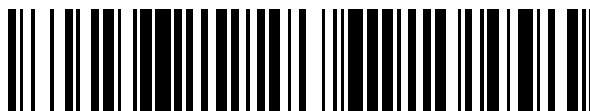


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 758**

51 Int. Cl.:

G01T 7/00 (2006.01)

G01T 1/169 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.10.2015 PCT/EP2015/073310**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16055594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2015 E 15777699 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3204795**

54 Título: **Dispositivo de imágenes dual**

30 Prioridad:

09.10.2014 FR 1459704

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

05.08.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MAHE, CHARLY

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 721 758 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 imágenes dual

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo de imágenes capaz de localizar tanto fuentes de irradiación gamma como fuentes de contaminación alfa.

10 **Estado de la técnica anterior**

Los dispositivos de imágenes gamma se han desarrollado desde la década de 1980 y permiten la localización remota de las fuentes de irradiación gamma.

15 La medición de la radioactividad alfa por medio de imágenes data de la década de 1990 y los dispositivos de imagen implementados se volvieron competitivos en términos de sensibilidad de medición en la década de 2000.

Los dos dispositivos tienen la función de superponer, sobre una fuente de imagen visible, radioactividad gamma o alfa. La imagen visible es tomada directamente por un dispositivo de imágenes gamma o alfa, respectivamente. La imagen gamma o alfa también es tomada por el mismo dispositivo de imágenes gamma o alfa sin moverla. Esto hace posible superponer las dos imágenes que se han tomado para obtener una única imagen final en la que aparecen las fuentes de irradiación gamma o fuentes de contaminación alfa.

20 La imagen visible puede tomarse simultáneamente o no por una cámara en color, mientras que la imagen gamma o alfa es tomada por el dispositivo de imágenes gamma o alfa. Es necesario asegurarse de que no haya desalineación entre la cámara en color y el dispositivo de imágenes y realizar una corrección de paralaje si es necesario.

25 En ciertas situaciones, sería particularmente interesante detectar de forma directa y sencilla las mismas fuentes de imagen de irradiación gamma y fuentes de contaminación alfa. Puede ser necesario mapear cajas de guantes o celdas blindadas, y este mapeo es esencial para preparar fases de remediación y desmantelamiento de instalaciones radioactivas.

30 Actualmente, ningún dispositivo de imágenes lo permite, ya que los dos dispositivos de imágenes funcionan con diferentes principios de detección.

35 Un dispositivo de imágenes gamma como la cámara Aladin comprende, en cascada desde la cabeza al cuerpo, un colimador de tipo máscara codificada o poroso a través del cual penetra la radiación gamma (radiación electromagnética), un escintilador, un tubo intensificador de imágenes, un haz de fibra óptica, una matriz de sensores fotosensibles (tipo CCD). Cuando el escintilador recibe radiación gamma a través del colimador, la transforma en radiación de luz visible. El escintilador está acoplado al tubo intensificador de imágenes. El tubo intensificador de imágenes opera en el visible. Amplifica la radiación de luz visible emitida por el escintilador. El haz de fibra óptica sirve para propagar la radiación de luz visible al sensor fotosensible (como un CCD) con una matriz de píxeles. La cadena óptica solo opera en el visible. El sensor fotosensible está acoplado a al menos una tarjeta electrónica que permite el procesamiento de las señales electrónicas emitidas por cada uno de los píxeles del sensor fotosensible. Estas señales procesadas pueden enviarse a través de un cable a los medios de visualización.

40 Un dispositivo de imágenes alfa simplemente comprende, en cascada desde la cabeza hasta el cuerpo, un objetivo transparente a la radiación ultravioleta, un tubo intensificador de imágenes sensible a la radiación ultravioleta. Un haz de fibra óptica sirve para propagar la radiación ultravioleta a un sensor fotosensible (como un CCD) con una matriz de píxeles. La cadena óptica solo opera en el ultravioleta. El sensor fotosensible está acoplado a al menos una tarjeta electrónica que permite el procesamiento de las señales electrónicas emitidas por cada uno de los píxeles del sensor fotosensible. Estas señales procesadas pueden enviarse a través de medios de conexión y un cable a los medios de adquisición y procesamiento. Se sabe que la detección de radiación alfa es posible detectando la radiación ultravioleta emitida cuando el nitrógeno en el aire es excitado por el paso de partículas alfa.

50 El espectro ultravioleta corresponde a las longitudes de onda preponderantes comprendidas entre 280 nm y 390 nm. Se busca que el tubo intensificador de imágenes no se vea perturbado por la luz visible de fondo.

