

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 183**

51 Int. Cl.:

G01T 1/164 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2009 PCT/EP2009/057327**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2009 WO09153229**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2009 E 09765809 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2288939**

54 Título: **Dispositivo de generación de imágenes gamma mejorado que permite la localización precisa de fuentes de irradiación en el espacio**

30 Prioridad:

16.06.2008 FR 0853959

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.04.2019

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**LE GOALLER, CHRISTOPHE y
MAHE, CHARLY**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 710 183 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de generación de imágenes gamma mejorado que permite la localización precisa de fuentes de irradiación en el espacio

5

Campo técnico

La invención se refiere a un dispositivo mejorado de generación de imágenes gamma que permite la localización precisa de fuentes de irradiación en el espacio, lo que lo hace particularmente adecuado para la preparación de intervenciones en medios de irradiación tales como las operaciones de mantenimiento, desmontaje o de inspección. Tal dispositivo incorpora una cámara gamma.

10

Estado de la técnica anterior

Desde principios de los años 90, el solicitante ha desarrollado un dispositivo de generación de imágenes gamma ALADIN relativamente compacto destinado a localizar fuentes de radiación emisoras de radiación gamma. Tal dispositivo de generación de imágenes gamma suministra una imagen final formada por una imagen gamma en la que al menos una fuente de irradiación está representada como una mancha de colores falsos superpuestos en una imagen de luz visible o casi visible de la escena observada. La imagen de la fuente de irradiación corresponde a una distribución de intensidad de la radiación gamma recibida por la cámara gamma, mientras que la imagen de luz visible o casi visible de la escena observada es adquirida por la propia cámara gamma, ya sea por una cámara auxiliar sensible a la luz visible o casi visible, blanco y negro o colores que cooperan con la cámara gamma. Tal dispositivo de generación de imágenes gamma de este tipo suministra información sobre la localización eventual de cualquier fuente de irradiación observada por el dispositivo. La imagen de luz casi visible puede ser una imagen infrarroja.

15

20

25

La Figura 1 muestra en sección un ejemplo de un dispositivo de generación de imágenes gamma de este tipo. Consta de una cámara gamma 1 que comprende en cascada un colimador tipo estenopeico 2 ("pinhole" en inglés), un centelleador 3, un conjunto de componentes fotónicos 4 que incorporan en cascada un tubo intensificador de imágenes, un reductor de fibra óptica, un detector de tipo dispositivo con acoplamiento de carga (CCD, en inglés). Los componentes fotónicos no están representados. El centelleador 3 y el conjunto de componentes fotónicos 4 se colocan en una envoltura blindada 5 con respecto a la radiación gamma y de al menos una fuente de irradiación 8 observada por el dispositivo de generación de imágenes gamma. Como variante, el colimador tipo estenopeico 2 podría reemplazarse por una abertura de máscara codificada (no representada). Las cámaras gamma con máscara codificada tienen mayor sensibilidad que las cámaras gamma de estenopeicos.

30

35

El centelleador 3 transforma la radiación gamma R_γ recibida en señales luminosas aplicadas al conjunto de componentes fotónicos 4 y este último transforma las señales luminosas recibidas en señales eléctricas que pueden procesarse.

40

El dispositivo de generación de imágenes gamma puede constar, además, contigua a la cámara gamma 1, de una cámara auxiliar 6 sensible a la luz visible o casi visible, cuyo eje óptico x_1 se desplaza del eje de visión x_2 de la cámara gamma 1 mientras permanece sustancialmente paralelo al eje de visión x_2 de la cámara gamma 1. Esta configuración presenta la ventaja de poder adquirir simultáneamente la imagen de luz visible o casi visible, en lo sucesivo denominada imagen de luz visible, y la radiación gamma que conduce a la imagen gamma. Pero, su inconveniente es que es necesario proceder a una corrección de paralaje en la imagen de luz visible, de modo que la imagen de luz visible corregida parece haberse adquirido con la misma dirección de visión que la imagen gamma.

45

Otra configuración se describe en la solicitud de patente [1], cuyas referencias se encuentran al final de la descripción, la corrección de paralaje se realiza mediante un sistema de orientación de espejo de 45° , lo que permite que la cámara auxiliar observe un campo visual cuyo eje de visión coincida sustancialmente con el de la cámara gamma. Esta configuración implica un montaje relativamente complejo del sistema de observación que debe tener una posición perfectamente ajustada.

50

Es posible prever que la cámara gamma 1 conste, además, aguas arriba del colimador 2, de un obturador 7. Cuando el colimador 2 es de tipo estenopeico, el obturador 7 es capaz de adoptar dos posiciones: una posición abierta y una posición cerrada. Cuando el obturador 7 está en posición abierta, la cámara gamma 1 puede adquirir la imagen de luz visible de la escena observada y cuando el obturador 7 está en posición cerrada, la cámara gamma 1 puede adquirir la radiación gamma y, por tanto, la imagen gamma. Se puede utilizar la misma vía de adquisición. Pero las dos imágenes no pueden ser simultáneas ya que es necesario conmutar el obturador 7 de una posición a otra.

55

60

La imagen gamma es una imagen digital generalmente codificada en 8 bits (256 niveles de grises). Se renueva según una cadencia de adquisición que varía entre unas decenas de milisegundos (cadencia de tiempo real) y unos segundos (denominada cadencia de tiempo casi real). Se puede acumular una cantidad de imágenes gamma para obtener una imagen gamma codificada en 16 bits. El número de imágenes usadas está a menudo entre unas centenas en caso de una fuerte irradiación y unos millares en el caso de una baja irradiación.

65

Cuando se adquiere una imagen gamma, el obturador 7 está cerrado y, por lo tanto, no puede adquirir una imagen visible simultáneamente.

5 Esta imagen permite detectar la presencia de una fuente radiante, pero no permite localizarla espacialmente con precisión. La experiencia muestra que, con tal cámara gamma, la detección de una fuente de irradiación que produce una tasa de dosis de 10 $\mu\text{Gy/h}$ se garantiza en un ambiente general de 0,1 $\mu\text{Gy/h}$. Esta imagen gamma se obtiene después de procesar las señales suministradas por el conjunto de componentes fotónicos, pudiendo estos procesamientos consistir en filtrado de paso bajo y coloración.

10 En esta configuración, la imagen gamma y la imagen de luz visible están perfectamente alineadas porque fueron capturadas con el mismo eje. Pero no se toman simultáneamente, ya que proceden de dos estados diferentes del obturador. La imagen final proviene de un procesamiento posterior.

15 El obturador 7 con sus dos posiciones solo se puede usar con la cámara gamma 1 con colimador de tipo estenopeco porque con una máscara codificada abierta no se puede obtener una imagen explotable en la posición abierta. Con una abertura de máscara codificada, se utiliza un obturador fijo y cerrado. Con la cámara gamma con máscara codificada, una cámara auxiliar contigua a la cámara gamma se utiliza necesariamente para obtener la imagen de luz visible y la superposición de la imagen gamma y la imagen de luz visible se realiza aproximadamente después de la calibración en el laboratorio. Además, es necesario conocer la distancia entre el dispositivo de
20 generación de imágenes gamma y la fuente de irradiación, lo que constituye una restricción importante.

