

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 276**

51 Int. Cl.:

G01T 1/161 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2006 E 06727115 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2015 EP 1882197**

54 Título: **Dispositivo y método de obtención de imágenes**

30 Prioridad:

16.05.2005 GB 0509974

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

17.11.2015

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF LEICESTER (100.0%)
UNIVERSITY ROAD
LEICESTER, LEICESTERSHIRE LE1 7RH, GB**

72 Inventor/es:

**LEES, JOHN, ERNEST, WYPER y
PERKINS, ALAN CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 551 276 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 y método de obtención de imágenes

5 La presente invención se refiere a un método y a un dispositivo para obtener imágenes de un sujeto usando radiación no visible que penetra en el sujeto. En particular, aunque no exclusivamente, la radiación penetrante no visible puede ser radiación gamma o radiación de rayos X dura o similares.

10 El documento US 2001/0030744 propone un método para aplicaciones de obtención de imágenes, de manera que se pueden aplicar simultáneamente múltiples esquemas de iluminación y simultáneamente adquirir las imágenes, cada uno asociado con uno de los múltiples esquemas de iluminación. El documento WO 03/104799 propone un método de obtención de imágenes para determinar simultáneamente en distribuciones en vivo de bioluminiscentes y/o marcadores fluorescentes y marcadores radiactivos en ángulos de proyección idénticos.

15 La obtención de imágenes de sujetos utilizando radiación electromagnética penetrante de alta energía (por ejemplo, radiación gamma o rayos X duros) se refiere a la generación de una imagen de partes del sujeto que de otro modo no son visibles a simple vista. Por ejemplo, cuando la radiación penetrante de alta energía en cuestión emana de una ubicación dentro del cuerpo de un sujeto oculto a la vista, la naturaleza penetrante de la radiación de alta energía puede permitir que la radiación pase a través del cuerpo del sujeto y emanar del sujeto hacia un dispositivo
20 de obtención de imágenes adecuado sensible a la radiación de alta energía para producir una imagen visible sobre la base de la radiación recibida. Esta técnica se emplea comúnmente en la obtención de imágenes de pacientes para fines médicos, y para fines de ensayos no destructivos de los artículos u objetos de la siguiente manera.

25 En cada caso, por ejemplo, una sustancia radiactiva tal como un radionucleido se coloca dentro de la parte interna del sujeto (por ejemplo, el paciente o el objeto que se está probando) a través de un "trazador" seleccionado para transmitir lo más efectivamente el radionúclido a la ubicación interna requerida dentro del sujeto. Cuando está en la ubicación deseada, las emisiones de radionucleidos de alta energía (por ejemplo, rayos gamma o rayos X duros) emitidas por el radionúclido dentro del trazador pueden pasar a través de los tejidos o materiales del sujeto en cuestión, emanan del sujeto y son recibidas por un dispositivo de obtención de imágenes, permitiendo de ese modo
30 que el dispositivo de obtención de imágenes forme una imagen de las partes internas del objeto de captación de imagen que contiene el trazador. Este método, cuando se aplica a la obtención de imágenes médicas de los pacientes, se conoce comúnmente como la gammagrafía de autorradiografía.

35 Desafortunadamente, una imagen producida de acuerdo con la radiación de alta energía recibida por el dispositivo de obtención de imágenes solo permite la producción de una imagen aislada y aparentemente sin cuerpo del componente interno de soporte del trazador del sujeto en cuestión. Es decir, no hay ninguna imagen simultánea del cuerpo del sujeto como un todo, por ejemplo, la superficie visible del objeto detrás de la cual se encuentra el componente del sujeto de soporte del trazador, puede producirse de esta manera utilizando la radiación de alta energía recibida solamente.

40 Esta deficiencia de los sistemas de obtención de imágenes existentes a menudo puede hacer que la interpretación completa y apropiada de un componente interno oculto de soporte del trazador sea problemático en el sentido de que la localización verdadera, la posición y la orientación del componente interno en relación con la superficie visible del sujeto no se pueden determinar fácilmente de la imagen por sí sola. Para determinar esta información se requieren calibraciones complicadas con respecto al sistema de coordenadas estático para que un usuario pueda inferir la posición del componente interno fotografiado en base a un conocimiento de la posición del dispositivo de
45 obtención de imágenes en relación con el sujeto que está siendo fotografiado. Esto es costoso y problemático para poner en práctica, y es a menudo muy inconveniente.

50 La presente invención pretende abordar al menos algunas de las deficiencias antes mencionadas de la técnica anterior.

55 En su forma más general, la presente invención propone un método y un dispositivo para obtener imágenes de un sujeto usando la luz y la radiación penetrante no visible para la obtención de imágenes desde el mismo punto de vista una escena común que contiene una imagen del objeto. La invención propone el empleo de un primer sensor para la obtención de imágenes de luz y un segundo sensor para "mirar" a través del primer sensor hacia el sujeto para obtener imágenes del sujeto usando radiación penetrante no visible que ha pasado a través del primer sensor.

60 La obtención de imágenes puede utilizar simultáneamente la luz y la radiación penetrante no visible emitida simultáneamente desde el sujeto de la imagen. La radiación penetrante no visible puede ser la radiación gamma o la radiación de rayos X duros (o similar), y la luz puede ser la radiación visible (es decir, visible para los humanos) o puede ser la luz ultravioleta o luz infrarroja. Por lo tanto, en un dispositivo de obtención de imágenes, la presente invención propone, por ejemplo, formar una imagen a partir de la luz recibida por el dispositivo desde el sujeto y formar otra imagen a partir de la radiación penetrante no visible que se propaga con la luz y es recibida por el
65 dispositivo, desde el sujeto, de manera simultánea con la recepción de la luz.

