



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 606**

51 Int. Cl.:
G01T 1/164 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05857331 .2**

96 Fecha de presentación : **12.12.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1825298**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.08.2007**

54 Título: **Dispositivo de formación de imágenes gamma mejorado.**

30 Prioridad: **14.12.2004 FR 04 52962**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.08.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.08.2011

73 Titular/es: **Commissariat à l'Énergie Atomique et
aux Énergies Alternatives
Batiment "Le Ponant D"
25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Le Goaller, Christophe**

74 Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 363 606 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 formación de imágenes gamma mejorado

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo de formación de imágenes gamma mejorado.

Estado de la técnica anterior

10 Desde los años 1990, se han desarrollado dispositivos de formación de imágenes gamma que permiten localizar a distancia fuentes radiactivas de radiación gamma, es decir, que emiten una radiación gamma. Estos dispositivos de formación de imágenes incluyen una cámara gamma.

15 El principio de funcionamiento de una cámara gamma es bien conocido: un centelleador recibe fotones gamma provenientes de la fuente de radiación gamma, y proporciona una señal luminosa que es amplificada y detectada generalmente por un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD charge coupled device en inglés), asociado a medios de tratamiento. El dispositivo de acoplamiento de carga permite posicionar la radiación gamma emitida por la fuente de radiación gamma y que haya interactuado con el centelleador. Tales cámaras gamma son relativamente
20 sensibles y eficientes.

Por lo general se superponen dos imágenes, a saber, la imagen de la fuente de radiación gamma correspondiente a la radiación gamma recibida por la cámara gamma, con una imagen visible de la escena observada adquirida ya sea por la cámara gamma en sí misma o ya sea por una cámara en color asociada a la cámara gamma. La imagen de la radiación gamma recibida por el centelleador aparece generalmente con colores falseados. La imagen visible de la escena observada, cuando es adquirida por la cámara gamma, está en blanco y negro.
25

El documento EP 0542561 A1 describe un dispositivo de formación de imágenes gamma que incluye un detector gamma, así como un puntero láser y una cámara de video a efectos de dirigir el detector gamma hacia un punto identificado por medio de la cámara de video.
30

El documento EP 0743538 A2 describe un dispositivo de formación de imágenes gamma que incluye una cámara gamma de agujero de alfiler, acoplada a una cámara óptica.

35 El documento US 6815687 describe un dispositivo de formación de imágenes gamma que incluye una cámara gamma del tipo de cámara de Anger conectada de forma dinámica a un detector de espectrometría gamma, que mide un punto dado de forma alternada.

40 Tales dispositivos de formación de imágenes gamma permiten posicionar fuentes de radiación gamma en el espacio, lo que las hace particularmente adaptadas a la preparación de intervenciones en medios radiantes tales como las operaciones de mantenimiento, de desmantelamiento o de inspección.

Además, algunos de estos dispositivos de formación de imágenes gamma permiten la cuantificación de caudal de dosis gracias a un análisis de imagen, mediante ciertas hipótesis concernientes especialmente a la energía de la radiación gamma incidente.
45

Por el contrario, si se desea identificar y cuantificar los radioelementos responsables de la irradiación gamma, hay que disponer de un aparato de espectrometría que permita medir la energía de los fotones gamma emitidos y contabilizar el número durante un cierto período. Este aparato de espectrometría y el dispositivo de formación de imágenes no se emplean por lo general de manera simultánea en el tiempo. Además, nunca se está seguro de que durante las utilizaciones sucesivas o simultáneas se enfoque exactamente el mismo lugar, lo que hace que las dos series de mediciones no estén correlacionadas. No se sabe por tanto, después de la medición de espectrometría, si se ha recogido la energía de los mismos radioelementos que han sido localizados por el dispositivo de formación de imágenes. Las conclusiones extraídas de estas mediciones corren el riesgo de no ser exactas.
50

55 Exposición de la invención

La presente invención tiene por objeto subsanar los inconvenientes de la técnica anterior.

60 De manera más precisa, la presente invención tiene por objeto proponer un dispositivo de formación de imágenes gamma destinado a localizar a distancia una fuente de radiación gamma y susceptible de caracterizar radioelementos responsables de la radiación gamma emitida por la fuente de radiación gamma con el fin de mejorar la precisión de las mediciones efectuadas.