Los documentos [2] y [3], cuyas referencias se encuentran al final de la descripción, describen el funcionamiento y el rendimiento de los dispositivos de generación de imágenes gamma de colimador de tipo estenopeco. Los
25 documentos a los que se hace referencia [4] y [5] describen el funcionamiento y el rendimiento de los dispositivos de generación de imágenes gamma con apertura de máscara codificada. La solicitud de patente referenciada [6] describe una instrumentación adicional para el dispositivo de generación de imágenes gamma que permiten mejorar la precisión de las mediciones realizadas. Los documentos a los que se hace referencia [7] y [8] muestran cómo el centelleador y los componentes fotónicos se pueden reemplazar por un detector sólido compuesto por un
30 semiconductor pixelado que se hibrida a un dispositivo electrónico de lectura. También puede tratarse de una matriz de semiconductores elementales. El detector sólido de semiconductor convierte directamente la radiación gamma recibida en señales eléctricas. El material semiconductor puede ser, por ejemplo, silicio o telurio de cadmio. En estos dos últimos casos, la cámara gamma no puede adquirir una imagen de luz visible y es necesario proporcionar la cámara auxiliar.

35 Por último, el documento [9] describe un dispositivo de generación de imágenes gamma que comprende, en particular, un sensor óptico y una cámara gamma que posee un colimador.

El dispositivo de generación de imágenes gamma puede incluir, además, una sonda de espectrometría gamma colimada que comprende un detector de espectrometría gamma colocado aguas abajo de un colimador de
40 espectrometría gamma. La sonda es solidaria con la cámara gamma o la cámara auxiliar. La figura 1 no muestra una sonda de espectrometría gamma colimada. La sonda de espectrometría gamma colimada permite tomar mediciones de energía de la radiación gamma recibida y contabilizar el número de éstas durante un período predeterminado, lo que hace posible identificar y cuantificar los radioelementos responsables de la irradiación gamma.

45 **Descripción de la invención**

El objetivo de la presente invención es precisamente proponer un dispositivo de generación de imágenes gamma que no presente los inconvenientes mencionados anteriormente, a saber: necesidad de procesamiento de paralaje entre la imagen gamma y la imagen de luz visible, por un lado, y, por otro lado, obtener la imagen final en diferido.

50 Para lograr esto, la presente invención se refiere a un dispositivo de generación de imágenes gamma, según la reivindicación 1, que consta de:

- 55 - una cámara gamma con colimador de tipo estenopeco destinada a adquirir una imagen de radiación gamma, denominada imagen gamma, de una escena observada, provista de una cara frontal y que posee un eje de visión;
- una cámara auxiliar destinada a capturar una imagen de luz visible de la escena observada. Según la invención, la cámara auxiliar se encuentra aguas arriba de la cara frontal de la cámara gamma, y posee un eje óptico que coincide sustancialmente con el eje de visión de la cámara gamma, de modo que la imagen de luz visible y la
60 imagen gamma se captura de forma sustancialmente simultánea con la misma dirección de visión.

El dispositivo de generación de imágenes gamma puede constar, además, de medios de adquisición y procesamiento de señales suministrados por la cámara auxiliar y la cámara gamma destinados a proporcionar, sustancialmente en tiempo real con respecto a la captura, a unos medios de visualización, una imagen final de la
65 escena observada que es una superposición de la imagen de luz visible y una representación de una o varias fuentes de irradiación que se encuentran en la escena observada y habiendo sido detectadas en la imagen gamma

capturada.

La representación es una mancha coloreada o un contorno.

- 5 La cámara auxiliar puede estar montada sobre un soporte que está unido a la parte frontal de la cámara gamma, en particular, por atornillado o enclavamiento.

10 El soporte puede ser sustancialmente un cilindro de revolución y poseer un diámetro exterior superior al diámetro exterior de la cámara gamma para permitir el atornillado o el enclavamiento. El dispositivo de generación de imágenes gamma equipado con la cámara auxiliar permanece de este modo completamente compacto.

Ventajosamente, el soporte está hecho de un material opaco con respecto a la luz visible, con el fin de evitar que penetre en el interior de la cámara gamma.

- 15 El soporte está realizado de un material con una densidad suficientemente baja, tal como aluminio o un material plástico, para atenuar la radiación gamma lo menos posible proveniente de la escena observada.

20 El dispositivo de generación de imágenes gamma puede constar, además, de una sonda espectrométrica colimada solidaria al soporte y/o la cámara gamma.

La cámara gamma puede constar, además, en la cara frontal, de un obturador que puede ser removible o no, permitiendo este obturador realizar imágenes gamma cuando está cerrado o imágenes visibles cuando está abierto.

25 La cámara gamma puede ser adecuada para proporcionar una imagen de luz visible de la escena observada. Las imágenes de luz visible de la cámara gamma y de la cámara auxiliar se rectifican.

La presente invención se refiere también a un procedimiento de localización de una o varias fuentes de irradiación presentes en una escena observada por un dispositivo de generación de imágenes gamma caracterizado de este modo. Consta de las etapas de:

- 30
- captura sustancialmente simultánea de una imagen de luz visible de la escena observada y de una radiación gamma proveniente de las fuentes de irradiación;
 - formación de una imagen gamma de la escena observada a partir de la radiación gamma capturada;
 - procesamiento de la imagen gamma que conduce a una representación de las fuentes de irradiación con:
- 35
- una división de la imagen gamma en una o varias zonas de base formadas por píxeles,
 - una atribución de al menos un indicador a cada zona de base, traduciendo este indicador una cantidad de señal de los píxeles de la zona de base;
 - una determinación entre las zonas de base de una o varias zonas útiles para las cuales el indicador es superior a un umbral;
 - eventualmente, un recorte de las zonas útiles para revelar un contorno de las zonas útiles, dando las zonas útiles o el contorno de las zonas útiles la representación.
- 40
- superposición de la imagen de luz visible y de la representación para obtener una imagen final de la escena observada;
 - visualización de la imagen final.
- 45

En otro modo de funcionamiento, el procesamiento puede incluir, además:

- 50
- una determinación entre las zonas de base de una o varias zonas neutras para las cuales el indicador es inferior al umbral;
 - una asignación de un nivel cero a los píxeles de las zonas neutras;
 - una umbralización en uno o varios umbrales y una coloración en función de los umbrales, de las zonas neutras y útiles, las zonas neutras y útiles, después de la umbralización y la coloración dando la representación.
- 55

La umbralización puede ir precedida por un filtrado para superar los parásitos.

El indicador mencionado anteriormente puede ser un promedio de nivel de píxeles de las zonas base, por ejemplo.

60 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se comprenderá mejor tras la lectura la descripción de las realizaciones a modo de ejemplo dadas, a título puramente indicativo y de ninguna manera limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

- 65
- la figura 1 ya descrita es una sección de un dispositivo de generación de imágenes gamma conocido;

- las figuras 2A, 2C, 2D son vistas tridimensionales de ejemplos de dispositivos de generación de imágenes gamma según la invención durante su montaje, mostrando la figura 2B muestra un dispositivo de generación de imágenes gamma con máscara codificada;
- la figura 3 ilustra en sección un ejemplo de un dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención;
- 5 - las figuras 4A a 4C muestra diferentes etapas de ejemplos de procedimiento de localización de una o varias fuentes de irradiación presentes en una escena observada por un dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención.

