios de introducción de datos (23);
- etapa de pre – irradiación para cada una de las intensidades de polarización(53);
- etapa de desconexión (54) del sensor (3) al instrumento (2);
- etapa de irradiación (55) del sensor (3);
- etapa de segunda conexión (56) del sensor (3) al instrumento (2);

- etapa de identificación del sensor (57) en los medios de introducción de datos (23);
- etapa de post – irradiación para cada una de las intensidades de polarización (58);
- etapa de cálculo de $\Delta V_s = V_S^{Post} - V_S^{Pre}$ para cada una de las intensidades de polarización (59);
- etapa de cálculo de $\Delta V_t$ en función de $\Delta V_s$ de cada una de las intensidades de polarización(60);
- etapa de cálculo de la dosis a partir de $\Delta V_t$ (61)
- etapa de visualización (62).

La etapa de pre – irradiación (53) comprende, al menos, las siguientes etapas:

- etapa de regulación de corriente (531);
- etapa de adecuación del DAC (532);
- etapa de almacenamiento del valor del DAC (533);
- etapa de medida y almacenamiento del valor $V_S^{Pre}$ (534).

La etapa de post – irradiación (58), comprende, al menos:

- etapa de regulación de corriente (581);
- etapa de recuperación de los datos del DAC (582);
- etapa de envío del valor al DAC (583);
- etapa de medida y almacenamiento del valor $V_S^{Post}$ (584).

El transistor MOSFET de canal P (31) es excitado por una corriente pulsada , o bien, por al menos dos corrientes durante las mencionadas etapas de pre-irradiación (53) y post-irradiación (58).

En las etapas de pre-irradiación (53) y post-irradiación (58) el transistor MOSFET de canal P (31) se conecta con los medios interruptores (36) de tal

forma que cuando la señal pulsada lo activa se deriva la corriente hacia el mencionado elemento (36), dejando al pMOS (31) sin corriente de excitación y en cortocircuito; del mismo modo, cuando se encuentra en bajo la corriente pasa por el pMOS (31), ya que elemento interruptor (36) se encuentra abierto.

**REIVINDICACIONES.**

1.- Sistema dosimétrico, que comprende:

- un instrumento portátil y autónomo de medida (2);
- una pluralidad de sensores (3);

**caracterizado porque** los sensores (3) comprenden al menos un transistor MOSFET de canal p (31), un elemento de cortocircuito (30); y donde tanto en la irradiación como en la medida se mantienen cortocircuitados, por un lado, el terminal de fuente (32) junto con el sustrato (33), y por otro, el terminal drenador (34) con la puerta (35) del transistor (31); y donde en los periodos de irradiación y reposo el elemento de cortocircuito (30), cortocircuita los terminales fuente (32) y puerta (35); y donde el transistor MOSFET de canal p (31) permanece sin polarización.

2.- Sistema dosimétrico, según reivindicación primera, **caracterizado porque** el instrumento portátil y autónomo de medida (2) comprende, al menos:

- una unidad de control (20);
- medios de polarización del sensor (21)
- medios de acondicionamiento de señal (22),
- medios de introducción de datos (23);
- medios de visualización (24);

donde la unidad de control (20) gobierna los medios de polarización del sensor (21) y los medios de acondicionamiento de señal (22), recibe los datos de los medios de introducción de datos (23) y donde los medios de visualización (24) muestran los datos de la medida.

3.- Sistema dosimétrico, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada instrumento portátil y autónomo de medida (2) gobierna hasta 256 sensores (3) de forma individualizada.

4.- Sistema dosimétrico, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de acondicionamiento de señal (22) comprenden, al menos:

- medios de acondicionamiento de corriente (221); de la fuente de corriente (37) (38);
- medios de acondicionamiento de la tensión de fuente (222);

donde los medios de acondicionamiento de corriente (221) de la fuente (37) se conectan al conversor A/D de la unidad de control (20); y donde dichos medios de acondicionamiento de la tensión de fuente (222) comprenden, al menos:

- un conversor D/A (2221);
- un amplificador de instrumentación (2222).