55 De la técnica anterior se conoce el trabajo de S. Ihantalo *et al.* publicado en 2012 en la revista científica "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A" número 690 páginas 79 a 84 que enseña un dispositivo de espectroscopía UV-gamma que utiliza dos detectores, uno sensible a la radiación gamma y otro a la radiación UV para la detección de radiación alfa. Se conoce del estado de la técnica el documento FR 2664380 que enseña la posibilidad de utilizar un cuerpo y varios bloques modulares para realizar varias mediciones paralelas en el campo de las mediciones de radiactividad.

65

Divulgación de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo de captación de imágenes que pueda mostrar con precisión una o más fuentes de radiación gamma, así como una o más fuentes de contaminación alfa localizadas en una escena observada.

También está destinado a proporcionar un dispositivo de imágenes, que comprende el dispositivo de captación de imágenes mencionado anteriormente, que hace posible detectar y posicionar en una misma imagen final, de una manera muy precisa, una o más fuentes de radiación gamma y una o varias fuentes de contaminación alfa localizadas en una escena sin tener que cambiar de dispositivo y sin tener que moverlo.

Para lograr esto, la presente invención proporciona un dispositivo de captación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que tiene un conjunto de dos cabezas intercambiables que incluyen una cabeza gamma y una cabeza alfa, con solo una de estas cabezas que puede estar en posición de trabajo a la vez. Cuando se toman dos imágenes sucesivamente mientras se ha cambiado la cabeza de una imagen a otra, se toman con la misma línea de visualización ya que el dispositivo de captación de imágenes no se ha movido.

Más particularmente, la presente invención se refiere a un dispositivo de captación de imágenes que tiene un cuerpo que incluye un tubo intensificador de imágenes que tiene un eje óptico y coopera con un sensor de imágenes. El dispositivo de captación de imágenes comprende además un conjunto de dos cabezas intercambiables, cada una de las cuales tiene un campo de visión definido alrededor de un eje de visualización, y el conjunto que comprende:

una cabeza gamma que comprende un colimador y un escintilador para transformar la radiación gamma de una fuente de rayos gamma presente en una escena y que ingresa al colimador en radiación ultravioleta transmitida al tubo intensificador de imágenes; y

una cabeza alfa que tiene un objetivo transparente al ultravioleta para transmitir la radiación ultravioleta generada por la radiación alfa de una fuente de contaminación alfa presente en la escena al tubo intensificador de imágenes, siendo el tubo intensificador de imágenes sensible a la radiación ultravioleta de la cabeza alfa y la cabeza gamma. El dispositivo de captación de imágenes comprende, además, medios para acoplar las dos cabezas del conjunto al cuerpo, una a la vez, teniendo la cabeza acoplada un eje de visualización coincidente con el eje óptico del tubo intensificador de imágenes, para permitir, para la cabeza gamma, que la radiación ultravioleta que proviene del escintilador alcance el tubo intensificador de imágenes y, para la cabeza alfa, que la radiación ultravioleta que lo ha atravesado, que alcance el tubo intensificador de imágenes.

Los medios de acoplamiento son ventajosamente mecánicos. Este puede ser un medio de acoplamiento atornillables o medios de acoplamiento de bayoneta.

De forma muy sencilla, el cambio de cabeza puede ser manual.

Alternativamente, para realizar una permutación más rápida, el cambio de cabeza puede ser automático, las dos cabezas se montan sobre el mismo soporte solidario con el dispositivo de captación de imágenes y pueden moverse en rotación y/o en traslación.

Para reducir el impacto del ruido de la luz ambiental, cuando se toman imágenes con la cabeza alfa, es preferible que el tubo intensificador de imágenes sea un tubo intensificador de imágenes de tipo solar ciego a los rayos ultravioleta.

El escintilador de la cabeza gamma puede estar hecho ventajosamente de fluoruro de bario BaF_2 , que es el material preferido para la detección dual con un tubo intensificador de imágenes de tipo solar ciego a los rayos ultravioleta. Alternativamente, el escintilador puede ser yoduro de cesio CsI , germanato de bismuto BGO, tungstato de cadmio $CdWO_4$, de modo que el tubo intensificador de imágenes sea sensible a los fotones ultravioleta emitidos por el escintilador.

La cabeza gamma puede tener un colimador de tipo máscara codificada o poroso.

Es preferible que la cabeza alfa, aguas arriba del objetivo con respecto a la escena, tenga un filtro de paso de banda ultravioleta para promover la eliminación del ruido de la luz visible ambiental.

Para atenuar los rayos gamma que llegan al dispositivo de captación de imágenes fuera de su campo de visión, el cuerpo puede estar equipado con un blindaje protector.