Partes idénticas, similares o equivalentes de las diferentes figuras llevan las mismas referencias numéricas para facilitar el paso de una figura a otra.

Las diferentes partes representadas en las figuras no lo están necesariamente según una escala uniforme, para hacer las figuras más legibles.

15 Descripción detallada de modos de realización particulares

Ahora se prestará atención a las figuras 2A, 2C, 2D que muestra diferentes vistas de un dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención durante el ensamblaje. Consta de una cámara gamma 10 convencional que puede ser bastante similar a la descrita en la figura 1 con la referencia 1. Se trata de un tipo de cámara gamma de colimador de estenopeico como en la figura 2A. En la figura 2B, la cámara gamma es de máscara codificada, esta figura no forma parte de la invención. La cámara gamma 10 posee una cara frontal 11 en el lado del estenopeico 12. En las figuras 2C, 2D, la cara frontal del lado gamma de la cámara estenopeico no es visible. La cámara gamma 10 está destinada a adquirir una imagen gamma de una escena observada 17.

La cámara gamma 10 posee un eje de visión $x1'$. El dispositivo de generación de imágenes gamma consta, además, de una cámara auxiliar 15 sensible a la luz visible o casi visible, por ejemplo, infrarrojo. La cámara auxiliar 15 es preferiblemente una cámara digital. La cámara auxiliar 15 consta de un eje óptico $x2'$. La cámara auxiliar 15 es solidaria con la cara frontal 11 de la cámara gamma 10, siendo su eje óptico $x2'$ sustancialmente coincidente con el eje de visión $x1'$ de la cámara gamma 10. La cámara gamma 10 y la cámara auxiliar 15 miran con la misma dirección de visión la escena observada 17, estando la cámara auxiliar 15 aguas arriba de la cámara gamma 10 con respecto a la escena observada 17.

La mayoría de las cámaras gamma comerciales utilizadas en el ámbito de la generación de imágenes médicas comprenden un colimador que presenta canales paralelos o un colimador de tipo de máscara codificada. Esta configuración asegura una mejor recogida de la señal, pero no permite obtener una imagen visible. Los colimadores de estenopeico permiten obtener, por la cámara gamma de una imagen en luz visible explotable, aunque de mala calidad. De este modo, como se ha descrito anteriormente, es posible, con el mismo dispositivo de generación de imágenes, cambiar de un modo de luz visible a un modo de radiación gamma utilizando un obturador removible, siendo la imagen en luz visible obtenida cuando el obturador está abierto y siendo la imagen de radiación gamma obtenida con el obturador cerrado. Pero es imposible obtener simultáneamente una imagen en luz visible y una imagen de la radiación gamma. Si la cantidad de luz que llega a la cámara gamma cuando el obturador está abierto es importante, esto puede crear fenómenos de deslumbramiento y remanencia al nivel del detector. Por lo tanto, es deseable minimizar el número de imágenes realizadas en modo visible por la cámara gamma.

La cámara auxiliar 15 es solidaria con la cámara gamma 10 por medio de un soporte 16 fijado a la cámara gamma 10 en el lado de su cara frontal 11. La cámara auxiliar 15 está alojada en el soporte 16. La cámara auxiliar 15 se selecciona compacta. La cámara gamma 10 encaja en el soporte 16 o está atornillada al soporte 16. El soporte 16 está realizado de un material que tiene una densidad lo más baja posible para minimizar la radiación gamma Ry que se proviene de una o varias fuentes de irradiación 22 presentes en la escena observada 17 y se dirige hacia la cámara gamma 10. Los materiales adecuados son, por ejemplo, aluminio o un material plástico. El mismo soporte 16 se puede utilizar independientemente del tipo de cámara gamma 10. En otras palabras, el soporte 16 es compatible con varios modelos de cámaras gamma 10. La cámara gamma 10 con estenopeico consta de un colimador sustancialmente cónico en la cara frontal, mientras que la cara frontal de una cámara gamma 10 de máscara codificada es sustancialmente plana. El soporte 16 toma la forma, por ejemplo, de un cilindro de revolución que consta de, en un extremo, de un alojamiento 18 para la cámara auxiliar 15 y, en el otro extremo, un compartimento 19 en donde se encaja la cara frontal 11 de la cámara gamma 10. Haciendo referencia a la figura 3. Puede proporcionarse una rosca 20 para atornillar la cámara gamma 10 como se ilustra en la figura 3. El objetivo de la cámara auxiliar 15 puede ser a ras con el soporte 16. El soporte 16 tiene un diámetro exterior que es superior al de la cámara gamma 10 para permitir el enclavamiento. El objeto no es aumentar el diámetro del dispositivo de generación de imágenes gamma mucho más que el de la cámara gamma sola. Al contrario, una vez que el soporte 16 se fija a la cámara gamma 10, el dispositivo de generación de imágenes gamma tiene una longitud mayor en comparación con la cámara gamma sola.

El soporte 16 es opaco a la luz visible o casi visible que llega a la cámara auxiliar 15 y está lo suficientemente ajustado a la cámara de rayos gamma 10 como para evitar que dicha luz penetre en la cámara de rayos gamma 10. Esto protege el centelleador y el tubo intensificador de imagen de la cámara gamma y aumenta su vida útil.