65 Para ello, la presente invención se refiere a un dispositivo de formación de imágenes gamma tal como el que se define en la reivindicación 1. Éste incluye una cámara gamma que tiene un campo de observación que se extiende

alrededor de un eje. Además incluye:

5 - un detector de espectrometría gamma colimado con un colimador que tiene un campo de observación que se extiende alrededor de un eje y que está incluido en el campo de observación de la cámara gamma más allá de una distancia dada de esta última;

10 - un puntero láser, que tiene un eje de enfoque, estando este puntero láser situado en las proximidades del colimador de espectrometría gamma de modo que el eje de enfoque sea paralelo con el eje del campo de observación del colimador, y sea secante con el campo de observación del colimador;

- medios de detección de una zona enfocada por el puntero láser.

15 Para mejorar la precisión de la caracterización, se prefiere que el puntero láser sea solidario con el colimador de espectrometría gamma.

Es posible incluso que el puntero láser esté incluido en el colimador de espectrometría gamma.

El puntero láser puede emitir en un campo visible o próximo al visible.

20 Los medios de detección de la zona enfocada por el puntero láser pueden estar materializados por la cámara gamma.

25 Es posible que los medios de detección de la zona apuntada por el puntero láser estén materializados por una cámara adicional, emitiendo el puntero láser una radiación a la que es sensible la cámara adicional. Esta construcción corresponde, por ejemplo, al caso de que la cámara gamma sea una cámara de máscara codificada.

La cámara adicional posee un campo de observación próximo al campo de observación de la cámara gamma.

30 Con preferencia, el campo de observación del colimador está restringido para mejorar la selectividad, representando entre alrededor de una décima y una cuarta parte del campo de observación de la cámara gamma.

La cámara gamma puede ser una cámara de agujero de alfiler o de máscara codificada.

35 En un intento de facilitar el montaje del dispositivo, el campo de observación de la cámara gamma puede extenderse alrededor de un eje que es sensiblemente paralelo con el eje del campo de observación del colimador de espectrometría gamma y con el eje de enfoque del puntero láser.

40 En presencia de la cámara adicional, su campo de observación puede extenderse alrededor de un eje que es sensiblemente paralelo con el eje del campo de observación del colimador de espectrometría gamma y con el eje de enfoque del puntero láser.

Se prefiere realizar el colimador con un material que tenga una densidad superior a la del acero.

45 Para limitar la voluminosidad del dispositivo, se prefiere que el detector de espectrometría gamma sea tan compacto como sea posible.

La distancia dada es con preferencia del orden de un metro.

50 La presente invención se refiere igualmente a un procedimiento de realización del dispositivo de formación de imágenes gamma así caracterizado.

Consiste en:

55 - localizar una fuente de radiación gamma con la cámara gamma, emitiendo esta fuente una radiación gamma que tenga un espectro de energía,

- orientar el dispositivo de formación de imágenes de manera que el puntero láser designe una zona que corresponda a la fuente de radiación gamma o a una parte de la fuente de radiación gamma,

60 - verificar que la orientación es correcta merced a una vista de la zona designada por el puntero láser, tomada con los medios de detección,

- adquirir, con la ayuda del detector de espectrometría gamma, el espectro de energía de la radiación gamma emitida por la fuente de radiación gamma así localizada.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención podrá ser mejor comprendida con la lectura de la descripción de ejemplos de realización dados a título únicamente indicativo y en ningún caso limitativo, haciendo referencia a los dibujos anexos, en los que:

- la figura 1 muestra en corte longitudinal un ejemplo de dispositivo de formación de imágenes gamma según la invención, y

- la figura 2 muestra, en vista espacial, otro ejemplo de dispositivo de formación de imágenes gamma según la invención.

Las partes idénticas, similares o equivalentes de las diferentes figuras descritas en lo que sigue, llevan las mismas referencias numéricas con el fin de facilitar el paso de una figura a otra.

Las diferentes partes representadas en las figuras no están necesariamente a una escala uniforme, para hacer que las figuras sean más legibles.

Exposición detallada de modos de realización particulares

Ahora se va a hacer referencia a la figura 1, la cual muestra, en corte longitudinal, un ejemplo de dispositivo de formación de imágenes gamma perfeccionado conforme a la invención, y a la figura 2, la cual muestra en el espacio otro ejemplo de dispositivo de formación de imágenes gamma perfeccionado conforme a la invención.

El dispositivo de formación de imágenes gamma incluye una cámara gamma 1. Esta cámara está destinada a localizar las fuentes de radiación gamma. Una de ellas se ha referenciado con 2 en la figura 1.

Esta cámara gamma 1 puede ser de cualquier tipo, por ejemplo con un colimador 3 de tipo de agujero de alfiler como se ha esquematizado en la figura 2, para recolectar fotones gamma procedentes de la fuente de radiación gamma 2. Como variante, la misma podría disponer de una colimación de los fotones gamma por medio de una abertura 4 de máscara codificada como se ha esquematizado en la figura 1.