- Preferiblemente, la luz recibida y la radiación penetrante definen un campo de visión común "visto" por el dispositivo, en el que un campo de visión del dispositivo de acuerdo a la luz no tiene sustancialmente paralaje con respecto a un campo común de visión del dispositivo de acuerdo con la radiación penetrante no visible, y cada uno de estos campos de visión incluye la localización de la imagen del objeto. Por consiguiente, la presente invención puede ser utilizada para generar imágenes simultáneas sin paralaje de un sujeto determinado en términos de la visión "vista" por el dispositivo utilizando la luz y la visión "vista" por el dispositivo usando radiación penetrante no visible. Una imagen compuesta puede entonces generarse, que comprende ambas vistas, en el que la posición de un sujeto de otro modo no visible es fácilmente evidente en relación con las partes visibles del sujeto representado simultáneamente en la misma imagen compuesta y que representa una vista desde un punto de vista único común.
- En un primero de sus aspectos, la presente invención proporciona un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1. Preferiblemente, los primeros medios sensores son sustancialmente transparentes a los rayos gamma procedentes del sujeto.
- Los primeros medios sensores pueden tener un plano de detección/obtención de imágenes sobre la cual la luz incide para producir las primeras señales, y los segundos medios sensores preferiblemente tienen un plano de detección/obtención de imágenes en el que se producen (o derivan) las segundas señales y el primer y segundo planos de detección son preferiblemente sustancialmente paralelos y preferiblemente al menos parcialmente superpuestos.
- Por ejemplo, los primeros medios sensores preferentemente tienen un eje óptico que está sustancialmente paralelo (o coincidente, o coaxial, con) el eje óptico (o su equivalente) de los segundos medios sensores. El eje óptico puede referirse a un eje, trayectoria o dirección que se extiende desde un sensor a través del centro del campo de visión del sensor.
- Por ejemplo, el segundo sensor puede tener un campo de visión y ser sensible a los rayos gamma recibidos de ese modo desde el objeto dentro del campo de visión para generar unas segundas señales para su uso en la formación de una segunda imagen del sujeto y los primeros medios sensores pueden estar situados dentro del campo de visión de los segundos medios sensores, siendo los segundos sensores sensibles a los rayos gamma dentro del campo de visión que han pasado del sujeto a través de los primeros medios sensores antes de llegar a los segundos medios sensores.
- Los primeros medios sensores están dimensionados y dispuestos para impartir sustancialmente sin atenuación los rayos gamma que inciden sobre los mismos desde el sujeto y que se propagan hacia los segundos medios sensores en el campo de visión de los mismos.
- Los primeros medios sensores y los segundos medios sensores están dispuestos preferiblemente para recibir luz y rayos gamma, respectivamente, que se propagan desde el sujeto (por ejemplo simultáneamente) sobre trayectorias sustancialmente coincidentes (por ejemplo, coaxiales), de tal manera que los primeros medios sensores tienen un campo de visión al menos una parte del cual corresponde con al menos una parte del campo de visión de los segundos medios sensores.
- Los primeros y segundos medios sensores tienen cada uno un campo de visión, y los segundos medios sensores y los primeros medios sensores puede estar alineados para compartir sustancialmente un campo de visión común (por ejemplo, idéntico).
- Los segundos medios sensores preferiblemente tienen una abertura de delimitación (por ejemplo, que actúa como un tope de apertura) del campo de visión de la misma, y los primeros medios sensores preferentemente cubren sustancialmente la totalidad de la abertura.
- Los primeros medios sensores pueden estar unidos a los segundos medios sensores. Pueden estar conectados directamente a los segundos medios sensores, por ejemplo, preferiblemente mediante fijación o conexión mecánica, o alternativamente mediante unión con o sin un agente de unión. Los primeros medios sensores pueden estar formados sobre los segundos medios sensores. Sin embargo, se prefiere que los primeros medios sensores estén unidos/conectados de forma desmontable a los segundos medios sensores, por ejemplo, mediante medios mecánicos, permitiendo de ese modo que los primeros medios sensores se separen de los segundos medios sensores con facilidad para fines de reparación, mantenimiento o sustitución de cualquiera de los primeros o segundos medios sensores.
- Los primeros medios sensores incluyen un dispositivo sensor de píxeles de estado sólido, tal como un dispositivo de carga acoplada (CCD) o matriz de sensores MOS o CMOS. Estos pueden ser dispositivos de píxeles activos.
- Los segundos medios sensores pueden incluir un dispositivo sensor semiconductor, por ejemplo, una matriz de sensores semiconductores de píxeles en la que partes de semiconductores del segundo sensor son sensibles a los rayos gamma para generar las segundas señales, o señales desde las que son derivables las segundas señales. Los materiales semiconductores sensibles a los rayos gamma para producir una señal medible, por ejemplo,

eléctrica, pueden ser tales que están fácilmente disponibles para el experto. Por ejemplo, Silicon, GaAs, CdTe son ejemplos de tales materiales semiconductores adecuados.

5 Los segundos medios sensores pueden incluir un dispositivo sensor de píxeles de estado sólido, tal como un dispositivo de carga acoplada (CCD) o matriz de sensores MOS (semiconductor de óxido de metal) o CMOS dispuesta para detectar directamente los rayos X y/o gamma rayos incidentes sobre las partes del sensor de píxeles de los mismos. Estos pueden ser dispositivos de píxeles activos. La detección de rayos gamma directa por los dispositivos sensores semiconductores como se describió anteriormente se distingue de los dispositivos de sensores indirectos de rayos gamma que emplean métodos de centelleo mediante los cual una matriz de sensores de píxeles
10 está dispuesta para detectar el centelleo inducido dentro de una capa de centelleo mediante rayos gamma incidentes. Los métodos y los medios de detección de rayos gamma directos obvian la necesidad de unos medios de centelleo, ya que están dispuestos para recibir directamente y responder a tales rayos.

15 Los segundos medios sensores pueden incluir un conjunto de sensores de píxeles fabricados a partir de Si, GaAs o CdTe, y forman una capa/matriz de detección activa (por ejemplo, aproximadamente de 50-300 micras de espesor, preferiblemente de 50-100 micras de espesor) dispuesta sobre un sustrato p+ (por ejemplo, alrededor de 500 a 600 micras de espesor) y que es sensible a los rayos gamma para producir una señal eléctrica detectable correspondiente, o para su uso en la generación de las segundas señales mencionadas. El rango de energías de los fotones a los que los segundos medios sensores es sensible puede aumentarse mediante el aumento del espesor
20 de la capa de detección activa del sensor para permitir que detenga los fotones de energía más alta. El efecto contrario se puede producir mediante la disminución del espesor de capa de detección activa. Alternativamente, o adicionalmente, se pueden emplear materiales semiconductores que son más absorbentes que los rayos X de energía más altos o rayos gamma con o sin aumentar el espesor de la capa absorbente. Por ejemplo, CdTe puede ser más absorbente de fotones de alta energía que GaAs que, a su vez, puede ser más absorbente de fotones de
25 alta energía que Si.

Por supuesto, los segundos medios sensores pueden emplear la detección indirecta de rayos gamma como una alternativa a la detección directa. Los segundos medios sensores pueden incluir unos medios de centelleo sensibles a los rayos gamma desde el objeto por centelleo, y unos medios sensores de centelleo dispuestos para generar
30 dichas segundas señales en respuesta a dicho centelleo. Los medios sensores de centelleo pueden ser un dispositivo sensor de píxeles de estado sólido (por ejemplo, dispositivos de píxeles activos), tales como por ejemplo, un dispositivo de carga acoplada (CCD) o matriz de sensores CMOS.

35 Los segundos medios sensores preferentemente incluyen unos medios de colimación dispuestos entre los primeros medios sensores y (por ejemplo, la matriz de detección de) los segundos medios sensores para colimar los rayos gamma que han pasado desde el sujeto a través de los primeros medios sensores antes de llegar a los medios sensores de luz de los segundos medios sensores.

40 Cuando se emplea la detección indirecta, los segundos medios sensores incluyen preferiblemente unos medios de colimación dispuestos entre los primeros medios sensores y los medios de centelleo de los segundos medios sensores para colimar los rayos gamma que han pasado desde el sujeto a través de los primeros medios sensores antes de llegar a los medios sensores de luz de los segundos medios sensores.

45 Los medios de colimación pueden ser una o más máscaras de apertura. Los medios de colimación pueden comprender una lámina o bloque de material absorbente de rayos gamma (por ejemplo, plomo (Pb) o tungsteno) en la que se extienden una serie de orificios de colimación paralelos o canales que pasan de un lado de la lámina o bloque a través de un lado opuesto del mismo a través del cual los rayos gamma pueden pasar sin obstáculos. El espesor de la lámina o bloque se selecciona de tal manera que los rayos gamma que inciden sobre una parte del colimador se ven obstaculizados sustancialmente (por ejemplo, dispersos o absorbidos) por el mismo. Por lo tanto,
50 los rayos gamma que no se propagan a través de un orificio o canal en una dirección sustancialmente o aproximadamente paralela al eje del orificio/canal serán filtrados de los rayos gamma que llegan a la matriz de sensores de los segundos medios sensores.

55 Por ejemplo, un colimador puede fabricarse a partir de una superposición de una pluralidad (por ejemplo, siete) de tales láminas con canales u orificios mutuamente alineados que forman colectivamente una matriz de canales de colimación paralelos. En una realización, una pluralidad de láminas que tienen, cada una, una serie de orificios de pequeño diámetro (por ejemplo aproximadamente de 1 mm de diámetro o menos) separados por un pequeño campo entre orificios (por ejemplo, un paso de 1,3 mm) dando un espesor total del orden de entre aproximadamente 10 mm y varias decenas de mm. Este tipo de disposición se encuentra para producir imágenes de rayos gamma de
60 resolución espacial relativamente alta debido a la alta densidad y al pequeño calibre de los canales de colimación.