- El detector 21 de la cámara gamma 10, independientemente de si es un dispositivo acoplamiento de cargas o un detector sólido con semiconductores consta de una pluralidad de elementos sensibles o píxeles que suministran, cada uno, una señal eléctrica en función de una distribución de radiación gamma R_y emitida por una o varias fuentes de irradiación 22 presentes en la escena observada 17. Las señales provenientes del detector 21 son una función de la posición que tienen en la superficie del detector 21 y una función de la energía gamma en el origen de las interacciones en el centelleador si está presente o en el mismo detector, aunque sea sólido con semiconductores.
- El dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención puede constar, además, de una sonda 23 espectrométrica gamma colimada solidaria al soporte 16 y/o la cámara gamma 10. La sonda de espectrometría gamma 17 está orientada según un eje x_3' que es sustancialmente paralelo al eje común x_1' , x_2' de la cámara gamma 10 y de la cámara visible 15 pero está desplazada.
- Es posible prever, además, un obturador 24 en la cara frontal de la cámara gamma 10 que puede ser removible o no. Este obturador permite realizar imágenes gamma cuando está cerrado o imágenes visibles cuando está abierto. El uso del obturador 24 permite la calibración preliminar de los campos de visión de la cámara en modo gamma y en modo visible.
- También hay cámaras gamma con colimadores de haz paralelo.
- Las cámaras gamma que utilizan un colimador de haz paralelo no son adecuadas para la localización de fuentes de irradiación situadas a grandes distancias, por ejemplo, superior a 1 m del colimador. Este tipo de cámara se utiliza preferentemente para contacto o pseudocontacto, estando la distancia entre el colimador y la fuente generalmente entre unos centímetros y unas decenas de centímetros.
- Las cámaras gamma que utilizan un colimador de máscara codificada pueden ser adecuadas para la observación de las fuentes de irradiación a distancias mayores, pero plantean el problema de crear artefactos cuando las fuentes están ubicadas cerca del campo observado. Por lo tanto, los inventores han encontrado que cuando las fuentes de irradiación están ubicadas a distancias variables de la cámara gamma, distancias que pueden variar desde unas decenas de centímetros a unas decenas de metros, y en cualquier punto del campo observado, incluyendo cerca de los límites del campo, incluso fuera del campo, la configuración de estenopeico era preferente con respecto a una configuración de tipo máscara codificada o colimador de haces paralelos. Una configuración de estenopeico permite obtener un sistema óptico que tiene una profundidad de campo infinita, es decir, que las fuentes de irradiación aparecerán claramente, independientemente de su distancia con respecto al dispositivo de generación de imágenes gamma, sin que sea necesario una puesta a punto particular. Tal configuración es, por lo tanto, muy interesante.
- Además, el uso de una cámara gamma de tipo estenopeico no requiere el uso de un algoritmo de decodificación complejo.
- El dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención consta, además, de un dispositivo de visualización 26 y de unos medios de adquisición y de procesamiento 25 de señales eléctricas suministradas por la cámara auxiliar 15 y por la cámara gamma 10. Estos medios de adquisición y procesamiento 25 constan de dos vías de adquisición y de procesamiento, una, denominada vía gamma V_g , y la otra, denominada vía visible V_v , que cooperan para suministrar en el dispositivo de visualización 26 una imagen final I_f si es una imagen de luz visible de una escena capturada por la cámara visible 15 en un momento dado según una dirección de visión. En la imagen final I_f aparece superpuesta, una representación R de una o varias fuentes de irradiación 22 capturadas por la cámara gamma 10 sustancialmente en el momento dado y con sustancialmente la misma dirección de visión. Las direcciones de visión corresponden a los ejes x_1' , x_2' . Los ejes ópticos x_1' , x_2' de las dos cámaras coinciden en las figuras. Los campos de visión de las cámaras pueden ser diferentes, sin embargo, es preferente que el campo de visión de la cámara visible sea más grande.
- Los medios de adquisición y procesamiento 25 incluyen un sistema informático de procesamiento de imágenes que puede ser convencional.
- Se pueden utilizar al menos dos modos de procesamiento, llamándose el primero modo de superposición y el segundo modo de guía, un tercer modo denominado mixto puede combinar parcialmente los dos modos. En los modos de procesamiento, la imagen de luz visible I_v y la radiación gamma en la base de la imagen gamma I_g se capturan sustancialmente en el mismo momento, y corresponden a la misma escena observada. Estas imágenes transitan cada una a través de una vía V_v , V_g , respectivamente.
- El modo de superposición se describirá primero con referencia a la figura 4A.
- En el momento de inicio ($t=0$), la cámara auxiliar captura una imagen de luz visible I_v (bloque B1) de la escena observada y, sustancialmente de manera simultánea, la cámara gamma captura la radiación gamma R_y (bloque B2) proveniente de una o varias fuentes de irradiación que se encuentran en la misma escena observada.
- Esta radiación gamma R_y servirá para formar una imagen gamma I_g (bloque B3), pero esta imagen gamma I_g se

forma después de un tiempo t_{exp} que corresponde al tiempo de exposición del detector. Este tiempo de exposición t_{exp} varía, por ejemplo, entre 0,04 segundos y 5 segundos, preferentemente entre 0,8 segundos y un poco más de 2 segundos.

- 5 Tan pronto como se forme la imagen gamma I_g al nivel del detector, se procesa (bloque B4), el procesamiento puede constar de al menos un filtrado de paso bajo para eliminar el ruido. También consta de una umbralización que usa uno o varios umbrales, una coloración para atribuir un color diferente a los píxeles de la imagen gamma I_g según su nivel después de la umbralización, la coloración es una función de los umbrales. Otros procesamientos, actualmente conocidos para el experto en la materia, pueden contemplarse. El procesamiento conduce a una
10 representación R de las fuentes de irradiación (bloque B5). Las fuentes de irradiación corresponden en la representación R a puntos coloreados.

- La representación R se superpone a la imagen de luz visible I_v (bloque B6), esto da la imagen final I_f . Las manchas coloreadas destacan sobre la parte inferior de la imagen visible. La imagen final I_f se muestra en los medios de visualización 26 en el momento $t=t_{exp}+\Delta t$ (bloque B7). El tiempo Δt en que fluye la formación de la imagen gamma I_g y la visualización de la imagen final I_f es muy pequeño, depende del rendimiento de los medios de procesamiento utilizados, así como del tiempo de exposición de la cámara: normalmente está comprendido entre unos milisegundos y unos segundos.
15

- 20 El dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención puede capturar una nueva radiación gamma R_y y sustancialmente de manera simultánea una nueva imagen de luz visible I_v de la misma escena observada. El tiempo de actualización entre la formación de dos imágenes gamma sucesivas está comprendido entre aproximadamente 0,04 segundos y 5 segundos.

- 25 El modo de guía se describirá ahora con referencia a la figura 4B.

En el momento de inicio ($t=0$), la cámara auxiliar captura una imagen de luz visible I_v (bloque B11) de la escena observada y, sustancialmente de manera simultánea, la cámara gamma captura la radiación gamma R_y (bloque B12) proveniente de una o varias fuentes de irradiación que se encuentran en la misma escena observada.
30

Esta radiación gamma R_y servirá para formar una imagen gamma I_g (bloque B13), pero esta imagen gamma I_g se forma al nivel del detector después de un tiempo t_{exp} que corresponde al tiempo de exposición del detector. Este tiempo de exposición t_{exp} varía, por ejemplo, entre 0,04 segundos y 5 segundos, preferentemente entre 0,8 segundos y un poco más de 2 segundos.
35

La imagen de gamma I_g formada será procesada (bloque B14). Se divide en una o varias zonas de base z_b provistas de píxeles. A cada zona base z_b se le asigna al menos un indicador I_1 que se traduce la cantidad de señal presente en cada uno de los píxeles de la zona base z_b . Para esto podemos hacer un análisis aritmético y el indicador I_1 puede ser la media aritmética del nivel de cada uno de los píxeles de la zona base z_b . Se podrían utilizar otros indicadores, como la variación de la media aritmética u otros indicadores estadísticos, como la media u otro fráctil, la separación estándar, etc.
40

Entonces se determina entre las zonas de base z_b , una o varias zonas útiles z_u para las cuales el indicador I_1 es superior a un umbral S_1 . Las zonas útiles z_u dan una representación R de las fuentes de irradiación. Entonces podemos superponer sobre la imagen de luz visible I_v , la representación R.
45

Como variante, se puede cortar cada zona útil z_u para revelar el contorno C de cada zona útil z_u de la imagen gamma I_g . El contorno de las zonas útiles z_u da la representación de las fuentes de irradiación. Solo el contorno C de las zonas útiles z_u de la imagen gamma I_g se superpone a la imagen de luz visible I_v . En los dos casos, las zonas útiles z_u o el contorno de las zonas útiles dan una representación R de las fuentes de irradiación observadas.
50

La representación R se superpone a la imagen de luz visible I_v (bloque B6), esto da la imagen final I_f .