5.- Sistema dosimétrico, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque el** transistor MOSFET de canal P (31) se conecta con un medios interruptores (36) de tal forma que cuando una señal pulsada cierra dicho interruptor se deriva la corriente hacia los medios interruptores (36), dejando al pMOS (31) sin corriente de excitación y en cortocircuito; del mismo modo, cuando la señal pulsada se encuentra en la fase complementaria, el elemento que actúa como interruptor (36) se encuentra abierto, de modo que la corriente circula por el pMOS (31).

6.- Sistema dosimétrico, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el transistor MOSFET de canal P (31) es excitado por al menos dos corrientes.

7.- Método dosimétrico, **caracterizado porque** comprende, al menos, las siguientes etapas:

- etapa de primera conexión (51): del sensor (3) al instrumento (2);
- etapa de identificación del sensor (52) en los medios de introducción de datos (23);
- etapa de pre – irradiación para cada una de las intensidades de polarización (53);
- etapa de desconexión (54) del sensor (3) al instrumento (2);
- etapa de irradiación (55) del sensor (3);
- etapa de segunda conexión (56) del sensor (3) al instrumento (2);
- etapa de identificación del sensor (57) en los medios de introducción de datos (23);
- etapa de post – irradiación para cada una de las intensidades de polarización(58);
- etapa de cálculo de $\Delta V_{Si} = V_{Si}^{Post} - V_{Si}^{Pre}$ (59);
- etapa de cálculo de $\Delta V_t$ en función de $\Delta V_s$ de cada una de las intensidades de polarización(60);
- etapa de cálculo de la dosis (61) en función de $\Delta V_t$;
- etapa de visualización (62).

8.- Método dosimétrico, según reivindicación séptima, **caracterizado porque** la etapa de pre – irradiación (53) comprende, al menos, las siguientes etapas:

- etapa de regulación de corriente (531);
- etapa de adecuación del DAC (532);
- etapa de almacenamiento del valor del DAC (533);
- etapa de medida y almacenamiento del valor $V_S^{Pre}$ (534).

9.- Método dosimétrico, según reivindicación séptima, **caracterizado porque** la etapa de post – irradiación (58), comprende, al menos:

- etapa de regulación de corriente (581);
- etapa de recuperación de los datos del DAC (582);
- etapa de envío del valor al DAC (583);
- etapa de medida y almacenamiento del valor $V_S^{Post}$ (584).

10.- Método dosimétrico, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en las etapas de pre-irradiación (53) y post-irradiación (58) el transistor MOSFET de canal P (31) se conecta con los medios interruptores (36) de tal forma que cuando la señal pulsada lo activa, se deriva la corriente hacia el mencionado elemento (36), dejando al pMOS (31) sin corriente de excitación y en cortocircuito; del mismo modo, cuando se encuentra en bajo la corriente pasa por el pMOS (31), ya que elemento interruptor (36) se encuentra abierto.

11.- Método dosimétrico, según reivindicación séptima, **caracterizado porque** el transistor MOSFET de canal P (31) es excitado por al menos dos corrientes durante las mencionadas etapas de pre-irradiación (53) y post-irradiación (58).