Por ejemplo, un colimador, que es sensible a fuentes de rayos gamma de baja intensidad, se puede fabricar a partir de una pluralidad de láminas alineadas, cada una teniendo una serie de orificios de mayor diámetro (por ejemplo, 2 mm o más) separados por un paso mayor entre orificios (por ejemplo, 2,5 mm de paso). Este tipo de disposición se encuentra que produce imágenes de rayos gamma procedentes de fuentes de intensidad relativamente baja debido a la mayor apertura de los canales de colimación.

Se pueden proporcionar sensibilidades geométricas de aproximadamente 1×10^{-4} y 1×10^{-2} para la alta resolución espacial y colimadores de alta sensibilidad, respectivamente.

El dispositivo puede incluir medios de control para controlar los primeros y segundos medios sensores para generar (preferentemente de forma simultánea) respectivas señales primera y segunda en respuesta a luz y rayos gamma (por ejemplo simultáneos) procedentes de dicho sujeto, medios de procesamiento de señal para generar datos de imagen de las señales de datos primera y segunda (por ejemplo, simultáneos) que representan una imagen compuesta de la imagen del sujeto tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.

Los segundos medios sensores (o los medios sensores de centelleo de los segundos medios sensores, cuando se emplea el centelleo) incluyen preferiblemente una matriz de sensores de píxeles de estado sólido, y medios de procesamiento dispuestos para recibir una entrada procedente de la matriz de sensores de píxeles que es configurable para operar en un modo de recuento de fotones para generar dicha segunda señal de acuerdo con dicha entrada (por ejemplo, como resultado del centelleo o de la recepción directa de rayos gamma mediante el conjunto de sensores de píxeles).

Modo de recuento de fotones significa que cada rayo gamma que llega a los segundos medios detectores se detecta y la posición y la energía del fotón incidente se registra preferentemente. Con esta información completa, los segundos medios sensores pueden discriminar contra los rayos gamma fuera del rango de energía de interés. Esto lleva a imágenes más nítidas y más precisas.

En un segundo de sus aspectos, la presente invención puede proporcionar un estereoscopio para su uso en la obtención de imágenes de un sujeto estereoscópico que incluye: un primer dispositivo de acuerdo con la invención en su primer aspecto para obtener imágenes del sujeto; un segundo dispositivo de acuerdo con la invención en su primer aspecto para obtener imágenes del sujeto (preferiblemente al mismo tiempo) con el primer dispositivo que está separado del primer dispositivo y dispuesto de tal manera que el campo de visión del segundo sensor mediante el segundo dispositivo difiere del campo de visión (por ejemplo simultáneo) de los segundos medios sensores del primer dispositivo mediante un paralaje finito predeterminado; medios de procesamiento de señal para generar datos de imagen a partir de las señales primera y segunda (por ejemplo simultáneas) del primer y segundo dispositivo que representan una vista compuesta estereoscópica en tres dimensiones (3D) de la imagen del sujeto tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.

En un tercero de sus aspectos, la presente invención proporciona un método de generación de imágenes de un sujeto según la reivindicación 14.

El método puede incluir la colocación de los primeros medios sensores y de los segundos medios sensores para recibir luz y rayos gamma, respectivamente, que se propagan desde el sujeto (por ejemplo simultáneamente) sobre trayectorias sustancialmente coincidentes, de modo que los primeros medios sensores tienen un campo de visión, al menos una parte del cual se corresponde con al menos una parte del campo de visión de los segundos medios sensores.

El método puede incluir alinear conjuntamente los primeros y segundos medios sensores para compartir sustancialmente un campo de visión común.

El método puede incluir proporcionar a los segundos medios sensores una abertura que delimita el campo de visión de los mismos, y sustancialmente cubrir la totalidad de la abertura con los primeros medios sensores.

En el método, los primeros medios sensores pueden estar unidos a los segundos medios sensores. Pueden unirse directamente, pueden estar unidos (con o sin un agente de unión) o pueden estar formados sobre los segundos medios sensores.

El método puede incluir detectar dichos rayos gamma con dicho segundo sensor mediante la detección de centelleos dentro de unos medios de centelleo de los mismos sensibles a los rayos gamma del sujeto por centelleo, y generar dichas segunda señales en respuesta a dicho centelleo.

El método puede incluir rayos gamma de colimación que han pasado desde el sujeto a través de los primeros medios sensores antes de ser detectados por los segundos medios sensores.

El método puede incluir el control de los primeros y segundos medios sensores para generar respectivas señales primera y segunda (preferiblemente al mismo tiempo) en respuesta a la luz y a los rayos gamma procedentes de dicho sujeto, y (preferiblemente al mismo tiempo) generar datos de imagen de las señales de datos primera y segunda que representan una imagen compuesta de la imagen del sujeto, tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.

En un cuarto de sus aspectos, la presente invención puede proporcionar un método de obtención de imágenes de un

sujeto de manera estereoscópica que incluye: en una primera etapa de generación de dichas señales primera y segunda de acuerdo con el método de la invención en su tercer aspecto para obtener imágenes del sujeto; en una segunda etapa (preferiblemente simultánea con la primera etapa) generar dichas señales primera y segunda de acuerdo con el método de la invención en su tercer aspecto para obtener imágenes del sujeto, de tal manera que el campo de visión de la imagen asociada con la segunda etapa difiere del campo de visión de la imagen asociada con la primera etapa en un paralaje finito predeterminado; generar datos de la imagen (preferiblemente al mismo tiempo) a partir de las señales primera y segunda generadas en la primera y segunda etapa que representan una vista de tres dimensiones (3D) compuesta estereoscópica de la imagen del sujeto, tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.

El término "rayos gamma" incluye la radiación electromagnética en el rango de energía de alrededor de 2 keV a 300 keV o superior. Esto incluye rayos X como rayos X "duros".

Ahora siguen ejemplos no limitativos de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra esquemáticamente un dispositivo de obtención de imágenes para obtener imágenes utilizando la luz y la radiación gamma simultáneamente para obtener imágenes de una escena común:

La figura 2 ilustra esquemáticamente unos medios de colimador para la radiación gamma de colimación:

La figura 3 ilustra esquemáticamente un estereoscopio que incluye un par de dispositivos de obtención de imágenes del tipo ilustrado en la figura 1, cada uno de los cuales está colocado para obtener la imagen de un campo compensado por el campo de visión del otro de la pareja mediante un paralaje predeterminado:

La figura 4 ilustra esquemáticamente la naturaleza de la imagen compuesta en la que están dispuestos los dispositivos de obtención de imágenes de la figura 1 y de la figura 3 para producir en uso;

Las figuras 5A y 5B ilustran un colimador de alta resolución y un colimador de alta sensibilidad, respectivamente.

En la siguiente descripción, artículos similares son asignados como símbolos de referencia por motivos de consistencia.

La figura 1 ilustra esquemáticamente un dispositivo de obtención de imágenes para obtener imágenes de un sujeto usando luz visible (λ) y rayos gamma (γ) que emanan de forma simultánea desde el sujeto. El dispositivo incluye una unidad de cámara (1) que incluye un primer sensor (2) sensible a la luz (λ) recibido por la misma desde el sujeto, para generar unas primeras señales de unidad de cámara eléctrica (6) para su uso en la formación de una primera imagen del sujeto como visto en la luz visible. La unidad de cámara también incluye un segundo sensor sensible a los rayos gamma (γ) del sujeto, para generar señales eléctricas (7) de la segunda unidad de cámara para su uso para informar a una segunda imagen del sujeto tal como se ve con rayos gamma.