La imagen final I_f se muestra en los medios de visualización 26 en el momento $t=t_{exp}+\Delta t$ (bloque B7). El tiempo Δt que fluye entre la formación de la imagen gamma I_g y la visualización de la imagen final I_f es muy pequeño. Depende del rendimiento de los medios de procesamiento utilizados, así como del tiempo de exposición de la cámara, normalmente está comprendido entre unos milisegundos y unos segundos.
55

El número de zonas base z_b , su forma geométrica y el umbral S_1 son ajustables y seleccionados por un operario que hace funcionar el dispositivo de generación de imágenes de la invención. La forma geométrica es preferentemente poligonal. Las zonas útiles z_u son aquellas que generan la irradiación más intensa.
60

Con referencia a la figura 4C, ahora se describirá el modo mixto. En el momento de inicio ($t=0$), la cámara auxiliar adquiere una imagen de luz visible I_v (bloque B21) de la escena observada y, sustancialmente de manera simultánea, la cámara gamma captura la radiación gamma R_y (bloque B22) proveniente de una o varias fuentes de irradiación que se encuentran en la misma escena observada. Esta radiación gamma R_y servirá para formar una
65

imagen gamma I_g (bloque B23), pero esta imagen gamma I_g se recibe por el detector después de un tiempo t_{exp} que corresponde al tiempo de exposición del detector.

5 Este tiempo de exposición t_{exp} varía, por ejemplo, entre 0,04 segundos y 5 segundos, preferentemente entre 0,8 segundos y un poco más de 2 segundos.

10 La imagen de gamma I_g formada será procesada (bloque B24). Se divide en una o varias zonas de base z_b provistas de píxeles. A cada zona base z_b se le asigna al menos un indicador I_2 que se traduce la cantidad de señal presente en cada uno de los píxeles de la zona base z_b . Para esto podemos hacer un análisis aritmético y el
 15 indicador I_2 puede ser la media aritmética del nivel de cada uno de los píxeles de la zona base z_b . Otros indicadores podrían ser utilizados como la mediana u otros fráctiles, la varianza, o la evolución de estos indicadores en función del tiempo. Una o varias zonas z_n neutras para las cuales el indicador I_2 es inferior a un umbral S_2 y una o varias zonas útiles z_u para las cuales el indicador es superior o igual a cero se determinan entonces entre las zonas de base z_b de la imagen gamma I_g formada en el umbral S_2 . A los píxeles de las zonas neutras z_n se les asigna un nivel cero. Se efectúa una umbralización en uno o varios umbrales de las zonas neutras z_n y útiles z_u después de una coloración en función de los umbrales. El filtrado se puede proporcionar antes de la umbralización. Las zonas útiles z_u y las zonas neutras z_n dan, después de la umbralización y la coloración, la representación R de las fuentes de irradiación (bloque B25).

20 La representación R se superpone a la imagen de luz visible I_v (bloque B26), esto da la imagen final I_f .

25 La imagen final I_f se muestra en los medios de visualización 21 en el momento $t=t_{exp}+\Delta t$ (bloque B27). Las fuentes de irradiación aparecen como manchas coloreadas en la imagen visible. El tiempo Δt en que fluye la formación de la imagen gamma I_g y la visualización de la imagen final I_f es muy pequeño. Depende del rendimiento de los medios de procesamiento utilizados, así como del tiempo de exposición de la cámara, normalmente está comprendido entre unos milisegundos y unos segundos.

30 El dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención puede capturar una nueva radiación gamma y sustancialmente de manera simultánea una nueva imagen de luz visible I_v de la misma escena observada. El tiempo de actualización entre la captura de dos imágenes gamma sucesivas está comprendido entre aproximadamente 0,04 segundos y 5 segundos.

35 El número de zonas base z_b , su forma geométrica y el umbral S_1 son ajustables y seleccionados por un operario que hace funcionar el dispositivo de generación de imágenes de la invención. La forma geométrica es preferentemente poligonal. Las zonas útiles z_u son aquellas que generan la irradiación más intensa.

En la presente invención, el dispositivo de generación de imágenes puede capturar en el mismo momento una radiación gamma que conduce a una imagen gamma y una imagen de luz visible en la misma escena observada.

40 En la técnica anterior, la escena no se podía ver con la misma dirección de visión en la medida en la que cámara gamma y la cámara auxiliar estaban desfasadas axialmente entre sí o había un espejo reflectante. Cuando la cámara gamma funcionaba en modo visible y en modo gamma, la imagen visible y la radiación gamma que conducía a la imagen gamma no se capturaron simultáneamente.

45 El dispositivo de generación de imágenes según la invención permite, por lo tanto, ubicar las fuentes de irradiación en tiempo real mientras se desplaza el conjunto de cámara gamma y cámara auxiliar. Se puede obtener una imagen de luz visible de la escena observada en la que se encuadra la fuente de radiación detectada. Como variante, se puede obtener una imagen de luz visible de la escena observada en la que, se superpone una representación de las fuentes de irradiación detectadas. Otro modo de funcionamiento es apuntar a un punto específico de la escena
 50 observada y efectuar una medición más larga.

55 El interés de esta medición más larga es la acumulación de imágenes que conduce a mejores estadísticas de medición. Este modo implica una actualización más lenta de la imagen final, ya que está relacionada con el número de imágenes acumuladas. El número de imágenes acumuladas puede ser predeterminado o no.

Si se proporciona una sonda de espectrometría colimada en el dispositivo de generación de imágenes gamma según la invención, se puede obtener la cuantificación de las fuentes de irradiación detectadas. Esta cuantificación, sin embargo, se obtiene fuera de línea.

60 Aunque varios modos de realización de la presente invención se han mostrado y descrito de forma detallada, se entenderá que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención.

DOCUMENTOS CITADOS

- 65 [1] FR-A- 2 734 372
 [2] "The development and improvement of the Aladin gamma camera to localize gamma activity in nuclear

activities", C. Le Goaller y col., Comisión Europea, Nuclear science and technology, EUR 18230,1998.

[3] "On site nuclear video imaging", C. Le Goaller y col., Waste Management 1998, Tucson, EE.UU., febrero de 1998.

5 [4] "Imaging systems: new techniques for decommissioning", C. Mahé y col., ANS 2005, Denver, EE.UU., agosto 2005.

[5] "Recent progress in low-level gamma imaging", C. Mahé y col., ICEM 2007, Brujas, Bélgica, septiembre 2007.

[6] WO 2006/090035

[7] "Gamma imaging: recent achievements and ongoing developments", Le Goaller y col., European Nuclear Conference 2005, Versailles, Francia, diciembre de 2005.

10 [8] "First experimental tests with a CdTe photon counting pixel detector hybridized with a Medipix2 readout chip", O. Gal y col., IEEE 2003, Nuclear Science Symposium Conference Record, septiembre 2007.