Es preferible que el blindaje también proteja al escintilador de la cabeza gamma, cuando está acoplado al cuerpo, contra la radiación gamma que llega a la cabeza gamma fuera de su campo de visión.

Es posible equipar el dispositivo de captación de imágenes con al menos un elemento integral directa o indirectamente con el cuerpo, este elemento que se selecciona entre un detector de espectrometría gamma

colimado, un puntero láser, una cámara en color, un dispositivo de medición de la tasa de dosis no colimada, o un telémetro láser orientable. Estos elementos proporcionan al dispositivo de captación de imágenes otras funciones útiles para la detección y caracterización de fuentes de radiación gamma y fuentes de contaminación alfa.

5 La presente invención también se refiere a un dispositivo de imágenes, de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende el dispositivo de captación de imágenes anterior y además un dispositivo de adquisición y procesamiento para adquirir imágenes, conectado al sensor de imagen, un dispositivo de visualización conectado al dispositivo de adquisición y procesamiento, para mostrar imágenes visibles de la escena resaltando una o más fuentes de radiación gamma y/o una o más fuentes de contaminación alfa que estarían presentes en la misma.

10 La presente invención también se refiere a un método para detectar y localizar fuentes de radiación gamma o fuentes de contaminación alfa, de acuerdo con la reivindicación 14, que usa el dispositivo de imágenes anterior, en el que:

15 una imagen visible de la escena observada se captura con el dispositivo de imágenes, esta imagen visible se transfiere al dispositivo de adquisición y procesamiento donde se almacena, una imagen gamma o alfa de la escena observada se captura con el dispositivo de captación de imágenes, con la cabeza gamma o la cabeza alfa que están acopladas al cuerpo del dispositivo de captación de imágenes, la imagen gamma o alfa de la escena observada se transfiere al dispositivo de adquisición y procesamiento
20 donde se almacena, la imagen gamma o alfa se superpone a la imagen visible para obtener una imagen visible final.

La presente invención también se refiere a un método para detectar y localizar fuentes de radiación gamma y fuentes de contaminación alfa, según la reivindicación 15, en el que el método descrito anteriormente se lleva a cabo
25 con la excepción de la superposición, y en el que, después de la etapa de capturar la imagen gamma o alfa de la escena observada, la cabeza gamma o la cabeza alfa se desacopla del cuerpo, la cabeza alfa o la cabeza gamma se acoplan al cuerpo, se captura una imagen alfa o gamma de la escena observada con el dispositivo de captación de imágenes, la imagen alfa o gamma de la escena observada en el dispositivo de adquisición y procesamiento se transfiere donde se almacena, y la imagen gamma se superpone a la imagen visible, la imagen gamma o alfa y la
30 imagen alfa o gamma para obtener la imagen visible final.

En estos métodos, la imagen visible se captura con el dispositivo de captación de imágenes que se proporciona con la cabeza gamma o la cabeza alfa o con la cámara en color.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se entenderá mejor leyendo la descripción de las realizaciones a modo de ejemplo proporcionadas, simplemente a modo de indicación y de ninguna manera limitante, con referencia a los dibujos adjuntos en los que

40 la Figura 1 muestra un ejemplo de dispositivo de imágenes dual objeto de la invención; las Figuras 2A, 2B muestran ejemplos de la cabeza gamma del dispositivo de imágenes dual objeto de la invención; la Figura 3 muestra un ejemplo de la cabeza alfa del dispositivo de imágenes dual objeto de la invención;
45 las Figuras 4A, 4B muestran un ejemplo del dispositivo de captación de imágenes objeto de la invención con medios manuales de acoplamiento mecánico; la Figura 5 muestra un ejemplo del dispositivo de captación de imágenes objeto de la invención con medios automáticos de acoplamiento mecánico; las Figuras 6A, 6B muestran un ejemplo del dispositivo de captación de imágenes, objeto de la invención,
50 equipado con un blindaje y la cabeza gamma o la cabeza alfa para su uso en un entorno radiante; las Figuras 7A, 7B muestran un ejemplo del dispositivo de captación de imágenes objeto de la invención, equipado con un blindaje reducido y la cabeza gamma, o la cabeza alfa y sin blindaje para su uso en un entorno sin radiación; la Figura 8 muestra un ejemplo de un dispositivo de captación de imágenes equipado con al menos una cámara
55 en color; la Figura 9 muestra un diagrama de bloques de un modo de funcionamiento a modo de ejemplo del dispositivo de imágenes dual.

Las partes idénticas, similares o equivalentes de las diferentes figuras llevan las mismas referencias numéricas para facilitar la etapa de una figura a otra.