La segunda unidad de sensor incluye una unidad de sensor (3) de dispositivo cargado con silicio (CCD) que incluye una matriz de sensores de píxeles fotosensibles de estado sólido (no mostrados), cada uno de los cuales es sensible a la radiación de centelleo para producir las señales eléctricas de la segunda unidad de cámara (7). La segunda unidad de sensor también incluye una capa de centelleador formada de un material policristalino colocado en contacto directo con la matriz de fotosensores CCD de la unidad (3). El espesor de la capa de centelleador es mayor que 200 μm , preferiblemente mayor que 400 μm y más preferiblemente de aproximadamente 500 μm . La capa de centelleador es sensible a los rayos gamma incidentes (γ) por centelleo, y la unidad de CCD (3) con la que está en contacto directo es sensible a tal radiación de centelleo.

En el uso de una capa relativamente gruesa de material centelleador policristalino que está en contacto directo con la matriz de sensores de píxeles de CCD (o CMOS en otras realizaciones) del dispositivo CCD (3), se pueden conseguir altas tasas de recuento de rayos gamma. Esto permite conseguir una resolución de alta energía en el rango de energía de rayos gamma de aproximadamente 30 a 160 keV (más o menos). La capa de centelleador (4) se puede revestir directamente sobre la unidad CCD (3). En realizaciones alternativas, en las que la capa de centelleador no está en contacto directo con la unidad de CCD (3), la primera puede estar unida a esta última con o sin el uso de un agente de unión intermedio. La capa de centelleador (4) puede comprender un fósforo de tierras raras, que puede comprender Gd, y puede comprender unidades $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$. Los fósforos de tierras raras empleados en la capa de centelleador pueden ser $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ (Tb) o $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ (Pr, Ce, F). La capa de centelleador puede incluir CsI.

Una unidad de colimador (5) está dispuesta para extenderse a través de la matriz de sensores de píxeles fotosensibles (no mostrados) de la unidad de CCD (3) y a través de una cara opuesta de la capa de centelleador (4), de tal manera que la capa de centelleador se intercala efectivamente entre la unidad de colimador (5) y la unidad de CCD (3). La unidad de colimador (5) puede colocarse en contacto con (por ejemplo, unido a) la capa de centelleador (4), que es independiente o separables de la capa de centelleador.

La unidad de colimador (5) comprende una matriz de una multitud de conductos tubulares de radiación paralelos lado a lado o aberturas (60) dispuestas sobre la capa de centelleador (4) y formados como una matriz de perforaciones muy próximas entre sí que se extienden a través del cuerpo (50) de la unidad de colimador como se muestra en sección transversal en la figura 2. El material del cuerpo de la unidad de colimador es sustancialmente opaco a los rayos gamma incidentes sobre el mismo en uso, mientras que es transparente a estos rayos gamma

incidentes sobre el mismo a lo largo de una trayectoria de propagación que pasa a lo largo de un conducto de radiación o perforación (60) formado en el mismo. De esta manera, solo la radiación gamma que se propaga a lo largo de una trayectoria paralela con el eje con el que cada uno de los conductos de radiación (60) es comúnmente paralelo, y que intersecta este conducto, es capaz de recorrer a través de la unidad de colimador (5) de un lado perforado del mismo al otro lado perforado. La unidad de colimador está dispuesta de tal manera que los rayos gamma tienen una trayectoria de propagación que les permite atravesar la unidad de colimador sin impedimentos, que como se describió anteriormente también tienen una trayectoria de propagación que intercepta posteriormente la capa de centelleador (4).

En consecuencia, el tamaño de las aberturas (60) de los conductos de radiación de la unidad de colimador, junto con la longitud de cada conducto de radiación, determina la resolución espacial y el "campo de visión" eficaz de la segunda unidad de sensor (artículos 3, 4 y 5 en combinación). Este campo de visión se ilustra esquemáticamente en la figura 1 utilizando trayectorias de propagación periférica de rayos gamma G y G' que delimitan el campo de visión de la unidad de cámara (1) tal como se ve a través de los rayos gamma. Típicamente, son preferibles colimadores que tienen aberturas de aproximadamente 500 μm de diámetro, sin embargo, es posible usar aberturas de diámetro mayor o menor, si se desea. La unidad colimador (5) puede ser fija o puede ser desmontable. En este último caso, se puede proporcionar una unidad de una sola cámara que tiene una pluralidad de diferentes unidades del colimador que tienen conductos/perforaciones de radiación de diferentes diámetros de abertura, y/o de diferente longitud del conducto (es decir, espesor del colimador). Esto permite un control variable a lo largo no solo de la resolución espacial de la unidad de cámara, sino también (o por separado) sobre el grado de colimación y, por lo tanto, el "campo de visión" de una unidad de cámara utilizando rayos gamma.

La figura 5 ilustra dos tipos de colimador adecuados para su uso en el dispositivo ilustrado en las figuras 1 y 3.

Las dos variedades de colimador (5A, 5B) comprenden, cada una, una lámina de plomo (Pb) absorbente de rayos gamma en la que se extienden una serie de orificios de colimación paralelos o canales que pasan de un lado de la lámina a través de un lado opuesto de la misma, a través de los que pueden pasar sin obstáculos los rayos gamma. El espesor de la lámina se selecciona de manera que los rayos gamma que inciden sobre una parte del colimador se ven obstaculizados sustancialmente (por ejemplo, dispersos o absorbidos) por el mismo. Por lo tanto, los rayos gamma que no se propagan a través de un orificio o canal en una dirección sustancialmente o aproximadamente paralela al eje del orificio/canal serán filtrados de los rayos gamma que llegan a la matriz de sensores de los segundos medios sensores.

Por ejemplo, el colimador de la figura 5A es un colimador de "alta resolución espacial" fabricado a partir de siete láminas de Pb de 2,7 mm, teniendo cada lámina una matriz hexagonal de orificios de 1 mm de diámetro (50A) en 1,3 mm de paso, dando un espesor total de 19 mm. El área de "obtención de imágenes" es de 20 mm x 20 mm. Este tipo de disposición se encuentra para producir imágenes de rayos gamma de relativamente de alta resolución espacial debido a la alta densidad y al calibre pequeño de los canales de colimación.

El colimador de "alta sensibilidad" de la figura 5B se fabricó a partir de cuatro láminas de 5 mm de Pb (espesor total de 20 mm) y tiene una matriz hexagonal de orificios de 2 mm de diámetro (50B) en 2,5 mm de paso. Este tipo de disposición se encuentra que produce imágenes de rayos gamma procedentes de fuentes de intensidad relativamente baja debido a la mayor apertura de los canales de colimación.

Sensibilidades geométricas son $1,18 \times 10^{-4}$ y $1,27 \times 10^{-2}$ para la alta resolución espacial y colimador de alta sensibilidad, respectivamente.

Una máscara de apertura codificada se puede utilizar además de, o en lugar de, una unidad de colimador. La máscara de apertura codificada puede comprender una matriz o disposición de aberturas (por ejemplo, aberturas circulares, cuadradas o poligonales) dispuestas en un patrón aleatorio o fijo en una máscara o placa. Tales máscaras, como sería fácilmente evidente para la persona experta en la técnica, permiten la asignación tridimensional del sujeto, fotografiado en rayos gamma, mediante reconstrucción de la imagen.

La primera unidad de sensor (2) se coloca sobre la unidad de colimador (5) de tal manera que cada una de las aberturas presentadas hacia el exterior de los conductos de radiación (60) de la unidad de colimador, que se presentan hacia la primera unidad de obtención de imágenes (2) y el sujeto del que se obtienen las imágenes en uso, está cubierta por una parte de la matriz de píxeles fotosensibles de la primera unidad de obtención de imágenes.