[9] WO2006/123119 A1.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de generación de imágenes gamma que consta de una cámara gamma (10) destinada a capturar una imagen de radiación gamma, denominada imagen gamma, de una escena observada (17), provista de una cara frontal (11) y que posee un eje de visión ($x1'$), así como una cámara auxiliar (15) destinada a capturar una imagen de luz visible de la escena observada (17), encontrándose la cámara auxiliar (15) aguas arriba de la cara frontal (11) de la cámara gamma (10), que es una cámara gamma con un colimador de tipo estenopeico, poseyendo la cámara auxiliar (15) un eje óptico ($x2'$) que coincide sustancialmente con el eje de visión ($x1'$) de la cámara gamma (10), de modo que la imagen de luz visible y la imagen gamma son capturadas sustancialmente de manera simultánea con una misma dirección de visión y que se pueden ubicar unas fuentes de radiación distantes de unas decenas de centímetros a unas decenas de metros de la cámara gamma, estando el dispositivo de generación de imágenes gamma caracterizado porque la cámara auxiliar (15) consta de un objetivo, estando la cámara auxiliar (15) dispuesta de modo que el eje de visión ($x1'$) de la cámara gamma (10) cruza el objetivo de la cámara auxiliar (15).
2. Dispositivo de generación de imágenes gamma según la reivindicación 1, que consta, además, de medios de adquisición y procesamiento (25) de señales suministrados por la cámara auxiliar (15) y por la cámara gamma (10) destinados a proporcionar, sustancialmente en tiempo real con respecto a la captura, a unos medios de visualización (26), una imagen final (If) de la escena observada (17) que es una superposición de la imagen de luz visible (Iv) y de una representación de una o varias fuentes de irradiación (22) que se encuentran en la escena observada (17) y que hayan sido detectadas en la imagen gamma capturada.
3. Dispositivo de generación de imágenes gamma según la reivindicación 2, en donde la representación (R) es una mancha coloreada o un contorno.
4. Dispositivo de generación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la cámara auxiliar (15) está montada sobre un soporte (16) que está unido a la parte frontal de la cámara gamma (10), en particular por atornillado o por enclavamiento.
5. Dispositivo de generación de imágenes gamma según la reivindicación 4, en donde el soporte (16) es sustancialmente un cilindro de revolución y posee un diámetro exterior superior al diámetro exterior de la cámara gamma (10) para permitir el atornillado o el enclavamiento.
6. Dispositivo de generación de imágenes gamma según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en donde el soporte (16) está realizado con un material opaco con respecto a la luz visible para evitar que penetre en el interior de la cámara gamma (10).
7. Dispositivo de generación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 4 a 6, en donde el soporte (16) está realizado de un material de densidad suficientemente baja tal como el aluminio o un material plástico para atenuar lo menos posible la radiación gamma proveniente de la escena observada (17).
8. Dispositivo de generación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 7, que consta, además, de una sonda (23) de espectrometría colimada solidaria con el soporte (16) y/o con la cámara gamma (10).
9. Dispositivo de generación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 8, que consta, además, de un obturador removible o inamovible (24) en la cara frontal (11) de la cámara gamma (10).
10. Dispositivo de generación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la cámara gamma (10) es adecuada para proporcionar una imagen de luz visible de la escena observada, las imágenes de luz visible que provienen de la cámara gamma (10) y de la cámara auxiliar (15) se rectifican entre sí.
11. Procedimiento de localización de una o varias fuentes de irradiación presentes en una escena observada por un dispositivo de generación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 2 a 10, **caracterizado por que** consta de las etapas de:
- captura sustancialmente simultánea, con la misma dirección de visión, de una radiación gamma (Ry) proveniente de las fuentes de irradiación (22) por la cámara gamma y de una imagen de luz visible (Iv) de la escena observada por la cámara auxiliar, encontrándose la cámara auxiliar aguas arriba de la cámara gamma, coincidiendo su eje óptico sustancialmente con el eje de visión de la cámara gamma;
 - formación de una imagen gamma (Ig) de la escena observada a partir de la radiación gamma capturada;
 - procesamiento de la imagen gamma (Ig) que conduce a una representación (R) de las fuentes de irradiación (22) con:
 - una división de la imagen gamma (Ig) en una o varias zonas de base (zb) formadas por píxeles,
 - una atribución de al menos un indicador (I1) a cada zona de base (zb), traduciendo este indicador (I1) una cantidad de señal de los píxeles de la zona de base (zb);
 - una determinación entre las zonas de base (zb) de una o varias zonas útiles (zu) para las cuales el indicador

(I1) es superior a un umbral (S1);

- eventualmente, un recorte de las zonas útiles (zu) para revelar un contorno (C) de las zonas útiles, dando las zonas útiles o el contorno de las zonas útiles la representación (R).

5 - superposición de la imagen de luz visible (Iv) y de la representación (R) para obtener una imagen final (If) de la escena observada (17);
- visualización de la imagen final (If).

10 12. Procedimiento de localización de al menos una fuente de irradiación según la reivindicación 11, en donde el procesamiento comprende, además:

- una determinación entre las zonas de base (zb) de una o varias zonas neutras (zn) para las cuales el indicador (I2) es inferior al umbral (S2);

15 - una asignación de un nivel cero a los píxeles de las zonas neutras (zn);
- una umbralización con uno o varios umbrales y una coloración en función de los umbrales de las zonas neutras y útiles, dando las zonas neutras y útiles después de la umbralización y la coloración la representación (R).

20 13. Procedimiento de localización según una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, en donde la umbralización está precedida de un filtrado.

14. Procedimiento de localización según una de las reivindicaciones 11 o 12, en donde el indicador (I1, I2) es un promedio de nivel de píxeles de la zona de base (zb).