La cámara gamma 1 posee un campo de observación 5 que se extiende alrededor de un eje x_1 . Esta cámara gamma 1 puede ser susceptible, en la variante sin máscara codificada, de adquirir una imagen visible de escenas que se encuentran en su campo de observación 5, y por tanto de la fuente de radiación. Esta imagen es una imagen monocroma (en blanco y negro).

El dispositivo de formación de imágenes incluye, además, un colimador 6 de espectrometría gamma, y en el que se ha dispuesto un detector 7 de espectrometría gamma. El colimador 6 de espectrometría gamma se ha realizado con un material denso, cuya densidad deberá ser superior a la del acero. Este material puede estar fabricado, por ejemplo, a base de plomo y/o de tungsteno y/o de cobre. El colimador 6 está solidarizado con la cámara gamma 1.

El colimador 6 de espectrometría gamma posee, a partir de una abertura 6.1, un campo de observación 8 que está incluido en el campo de observación 5 de la cámara gamma 1 más allá de una distancia dada d de la cámara 1. La distancia d es del orden de un metro.

El detector 7 de espectrometría gamma se encuentra enfrenteado a la abertura 6.1 del colimador 6 de espectrometría gamma.

El campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma se extiende alrededor de un eje x_2 . De manera ventajosa aunque simple de realizar, se prefiere que el eje x_2 del campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma sea sensiblemente paralelo al eje x_1 del campo de observación 5 de la cámara gamma 1. Por razones de selectividad, se prefiere que el campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma esté restringido con relación al campo de observación 5 de la cámara gamma 1. El campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma podrá estar comprendido, por ejemplo, entre alrededor de la décima y la cuarta parte del campo de observación 5 de la cámara gamma 1.

Con preferencia, el detector 7 de espectrometría gamma es tan compacto como sea posible, para que el dispositivo de formación de imágenes según la invención permanezca lo más compacto posible.

Los detectores de espectrometría gamma son aparatos bien conocidos, y poseen una parte activa con la que interactúan los fotones gamma durante la detección. Esta parte activa puede estar realizada a base de cristales centelleantes tales como, por ejemplo, el yoduro de sodio dopado con talio, o a base de semiconductores tales como, por ejemplo, el CdZnTe. El recurso a detectores de espectrometría gamma compactos a base de CdZnTe se revela en general como muy satisfactorio. El detector de espectrometría gamma se destina a cooperar con medios

de tratamiento (no representados) de señales suministradas por el detector de espectrometría gamma.

El dispositivo de formación de imágenes gamma objeto de la invención incluye asimismo un puntero 9 láser. Este puntero 9 láser se localiza en las proximidades del detector 7 de espectrometría gamma. El mismo está acoplado con el colimador 6 de espectrometría gamma. Éste puede estar situado en el interior del colimador 6 de espectrometría gamma o en el exterior.

El puntero 9 láser puede estar solidarizado con la cámara gamma 1 directamente. Como variante, podría estar solidarizado con el colimador 6 de espectrometría gamma.

Cuando el colimador 6 de espectrometría gamma alberga el puntero 9 láser, incluye una segunda abertura 6.2 a la que se enfrenta el puntero 9 láser. El puntero 9 láser tiene un eje de enfoque x3 que debe ser paralelo con el eje x2 del campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma. Las características de proximidad entre el detector 7 de espectrometría gamma y el puntero 9 láser, y de paralelismo entre el eje de enfoque x3 y el eje x2 del campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma, son necesarias para un funcionamiento óptimo del dispositivo de formación de imágenes gamma según la invención.

Así, a una distancia d' dada del puntero 9 láser, el eje de enfoque x3 del puntero 9 láser es secante con el campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma. Esta distancia d' puede ser diferente de la distancia d . Esta distancia es típicamente superior a alrededor de 1 metro. De ese modo, el eje de enfoque x3 del puntero 9 láser es igualmente secante con el campo de observación 5 de la cámara gamma1.

Se prevén igualmente en el dispositivo de formación de imágenes gamma objeto de la invención, medios de detección 1, 10 aptos para detectar una zona 12 enfocada por el puntero 9 láser. El puntero 9 láser tiene una longitud de onda que es compatible con los citados medios de detección 1, 10. Estos medios de detección 1, 10 pueden estar materializados por la cámara gamma 1 en sí misma. Se ha visto anteriormente que algunas cámaras gamma disponían de una función de toma de imágenes visibles o próximas al visible. Las imágenes tomadas por estas cámaras son en blanco y negro, pero esto no plantea ningún problema.