La primera unidad de sensor puede estar conectada a, o unida a (por ejemplo, unida) la unidad de colimador, y/o puede ser separable de, o estar separada de, la unidad de colimador. En el presente ejemplo, la primera unidad de sensor está mecánicamente unida de manera que se pueda soltar a la a la unidad de colimador.

La primera unidad de sensor está dimensionada y dispuesta para ser sustancialmente completamente transparente a la radiación gamma incidente sobre la misma a lo largo de una trayectoria de propagación sustancialmente paralela con el eje de colimación de conductos de radiación de la unidad de colimador (5) subyacente. El primer

dispositivo sensor es un dispositivo CCD o de tipo MOS delgado fabricado a partir de silicio. Como resultado, los segundos medios sensores son capaz de "ver" el sujeto utilizando rayos gamma desde sustancialmente el mismo punto de vista/posición (sin paralaje) que el "punto de vista" del sujeto visto por los primeros medios sensores usando luz. Esto puede lograrse sin oscurecimiento de la vista del segundo sensor por la presencia del primer sensor en el campo de visión del segundo sensor.

Los píxeles "calientes" que surgen en la primera imagen (producida por los primeros medios sensores) como resultado de colisiones de rayos gamma con elementos sensores de los primeros medios sensores (por ejemplo, píxeles CCD) típicamente deben ser pequeños debido a la delgadez adecuada de los primeros medios sensores. En la práctica, el usuario, o la unidad de control del dispositivo, pueden comprobar la primera imagen para los píxeles calientes, o los datos de la imagen correspondientes a los píxeles calientes, y contar/ajustar los datos de la imagen para eliminar los artefactos de la imagen derivados de las mismas, por ejemplo utilizando el software adecuado.

El campo de visión del primer sensor está delimitado por las trayectorias de propagación de los rayos de luz periféricos L-L', y está dispuesto para incluir por completo el campo de visión del segundo sensor (G-G'). Esta disposición asegura que los límites de la imagen de la superficie visible del sujeto para la obtención de imágenes formadas encierre completamente los límites de la imagen simultánea del sujeto visto con rayos gamma, de tal manera que la posición relativa de este último puede ser fácilmente evidente desde las partes periféricas circundantes de la anterior cuando ambas son vistas simultáneamente en una imagen compuesta.

El dispositivo puede incluir una "cubierta" o "tubo" (no mostrado) dispuesto para delimitar el campo de visión de uno o ambos del primer y segundo sensores, según sea necesario.

El dispositivo de obtención de imágenes incluye una unidad de control (8) para controlar el primer y segundo sensores para generar de forma simultánea respectivas primeras y segundas señales de las señales eléctricas de la cámara (6 y 7 respectivamente) en respuesta a la luz y a los rayos gamma simultáneos del sujeto del cual se obtienen las imágenes.

La unidad de control también incluye una unidad de procesamiento de señales (no mostrada) dispuesta para recibir e introducir las señales eléctricas primera y segunda de la unidad de la cámara (6 y 7 respectivamente) generadas por el primer y segundo sensores (2 y 3 respectivamente), y para generar datos de la imagen a partir de las mismas.

La unidad de procesamiento de señales (8) es configurable para operar el CCD (3) de la segunda unidad de sensor en un modo de recuento de fotones para generar la señal de las señales eléctricas de la segunda unidad de cámara (7).

La unidad de procesamiento de señales está dispuesta para generar unos primeros datos de las imágenes que representan una imagen de la vista del sujeto como "visto" por el primer sensor en la luz visible, y para generar unos segundos datos de la imagen que representan la misma vista del sujeto como "vista" por el segundo sensor de imágenes con rayos gamma. La unidad de procesamiento de señales es configurable para generar datos de imágenes de las señales de datos simultáneas primera y segunda que representan una imagen compuesta (10, 11) de la imagen del sujeto de acuerdo con la luz (10) y al mismo tiempo de acuerdo con la radiación gamma (11). La unidad de control (8) tiene un puerto de salida de señales de datos de imágenes operativamente conectado a la entrada de señal de un dispositivo de visualización de imágenes (por ejemplo, una unidad de pantalla visual (VDU), televisión, etc.) que responde a la señal de los datos de las imágenes recibida desde la unidad de control para generar una imagen según los datos de la imagen, para mostrar de ese modo una imagen compuesta de las "vistas" de los rayos visibles y gamma superpuestas simultáneas del sujeto del cual se obtienen las imágenes desde el mismo punto de vista.

La figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo adicional de la superposición de una imagen de vista de luz (16) y una imagen de vista de rayos gamma (17) de un sujeto (la cabeza de un paciente) que la unidad de procesamiento de señal de la unidad de control (8) es operable para generar datos de la imagen que representa, y para generar datos de las imágenes que representan una imagen compuesta superpuesta (18) que comprende ambas. La imagen visible de la cabeza del paciente generada utilizando luz, proporciona una vista de la superficie del paciente, mientras que la imagen gamma, generada utilizando rayos gamma simultáneos, proporciona una vista de un órgano de soporte de trazador interno oculto a los rayos gamma que emite el paciente. La vista visible (16) y la vista gamma (17) son vistas simultáneas desde el mismo punto de vista sin paralaje entre los dos puntos de vista. La unidad de procesamiento de señal es operable para generar a partir de los datos de las imágenes la vista visible con la vista gamma, los datos de la imagen compuesta que representan una superposición (18) de las dos vistas, alineados para representar correctamente el punto de vista común.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un estereoscopio para su uso en la obtención de imágenes de un sujeto estereoscópicamente que incluye una primera unidad de cámara (1A) y una segunda unidad de cámara separada (1B) siendo cada una sustancialmente como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 1 para la obtención de imágenes al mismo tiempo de un sujeto común. Los componentes de cada una de la primera y segunda unidad de cámara en la figura 3 incluyen una respectiva primera unidad de sensor (2A, 2B) sensible a la

luz, y una segunda unidad de sensor (3A, 3B) sensible a los rayos gamma, siendo cada una sustancialmente la misma que la primera unidad de sensor (1) y las segundas unidades de sensor, respectivamente, descritas anteriormente con referencia a la figura 1.

5 El campo común de visión de la primera y segunda unidad de sensor (2A, 3A) de la unidad de primera cámara (1A) difiere del campo de visión común simultáneo de la primera y segunda unidad de sensor (2b, 3b) de la segunda
10 unidad de cámara (1B) mediante un ángulo de paralaje (β) predeterminado finito. Es decir, la primera y segunda unidad de cámara están colocadas relativamente para tener diferentes campos de visión que dan diferentes (pero similares) "vistas" desplazadas del sujeto común (13) que emite rayos gamma del cual se obtienen las imágenes de
15 ese modo. Los rayos gamma colimados recibidos por el segundo sensor de la primera unidad de cámara se propagan a lo largo de una trayectoria que subtiende el ángulo de paralaje con la trayectoria a lo largo de la cual se propagan los rayos gamma colimados para alcanzar el segundo sensor de la segunda unidad de cámara. Debido a la alineación conjunta de las primeras unidades de sensor (2A, 2B) de cada una de las dos cámaras con respecto a los respectivos segundos sensores (gamma) de las cámaras, el resultado es un paralaje correspondiente de "vistas" del sujeto de luz común (12) visible en la luz, entre la primera y segunda cámara, y "visto" por el par de cámaras usando luz.