25

FIG.1

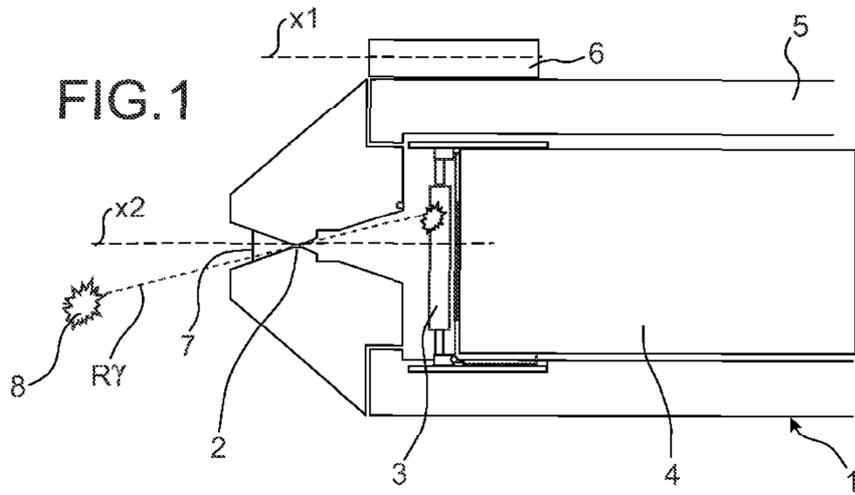


FIG.2A

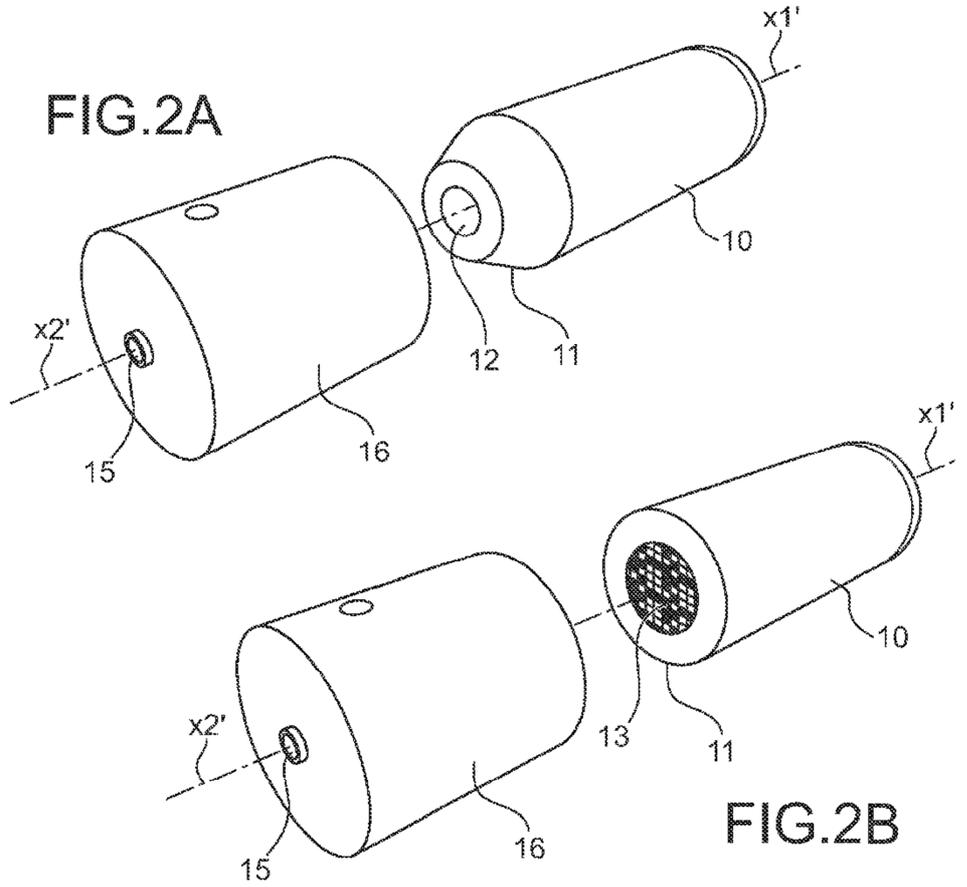
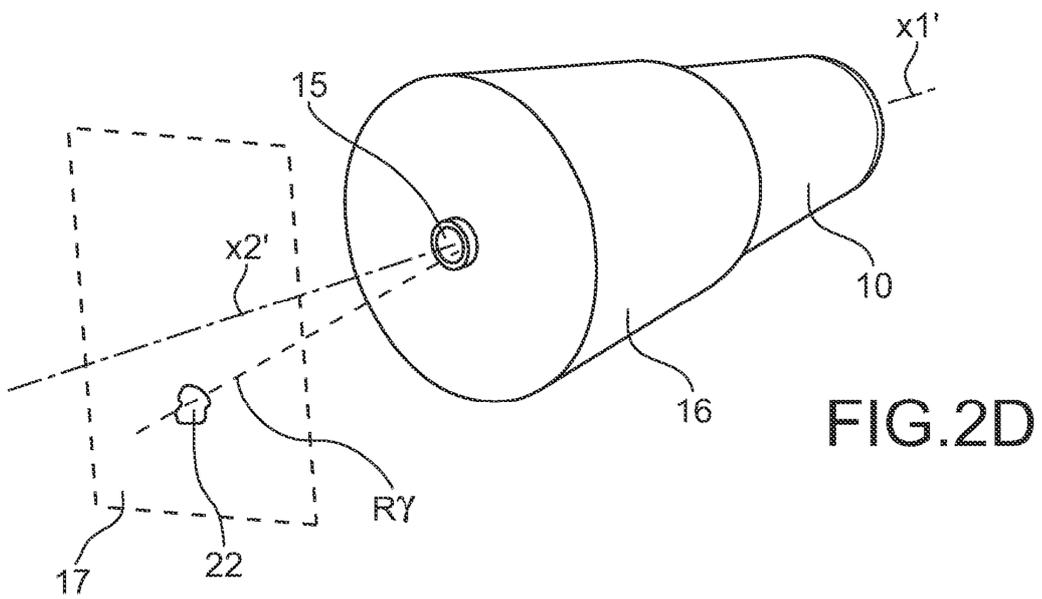
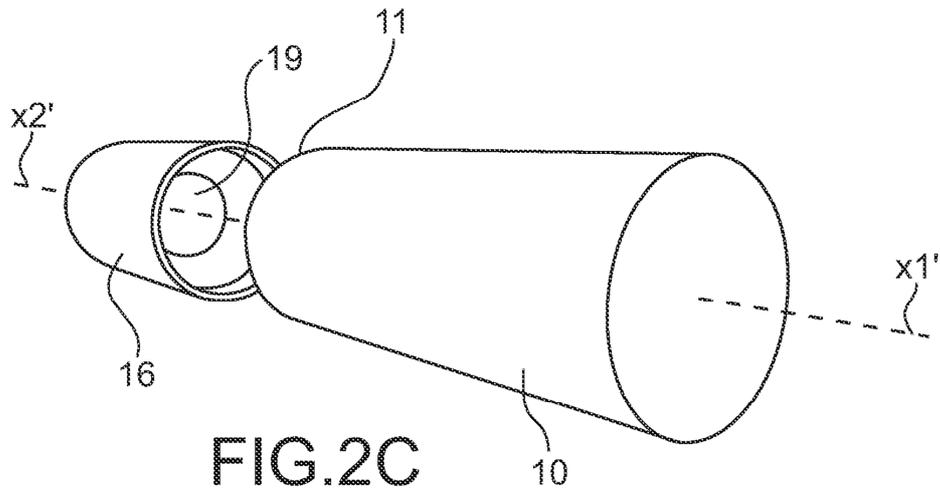