Como variante, los medios de detección 1, 10 pueden ser materializados por medio de una cámara 10 adicional que es una cámara visible o próxima al visible (por ejemplo, una cámara infrarroja). Esta cámara 10 adicional posee un campo de observación 11 que se extiende alrededor de un eje x4. La cámara 10 adicional es solidaria con la cámara gamma 1 de una manera tal que sus campos de observación 5, 11 sean próximos uno con el otro. La cámara 10 adicional ha sido representada en la figura 2, pegada al colimador 6 de espectrometría gamma. Se elegirá ventajosamente para el puntero 9 láser una longitud de onda en el campo visible o próxima al campo visible. De nuevo se precisa que las cámaras gamma de máscara codificada no pueden proporcionar imágenes visibles, y es en este caso que la cámara 10 adicional cobrará toda su importancia.

El puntero 9 láser va a enfocar una zona 12 de la fuente de radiación 2. Esta zona 12 va a ser detectada por los medios de detección 1, 10, es decir, por la cámara gamma 1 y/o por la cámara 10 adicional al estar situada en sus campos de observación 5, 11 respectivos. Si es la cámara gamma 1 la que detecta la zona 12 designada por el puntero 9 láser, debe entenderse que el eje de enfoque x3 del puntero 9 láser ha de ser secante con el campo de observación 5 de la cámara gamma 1. En este caso, la imagen de la zona 12 adquirida por la cámara gamma no es una imagen en color sino en blanco y negro. Esto no plantea ningún problema puesto que la luminosidad producida por el puntero 9 láser permite una visualización sin ambigüedad de la zona 12. Si es la cámara 10 adicional la que detecta la zona 12 enfocada por el puntero 9 láser, es necesario que el eje de enfoque x3 sea secante con el campo de observación 11 de la cámara 10 adicional.

Una construcción ventajosa y particularmente simple de realizar, es hacer que los ejes x1, x2, x4 de los campos de observación 5, 8, 11 de la cámara gamma 1, del colimador 6 de espectrometría gamma y de la cámara 10 adicional (en caso de que esté presente), sean paralelos entre sí y paralelos con el eje de enfoque x3 del puntero 9 láser. Esta configuración ha sido ilustrada en las figuras 1 y 2.

Ahora se va a describir el procedimiento de utilización del dispositivo de formación de imágenes gamma de la invención.

Se localiza una fuente de radiación gamma 2 con la cámara gamma 1. Se orienta el dispositivo de formación de imágenes de manera que el puntero 9 láser designe una zona 12 que corresponda a la fuente de radiación gamma 2 o a una parte de la fuente de radiación gamma si se trata de una fuente extendida.

Se comprueba que la orientación del puntero 9 láser es correcta gracias a una vista de la zona 12 designada por el puntero láser, tomada por los medios de detección 1, 10.

Si las condiciones de proximidad del puntero 9 láser y del colimador 6 de espectrometría gamma, y de paralelismo entre sus ejes x2, x3 se han respetado, entonces la fuente de radiación gamma 2 o una parte de esta fuente está situada en el campo de observación 8 del colimador 6 de espectrometría gamma.

5 Después se adquiere con la ayuda del detector 7 de espectrometría gamma el espectro de energía de la radiación gamma emitida por la fuente de radiación gamma 2 así localizada. El detector 7 de espectrometría gamma suministra una corriente en impulsos cuya amplitud es proporcional a la energía que ha absorbido, es decir, a la energía de los fotones gamma que ha recibido desde la fuente de radiación. Estos impulsos son tratados en función de su amplitud en medios de tratamiento de tipo analizador multicanal. El resultado es un espectro de energía con picos fotoeléctricos que traducen el número de impulsos en función de la energía de la radiación gamma.

10 Siguiendo los principios comúnmente establecidos en espectrometría, el análisis de los picos fotoeléctricos obtenidos sobre el espectro permite identificar los principales radioelementos emisores de fotones gamma responsables de la irradiación.

15 La conexión entre la información espacial, es decir la posición de la zona localizada sobre la fuente de radiación gamma que se ha de localizar e identificar, y la información espectral, es decir el espectro en energía de la radiación gamma emitida por la fuente, está asegurada por el puntero 9 láser. Este último permite guiar el desplazamiento del dispositivo de formación de imágenes gamma de la invención y asegurar que el colimador de espectrometría gamma "observa" bien la fuente de radiación gamma 2 localizada por la cámara gamma.