Una unidad de control (14) es operable con respecto a cada cámara del par de cámaras como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 1. La unidad de control incluye medios de procesamiento de señales
20 estereoscópicas dispuestos para generar señales de datos de imágenes a partir de las señales simultáneas primera y segunda de la primera y segunda unidad de la cámara que representan una vista compuesta estereoscópica en tres dimensiones (3D) de la imagen del sujeto, de acuerdo a la luz y al mismo tiempo de acuerdo a la radiación gamma y para emitir las señales de datos de imágenes a una VDU (15) sensible para generar la vista de imágenes en 3D.

25 La geometría de las cámaras estereoscópicas puede ser tal que, por ejemplo, su separación de línea de base es de aproximadamente 6 cm, es decir, una separación similar a la separación inter-ocular de un ser humano.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1, 1A, 1B) para su uso en la obtención de imágenes de un sujeto (13), utilizando luz desde el sujeto y rayos gamma que emanan de una sustancia radiactiva dentro del sujeto, incluyendo el dispositivo:
- 5 unos primeros medios sensores (2, 2A, 2B) que incluyen un dispositivo de píxeles de estado sólido sensibles a la luz recibida de ese modo desde el sujeto para generar unas primeras señales (6) para su uso en la formación de una primera imagen (10, 16) del sujeto; y
- 10 unos segundos medios sensores (3, 3A, 3B) sensibles a los rayos gamma recibidos de ese modo desde el sujeto para generar unas segundas señales (7) para su uso en la formación de una segunda imagen (9, 17) del sujeto; estando dicho dispositivo **caracterizado por que** dichos segundos medios sensores están dispuestos para recibir rayos gamma desde el sujeto que han pasado a través de los primeros medios sensores antes de llegar a los segundos medios sensores.
- 15 2. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los primeros medios sensores están dimensionados y dispuestos para no impartir ninguna atenuación de rayos gamma que son incidentes sobre los mismos desde el sujeto y la propagación hacia los segundos medios sensores en el campo de visión de los mismos.
- 20 3. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los primeros medios sensores y los segundos medios sensores están dispuestos para recibir luz y rayos gamma, respectivamente, que se propagan desde el sujeto sobre trayectorias coincidentes, de tal manera que los primeros medios sensores tienen un campo de visión, al menos una parte del cual se corresponde con al menos una parte del campo de visión de los segundos medios sensores.
- 25 4. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que tanto los primeros como los segundos medios sensores tienen un campo de visión en el que los segundos medios sensores y los primeros medios sensores están alineados conjuntamente para compartir un campo de visión común.
- 30 5. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los segundos medios sensores tienen un campo de visión y una abertura que delimita el campo de visión de los mismos, y los primeros medios sensores cubren la totalidad de la abertura.
- 35 6. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los primeros medios sensores están conectados a los segundos medios sensores.
- 40 7. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que incluye unos medios de colimación (5, 5A, 5B) dispuestos entre los primeros medios sensores y los segundos medios sensores para colimar rayos gamma que han pasado desde el sujeto a través de los primeros medios sensores antes de llegar a los segundos medios sensores.
- 45 8. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los segundos medios sensores incluyen un dispositivo de sensor de píxeles de estado sólido que tiene sensores de píxeles sensibles a la recepción directa de rayos gamma para producir dichas segundas señales.
- 50 9. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los segundos medios sensores incluyen unos medios de centelleador (4) sensibles a los rayos gamma desde el objeto mediante centelleo, y unos medios sensores de centelleo dispuestos para generar dichas segundas señales en respuesta a dicho centelleo.
- 55 10. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los segundos medios sensores incluyen unos medios de colimación (5, 5A, 5B) dispuestos entre los primeros medios sensores y los medios de centelleo de los segundos medios sensores para colimar los rayos gamma que han pasado desde el sujeto a través de los primeros medios sensores antes de alcanzar los medios sensores de centelleo de los segundos medios sensores.
- 60 11. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que incluye medios de control (8, 14) para controlar los primeros y segundos medios sensores para generar simultáneamente respectivas señales primera y segunda en respuesta a la luz y a los rayos gamma simultáneos desde dicho sujeto, medios de procesamiento de señales para generar datos de imágenes a partir de las señales de datos simultáneas primera y segunda que representan una imagen compuesta (9, 10; 18) de la imagen del sujeto tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.
- 65 12. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los segundos medios sensores incluyen una matriz de sensores de píxeles de estado sólido, y medios de procesamiento dispuestos para recibir una entrada procedente de la matriz de sensores de píxeles configurables para operar en un modo de recuento de fotones para generar dicha segunda señal de acuerdo con dicha entrada.
- 65 13. Un estereoscopio para su uso en la obtención de imágenes de un sujeto de manera estereoscópica, que incluye:

- un primer dispositivo (1A) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior para obtener imágenes del sujeto;
 un segundo dispositivo (1B) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior para obtener imágenes del sujeto
 simultáneamente con el primer dispositivo que está separado del primer dispositivo y dispuesto de tal manera
 que el campo de visión de los segundos medios sensores del segundo dispositivo difiere del campo de visión
 5 simultáneo de los segundos medios sensores del primer dispositivo mediante un paralaje finito predeterminado;
 unos medios de procesamiento de señal para generar datos de imágenes desde las señales simultáneas primera
 y segunda del primer y segundo dispositivo que representa una vista compuesta estereoscópica en tres
 dimensiones (3D) de la imagen del sujeto, tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la
 radiación gamma.
- 10 14. Un método de obtención de imágenes de un sujeto (13), utilizando tanto luz desde el sujeto como rayos gamma
 que emanan desde una sustancia radiactiva dentro del sujeto, incluyendo el método:
- 15 detectar luz desde el sujeto con unos primeros medios sensores (2, 2A, 2B), que incluye un dispositivo de píxel
 de estado sólido, y generar con el mismo unas primeras señales (6) para su uso en la formación de una primera
 imagen (10, 16) del sujeto; y
 detectar con unos segundos medios sensores (3, 3A, 3B) rayos gamma desde el sujeto, y generar con los
 mismos unas segundas señales (7) para su uso en la formación de una segunda imagen (9, 17) del sujeto;
 20 estando el método **caracterizado por que** dichos segundos medios sensores están dispuestos para recibir rayos
 gamma desde el sujeto que han pasado a través de los primeros medios sensores antes de alcanzar los
 segundos medios sensores.
- 25 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, que incluye disponer los primeros medios sensores y los
 segundos medios sensores para recibir luz y rayos gamma, respectivamente, que se propagan desde el sujeto
 simultáneamente sobre trayectorias coincidentes, de tal manera que los primeros medios sensores tienen un campo
 de visión, del que al menos una parte corresponde con al menos una parte del campo de visión de los segundos
 medios sensores.
- 30 16. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 14 y 15, que incluye alinear
 conjuntamente los primeros y segundos medios sensores para compartir un campo de visión común.
- 35 17. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 14 a 16, que incluye proporcionar a los
 segundos medios sensores con una abertura que delimita su campo de visión, y que cubre la totalidad de la abertura
 con los primeros medios sensores.
- 40 18. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 14 a 17, en el que los primeros medios
 sensores están unidos a los segundos medios sensores.
- 45 19. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 14 a 18, que incluye detectar dichos
 rayos gamma con los segundos medios sensores mediante la generación de dichas segundas señales en respuesta
 a la recepción directa de rayos gamma mediante sensores de píxeles de estado sólido de los segundos medios
 sensores.
- 50 20. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 14 a 19, que incluye detectar dichos
 rayos gamma con dicho segundo sensor mediante la detección de centelleos dentro de unos medios de centelleador
 (4) de los mismos sensibles a los rayos gamma desde el objeto mediante centelleo, y generar dichas segundas
 señales en respuesta a dicho centelleo.
- 55 21. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, que incluye la colimación de rayos
 gamma que han pasado desde el sujeto a través de los primeros medios sensores antes de ser detectados por los
 segundos medios sensores.
- 60 22. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 14 a 2212, que incluye controlar los
 primeros y segundos medios sensores para generar las respectivas señales primera y segunda en respuesta a la luz
 y a los rayos gamma desde dicho sujeto, y generar datos de imágenes de las señales de datos primera y segunda
 que representan una imagen compuesta (9, 10; 18) de la imagen del sujeto tanto de acuerdo con la luz como de
 acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.
- 65 23. Un método de obtención de imágenes de un sujeto de manera estereoscópica, que incluye:
- en una primera etapa generar dichas señales primera y segunda de acuerdo con el método de cualquiera de las
 reivindicaciones 14 a 22 para la obtención de imágenes del sujeto;
 en una segunda etapa generar dichas señales primera y segunda de acuerdo con el método de cualquiera de las
 reivindicaciones 14 a 22, para la obtención de imágenes del sujeto, de tal manera que el campo de visión de la
 imagen asociada con la segunda etapa difiere del campo de visión de la imagen asociada con la primera etapa
 por un paralaje finito predeterminado;