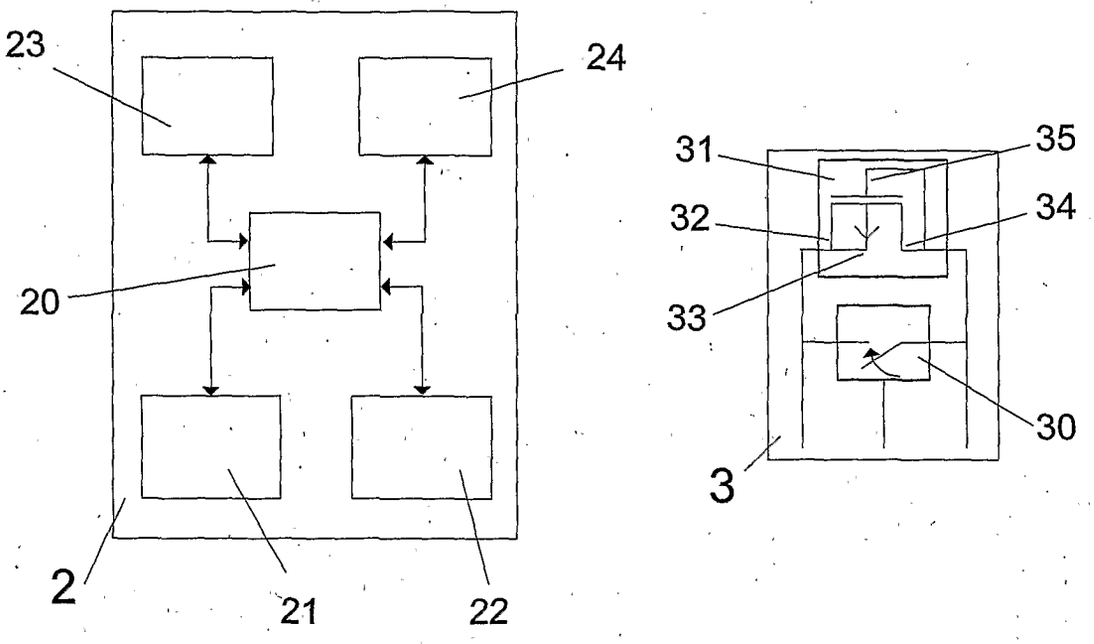



Fig. 1

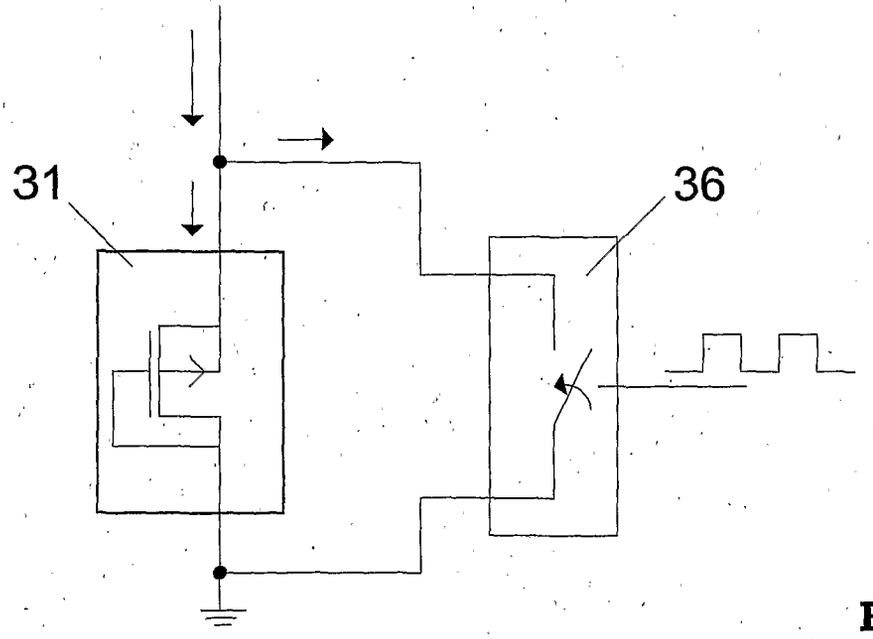



Fig. 2

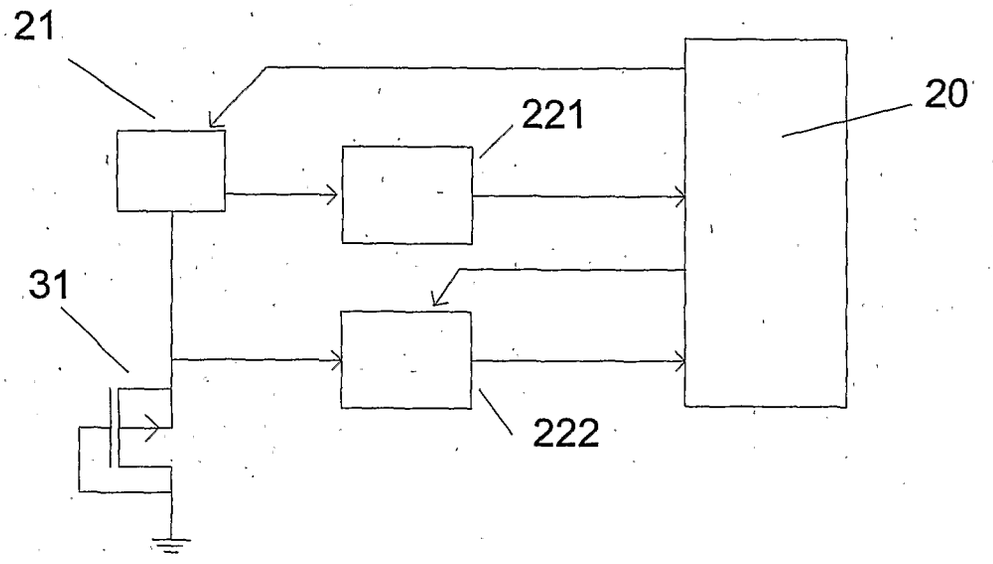



**Fig. 3**

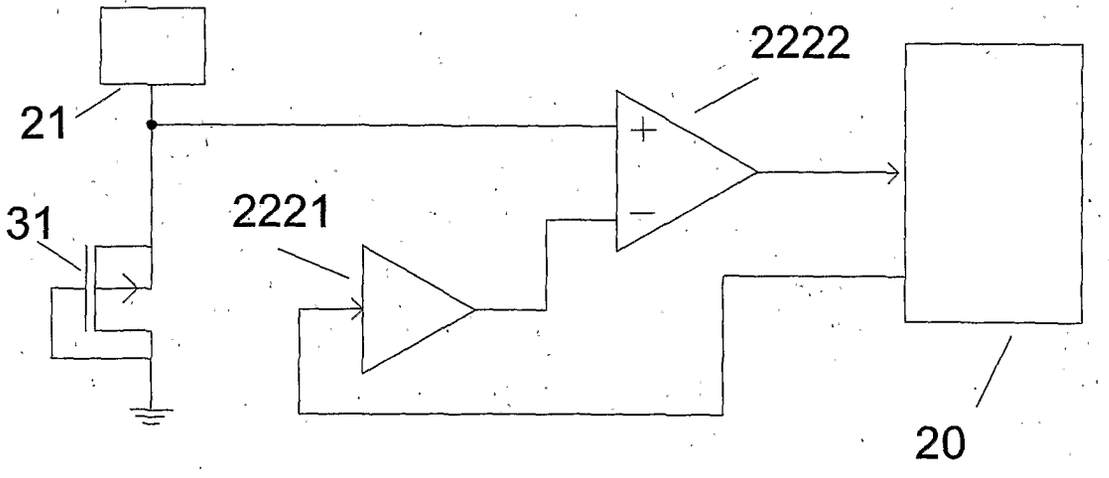