Presentación detallada de realizaciones particulares

65 Ahora en referencia a la Figura 1 se describe un dispositivo de imágenes dual de una escena observada objeto de la invención.

Comprende un dispositivo de captación de imágenes 100 asociado con un dispositivo de adquisición y procesamiento 101, asociado a su vez a un dispositivo de visualización 102. El dispositivo de captación de imágenes 100 comprende un cuerpo 1 y un conjunto 10 de dos cabezas 11, 12 intercambiables. Una de las cabezas 11 es una cabeza alfa que se usará para la adquisición de imágenes de una escena en modo alfa y la otra cabeza 12 es una cabeza gamma que se usará para la adquisición de la misma escena en modo gamma. El cuerpo 1 comprende, en una carcasa 9, un tubo intensificador de imágenes 2 provisto de un eje óptico XX' que constituye el eje de visualización de referencia del dispositivo de captación de imágenes 100.

El tubo intensificador de imágenes 2 está acoplado con un sensor de imagen semiconductor 3, por ejemplo de tipo CCD, a través de un haz de fibra óptica 4. Más precisamente, el tubo intensificador de imágenes 2 es sensible a la radiación ultravioleta. Comprende, desde una cara de entrada FE en cascada, un fotocátodo 5, al menos una oblea de microcanales 6 y una pantalla luminiscente 7. La función del fotocátodo 5 es convertir una radiación incidente ultravioleta en electrones. La al menos una oblea de microcanales 6 tiene la función de aumentar la ganancia electrónica. La pantalla luminiscente 7 tiene la función de transformar los electrones que han pasado a través de la oblea de microcanales 6 en luz visible. La pantalla luminiscente 7 tiene una cara de salida FS girada hacia el haz de fibra óptica 4. El sensor de imagen 3 está conectado a al menos un dispositivo de puesta en formato de vídeo 8 de las imágenes proporcionadas por el sensor de imagen 3. Este dispositivo de puesta en formato de vídeo 8 de las imágenes está asociado a una fuente de alimentación que no se muestra. El haz de fibra óptica 4, el sensor de imagen 3, y el dispositivo de puesta en formato de vídeo 8 de las imágenes están alojados en la carcasa 9. La carcasa 9 tiene una parte inferior de 9.1 a nivel del dispositivo de puesta en formato de vídeo 8. Los medios de conexión 8.1 del dispositivo de puesta en formato de vídeo 8 son accesibles desde fuera de la carcasa 9.

El dispositivo de imágenes comprende además un dispositivo de adquisición y procesamiento 101 que puede estar compuesto por la unidad central de una computadora personal conectada mediante un cable al dispositivo de puesta en formato de vídeo 8 de las imágenes y, por lo tanto, indirectamente al sensor de imagen 3, un dispositivo de visualización 102 que puede estar compuesto por la pantalla del ordenador personal y un dispositivo de control 103 del tubo intensificador de imágenes para hacer pasar su fotocátodo 5 desde un estado bloqueado a un estado de funcionamiento. El dispositivo de adquisición y procesamiento 101, el dispositivo de visualización 102 y el dispositivo de control 103 están desplazados con respecto al dispositivo de captación de imágenes 100.

Según una característica de la invención, el tubo intensificador de imágenes 2 es sensible en la banda ultravioleta próxima al visible, por ejemplo, entre aproximadamente 280 y 390 nm. Se recuerda que la banda ultravioleta está entre 10 y 400 nm y que la banda visible se extiende más allá de 400 nm hasta aproximadamente 700 nm.

Preferiblemente, se seleccionará un tubo intensificador de imágenes de tipo ciego a los rayos ultravioleta de origen solar (conocido como ciego solar) para limitar el impacto del ruido de la luz ambiental durante la adquisición en modo alfa. Estos tubos intensificadores de imagen 2 son sensibles a la radiación de longitud de onda inferior a 390 nm. Es posible utilizar un tubo intensificador de imágenes 2 convencional, con el riesgo de adquirir ruido de luz visible o en el límite del visible en modo alfa. Este ruido se puede atenuar con un filtro de paso de banda ultravioleta que captura la luz visible.

Ahora describiremos la cabeza gamma 12 con referencia a las Figuras 1 y 2A, 2B.