20 La formación de imágenes gamma aporta igualmente una información sobre la extensión de la fuente de radiación gamma, pudiendo ser esta información utilizada durante la interpretación del espectro de energía, en particular cuando se desea evaluar la actividad de la fuente.

25 La asociación de la formación de imágenes gamma y de la espectrometría gamma en el seno del dispositivo, aporta dos ventajas. En primer lugar, los resultados proporcionados por la formación de imágenes gamma indican las fuentes más radiantes en un entorno que es deseable caracterizar mediante espectrometría gamma. En segundo lugar, la formación de imágenes gamma aporta una información sobre la extensión de la zona de radiación que puede ser tenida en cuenta durante el recuento de la medición realizada por espectrometría gamma, en particular cuando se desea evaluar la actividad de la fuente de radiación a partir del espectro de energía medido. Esta evaluación supone que se hayan hecho suposiciones en cuanto a la distribución espacial de la fuente de radiación,
30 información dada por la obtención de imágenes gamma.

Aunque se hayan descrito y representado varios modos de realización de la invención de forma detallada, se comprenderá que se pueden aportar diferentes cambios y modificaciones sin apartarse del marco de la invención.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo de formación de imágenes gamma que incluye:

5 - una cámara gamma (1) que tiene un campo de observación (5),

- un detector (7) de espectrometría gamma colimado con un colimador (6) que tiene un campo de observación (8) que se extiende alrededor de un eje (x2) y que incluye el campo de observación (5) de la cámara gamma (1), más allá de una distancia dada (d) de este último;

10

caracterizado porque incluye además:

- un puntero (9) láser, que tiene un eje de enfoque (x3), estando este puntero (9) láser situado en las proximidades del colimador (6) de espectrometría gamma de tal modo que el eje de enfoque (x3) sea paralelo al eje (x2) del campo de observación (8) del colimador (6) y sea secante con el campo de observación (8) del colimador (6),

15

- medios (1, 10) de detección de una zona (12) enfocada por el puntero (9) láser, materializados por la cámara gamma (1) o solidarios con la citada cámara gamma (1),

20

y porque la cámara gamma (1) es una cámara de agujero de alfiler o de máscara codificada.

2.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según la reivindicación 1, en el que el puntero (9) láser es solidario con el colimador (6) de espectrometría gamma.

25

3.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el puntero (9) láser está incluido en el colimador (6) de espectrometría gamma.

4.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el puntero (9) láser emite en un campo visible o próximo al visible.

30

5.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los medios de detección de la zona (12) enfocada por el puntero (9) láser están materializados por la cámara gamma (1).

35

6.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los medios de detección de la zona (12) enfocada por el puntero (9) láser están materializados por una cámara (10) adicional, emitiendo el puntero (9) láser una radiación a la que es sensible la cámara (10) adicional.

7.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según la reivindicación 6, en el que la cámara (10) adicional posee un campo de observación (11) próximo al campo de observación (5) de la cámara gamma (1).

40

8.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el campo de observación (8) del colimador representa entre alrededor de una décima y una cuarta parte del campo de observación (5) de la cámara gamma (1).

45

9.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el campo de observación (5) de la cámara gamma (1) se extiende alrededor de un eje (x1) que es sensiblemente paralelo con el eje (x2) del campo de observación (8) del colimador (6) de espectrometría gamma y con el eje de enfoque (x3) del puntero (9) láser.

50

10.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el campo de observación (11) de la cámara (10) adicional se extiende alrededor de un eje (x4) que es sensiblemente paralelo con el eje (x2) del campo de observación (8) del colimador (6) de espectrometría gamma, y con el eje de enfoque (x3) del puntero (9) láser.

55

11.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el colimador (6) está fabricado con un material que tiene una densidad superior a la del acero.

12.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el detector (7) de espectrometría gamma es tan compacto como sea posible.

60

13.- Dispositivo de formación de imágenes gamma según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la distancia dada (d) es del orden de un metro.

65

14.- Procedimiento de utilización del dispositivo de formación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque consiste en:

localizar una fuente de radiación gamma (2) con la cámara gamma (1), emitiendo esta fuente una radiación gamma que tiene un espectro de energía,

5 orientar el dispositivo de formación de imágenes de manera que el puntero (9) láser designe una zona (12) que corresponda a la fuente de radiación gamma (2) o a una parte de la fuente de radiación gamma,

comprobar que la orientación es correcta merced a una vista de la zona (12) designada por el puntero (9) láser, tomada por los medios (1, 10) de detección, y

10 adquirir, con la ayuda del detector (7) de espectrometría gamma, el espectro de energía de la radiación gamma emitida por la fuente de radiación gamma (2) así localizada.