**Fig. 3a**

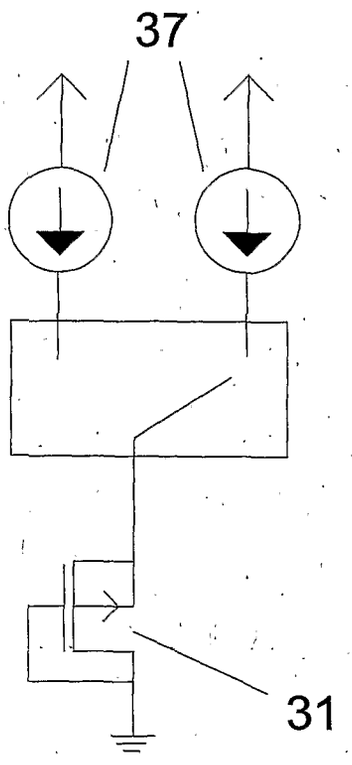



**Fig. 4**

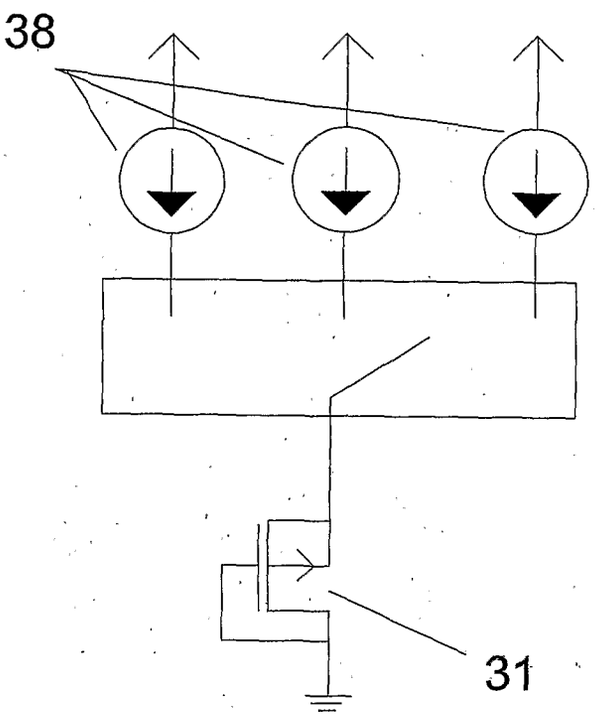



**Fig. 5**

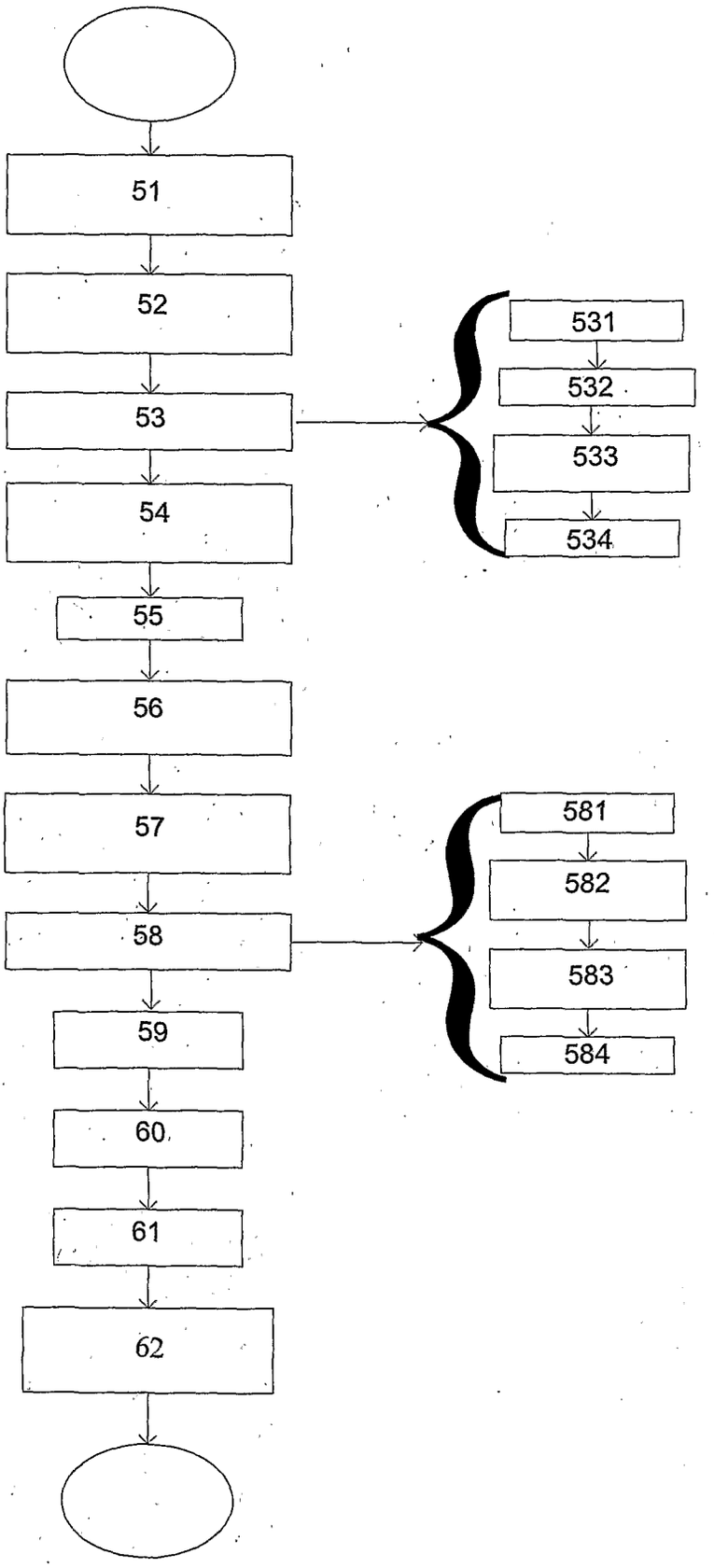



Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ ES 2008/000223

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***G01T 1/24*** (2006.01)
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 1/24