FIG.2B



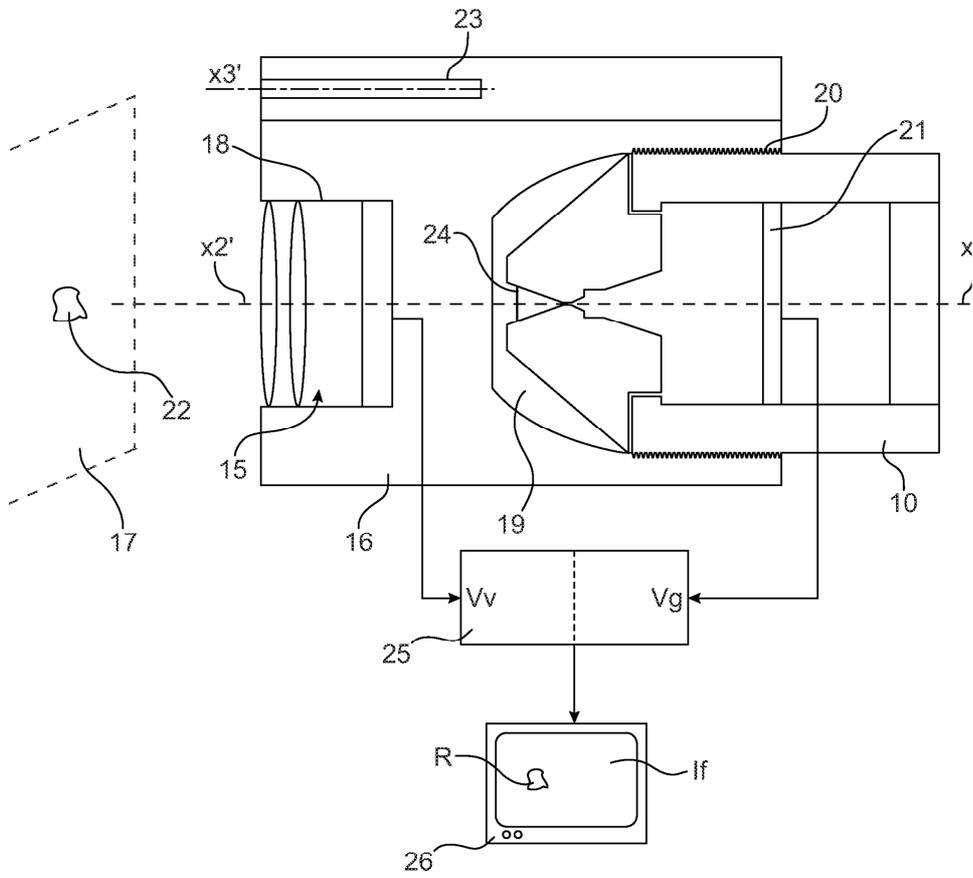


FIG.3

FIG.4A

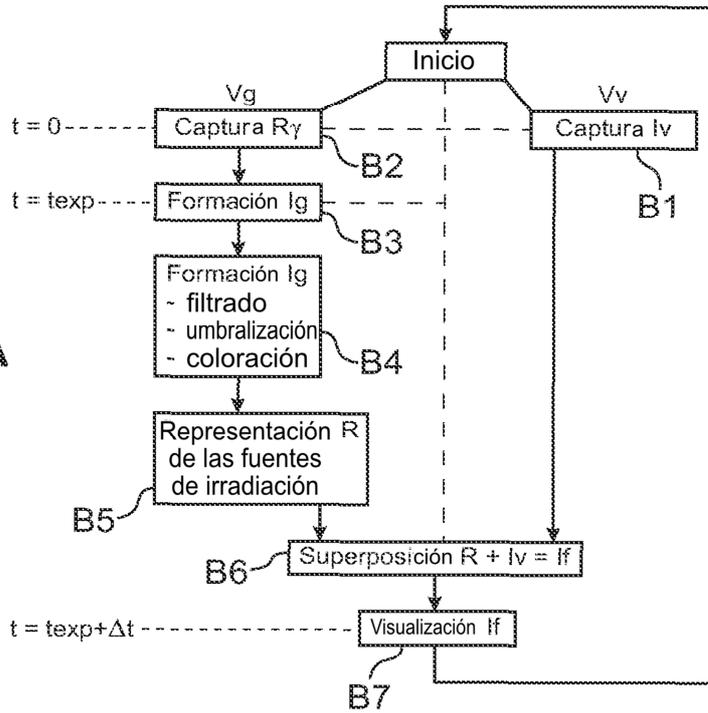
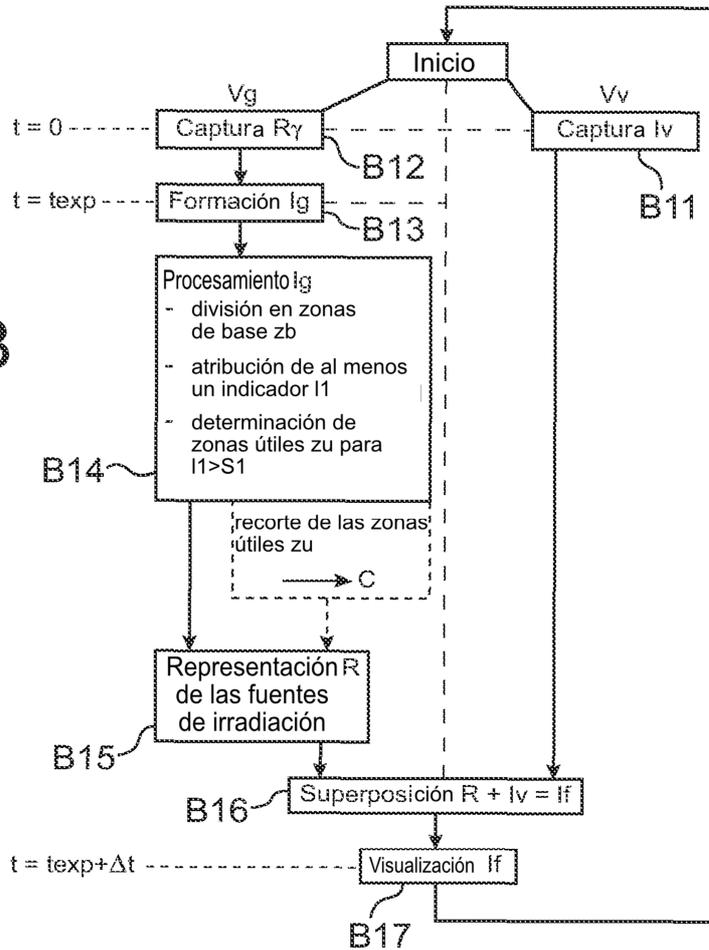


FIG.4B



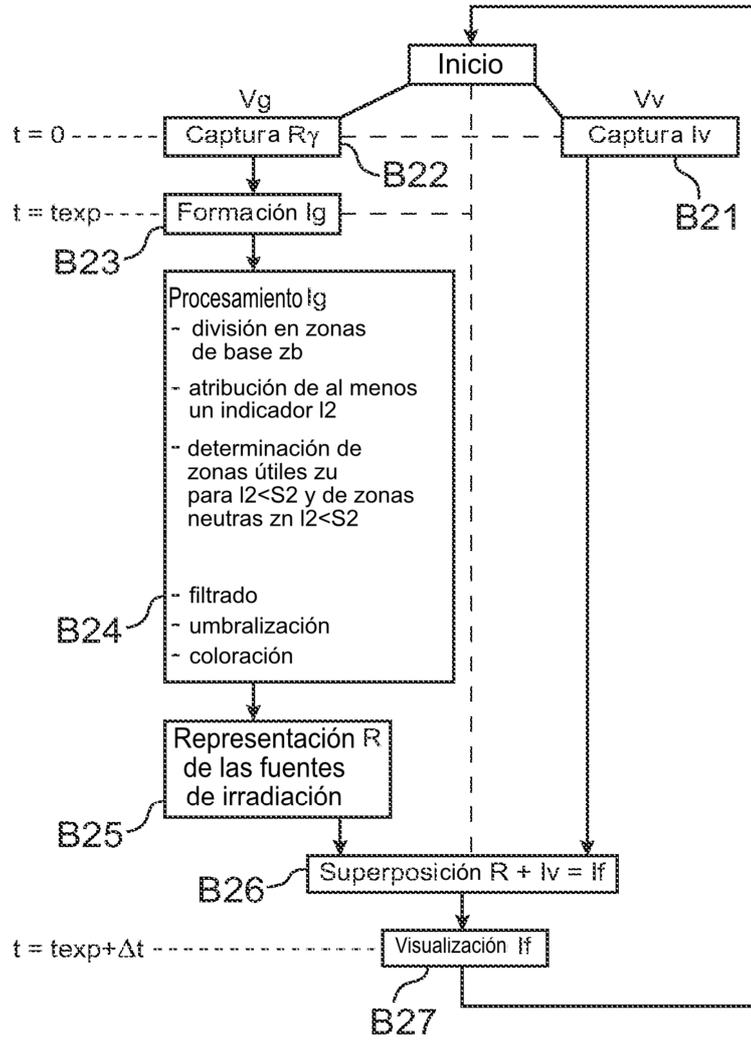


FIG.4C