generar datos de imágenes a partir de las señales primera y segunda generadas en ambas la primera y la segunda etapa que representan una vista compuesta estereoscópica en tres dimensiones (3D) de la imagen del sujeto, tanto de acuerdo con la luz como de acuerdo al mismo tiempo con la radiación gamma.

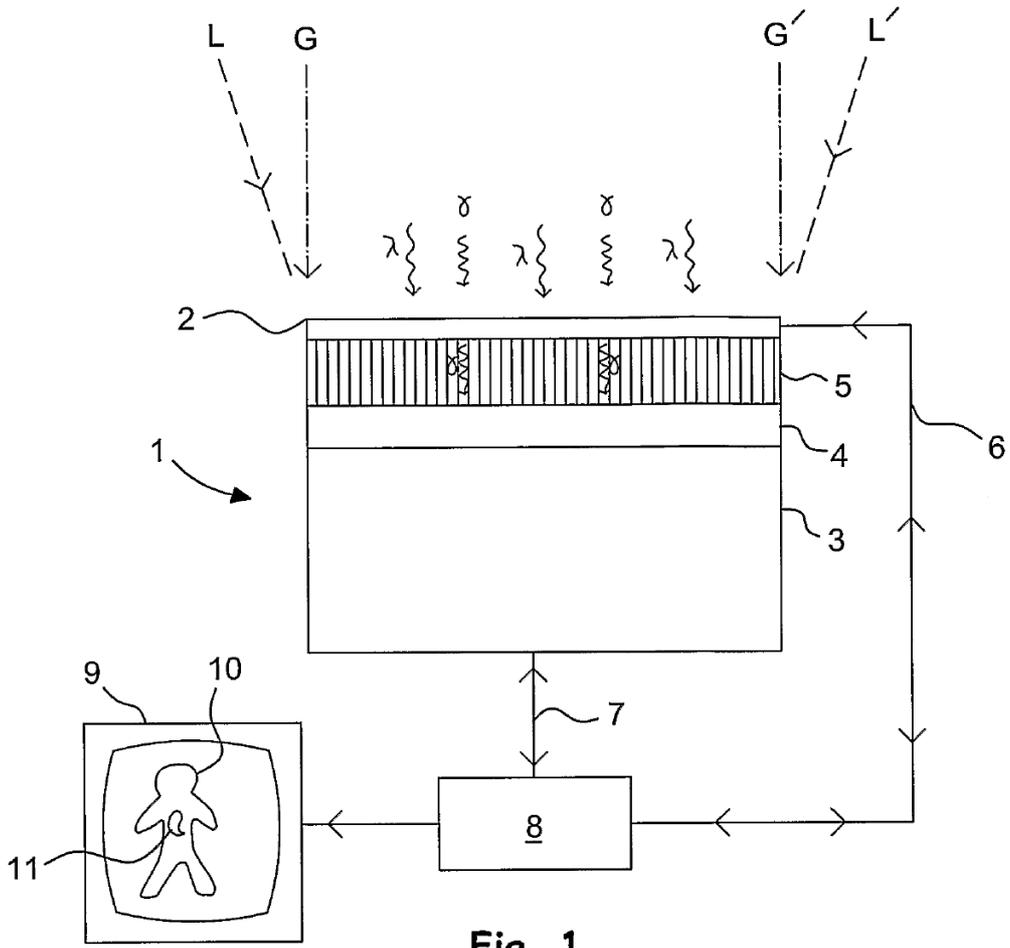


Fig. 1

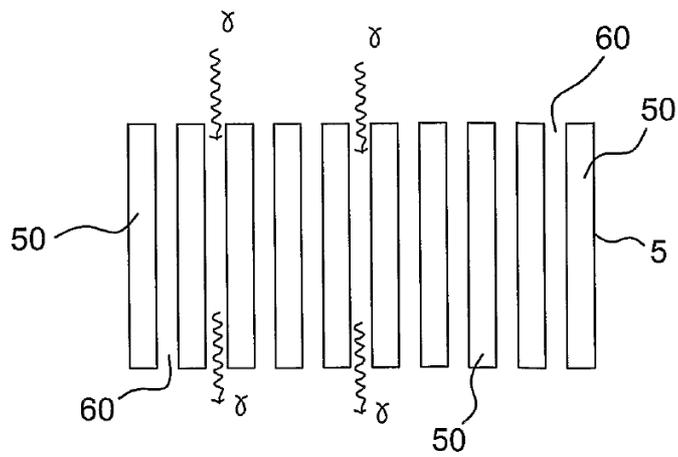


Fig. 2

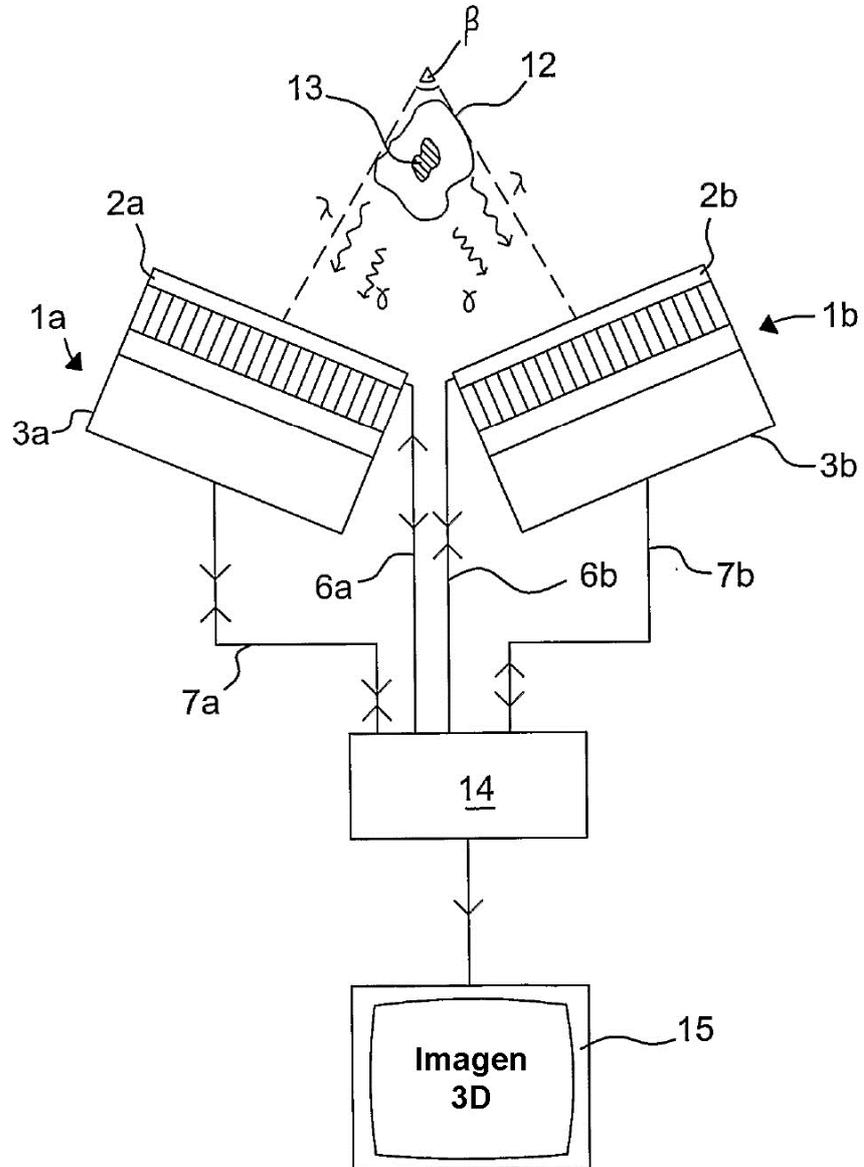


Fig. 3

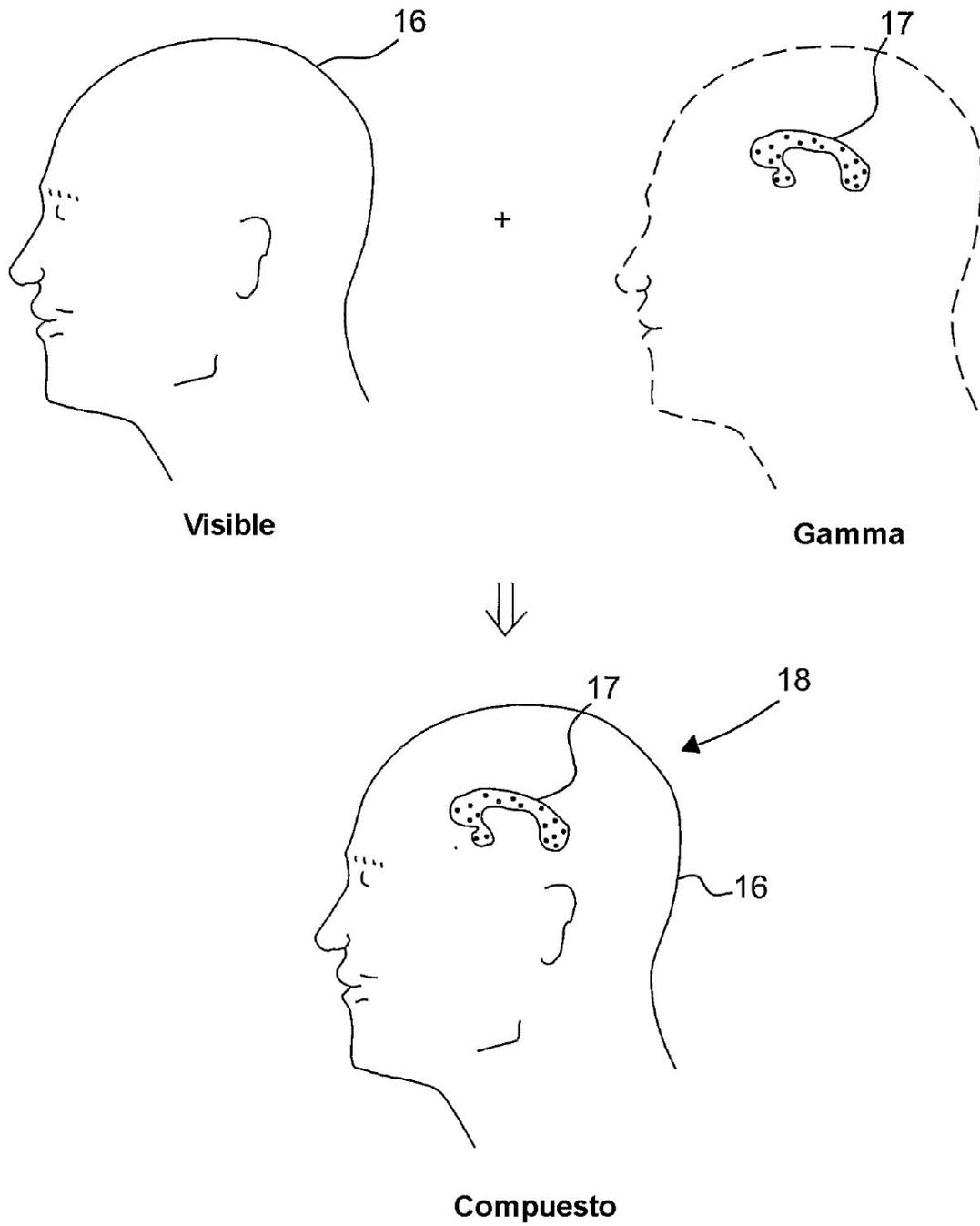


Fig. 4

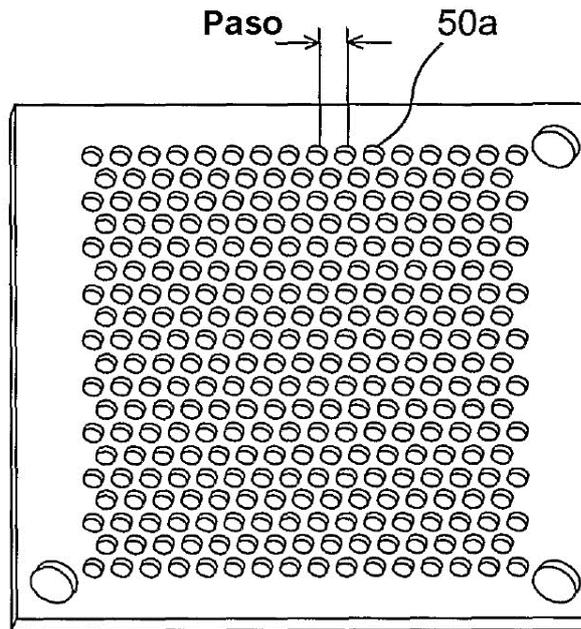


Fig. 5a

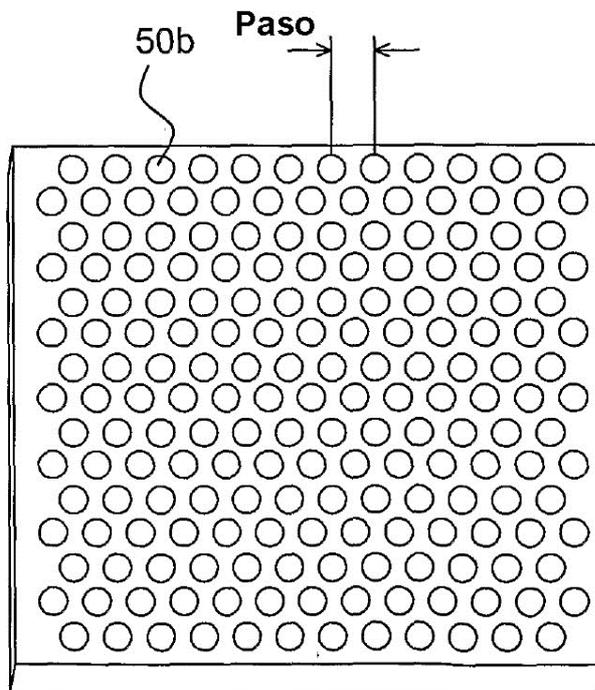


Fig. 5b