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)

EPODOC, WPI, INVENES, XPESP-ELSEVIER

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X<br>Y<br>A | Asensio et al. "Evaluation of a low-cost commercial mosfet as radiation dosimeter." Sensors & Actuators: A. Physical. Vol. 125, No. 2 (10.01.2006), pages 288 - 295. doi:10.1016/j. sna.2005.08.020 | 1-3<br>4,5<br>7 |
| Y<br>A | EP 0471957 A2 (THOMSON & NIELSEN ELECTRONIC) 26.02.1992, column 7, line 4 - column 11, line 41; figures 2-8 | 4,5<br>7 |
| A | US 4757202 A (EAST) 12.07.1988, the whole document | 1-5,7 |
| A | Barthe J et al. "Electronic dosimeters based on solid state detectors." Interactions with Materials and Atoms. Vol. 184, No. 1 - 2, pages 158 - 189. ISSN 0168-583X. | 1-5,7 |

☐ 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 document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or 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 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 27.August.2008 (27.08.2008) | (27-08-2008) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>O.E.P.M.<br><br>Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.<br>Facsimile No. 34 91 3495304 | Authorized officer<br>J. Olalde Sánchez<br><br>Telephone No. +34 91 349 8469 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2008)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2008/000223

| Patent document cited in the search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| EP 0471957 AB | 26.02.1992 | CA 2046398 A | 07.01.1992 |
| | | EP 19910111005 | 02.07.1991 |
| | | US 5117113 A | 26.05.1992 |
| | | JP 5180948 A | 23.07.1993 |
| | | JP 3012364 B | 21.02.2000 |
| US 4757202 A | 12.07.1988 | CA 1258922 A | 29.08.1989 |
| | | | 29.08.1989 |
| | | | 29.08.1989 |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional Nº

PCT/ ES 2008/000223

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

***G01T 1/24*** (2006.01)

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 1/24

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)

EPODOC, WPI, INVENES, XPESP-ELSEVIER

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes | Relevante para las reivindicaciones Nº |
|---|---|---|
| X<br>Y<br>A | Asensio et al. "Evaluation of a low-cost commercial mosfet as radiation dosimeter." Sensors & Actuators: A. Physical. Vol. 125, No. 2 (10.01.2006), páginas 288 - 295. doi:10.1016/j.sna.2005.08.020 | 1-3<br>4,5<br>7 |
| Y<br>A | EP 0471957 A2 (THOMSON & NIELSEN ELECTRONIC) 26.02.1992, columna 7, línea 4 - columna 11, línea 41; figuras 2-8 | 4,5<br>7 |
| A | US 4757202 A (EAST) 12.07.1988, todo el documento | 1-5,7 |
| A | Barthe J et al. "Electronic dosimeters based on solid state detectors." Interactions with Materials and Atoms. Vol. 184, No. 1 - 2, páginas 158 - 189. ISSN 0168-583X. | 1-5,7 |

☐ 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:

"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).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"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.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"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.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

| Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. | Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional |
|---|---|
| 27.Agosto.2008 (27.08.2008) | 27-AGOSTO-2008 (27-08-2008) |
| Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.<br>Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.<br>Nº de fax 34 91 3495304 | Funcionario autorizado<br>J. Olalde Sánchez<br>Nº de teléfono +34 91 349 8469 |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional Nº

PCT/ES 2008/000223

| Documento de patente citado en el informe de búsqueda | Fecha de Publicación | Miembro(s) de la familia de patentes | Fecha de Publicación |
|---|---|---|---|
| EP 0471957 AB | 26.02.1992 | CA 2046398 A | 07.01.1992 |
| | | EP 19910111005 | 02.07.1991 |
| | | US 5117113 A | 26.05.1992 |
| | | JP 5180948 A | 23.07.1993 |
| | | JP 3012364 B | 21.02.2000 |
| US 4757202 A | 12.07.1988 | CA 1258922 A | 29.08.1989 |
| | | | 29.08.1989 |
| | | | 29.08.1989 |