La cabeza gamma 12 está construida alrededor de un eje de visualización 12.3. Comprende, en cascada, al menos dos elementos. El primer elemento al que se hace referencia en 12.1, que está más abajo en relación con la propagación de la radiación gamma, es decir, del lado del cuerpo 1 cuando la cabeza gamma 12 está acoplada al cuerpo 1, es un escintilador. Este escintilador 12.1 está hecho de un material que emite luz ultravioleta después de la absorción de radiación gamma. Estos rayos ultravioleta tendrán una longitud de onda de entre 220 y 550 nm dependiendo del escintilador utilizado. El tubo intensificador de imágenes 2 es sensible a la luz ultravioleta emitida por el escintilador 12.1. Por ejemplo, el escintilador 12.1 puede estar hecho de fluoruro de bario BaF₂ que emite luz ultravioleta entre aproximadamente 220 nm y 310, en tungstato de cadmio CdWO₄ que emite luz ultravioleta a aproximadamente 475 nm, yoduro de cesio CsI que emite luz ultravioleta a aproximadamente 550 nm, o germanato de bismuto BGO que emite luz ultravioleta a unos 480 nm. El segundo elemento referenciado 12.2 es un colimador. El colimador 12.2 se encuentra frente a la escena observada durante la toma de una imagen, hacia arriba con respecto a la propagación de la radiación gamma. En la Figura 2A, el colimador 12.2 es un colimador poroso. En la Figura 2B, el colimador 12.2 es de máscara codificada. La cara frontal de la cabeza gamma 12 está referenciada a 12.4. Es sustancialmente cónica en la variante de colimador tipo poroso y es sustancialmente plano en la variante de colimador de máscara codificada. La variante del colimador tipo poroso 12.2 permite obtener una profundidad de campo infinita, las fuentes de irradiación gamma seleccionadas durante la captura de una imagen aparecerán claramente, independientemente de su distancia desde el dispositivo de captación de imágenes 100 sin un enfoque especial necesario. La variante del colimador 12.2 de máscara codificada tiene una mayor sensibilidad que el colimador 12.2.

La cabeza alfa 11 también está construida alrededor de un eje de visualización 11.3. Nos referimos a la Figura 3 en combinación con la Figura 1. Comprende principalmente un objetivo 11.1 que incluye al menos una lente. Este objetivo 11.1 es transparente a la radiación ultravioleta emitida cuando el nitrógeno del aire es excitado por el paso

de partículas alfa. Los fotones ultravioletas que pasarán a su través tienen una longitud de onda de menos de aproximadamente 390 nm. Es posible colocar, aguas arriba del objetivo 11.1, del lado de la escena que se observa, un filtro de paso de banda ultravioleta 11.2 que favorece la atenuación del ruido de la luz visible ambiental.

- 5 El dispositivo de captación de imágenes 100, objeto de la invención, comprende además medios de acoplamiento 20 de solo una de las cabezas 11 o 12 a la vez al cuerpo 1 y, por lo tanto, al tubo intensificador de imágenes 2.

De hecho, cuando la cabeza gamma 12 se acopla al tubo intensificador de imágenes 2, se puede tomar una imagen gamma de la escena observada para detectar la presencia de fuentes de irradiación gamma.

- 10 Cuando la cabeza alfa 11 se acopla al tubo intensificador de imágenes 2, se puede tomar una imagen alfa de la escena observada para detectar la presencia de fuentes de contaminación alfa.

- 15 El cuerpo 1 del dispositivo de captación de imágenes 100 no se mueve cuando se toman secuencialmente una imagen gamma y una imagen alfa. Solo la cabeza 11 o 12 está acoplada al cuerpo 1, correspondiente al tipo de imagen de la escena que se desea adquirir.

- 20 Para poder localizar las fuentes contaminadas alfa y/o las fuentes de irradiación gamma, es preferible tomar una imagen visible de la escena que se desea observar y superponer la imagen visible y la imagen gamma tomada con la cabeza gamma 12 y/o la imagen alfa tomada con la cabeza alfa 11 para obtener una imagen visible final explotable. La superposición de las dos imágenes o las tres imágenes se realiza mediante los medios de adquisición y procesamiento 101. Esta imagen visible también puede ser tomada por el dispositivo de captación de imágenes 100 cuando la cabeza alfa 11 está acoplada al cuerpo 1 o cuando la cabeza gamma 12 se acopla al cuerpo. Por lo tanto, es posible tomar la imagen visible con la cabeza 11 o 12 que está acoplada al tubo intensificador de imágenes 2 primero durante una secuencia de imágenes. Con el dispositivo de captación de imágenes objeto de la invención, tomaremos la misma escena, independientemente de la imagen que se tome: imagen visible, imagen alfa o imagen gamma. Los medios de adquisición y procesamiento 101 pueden comprender software específico para llevar a cabo adquisiciones de imágenes. Este software permite obtener las imágenes finales en tiempo real o casi en tiempo real o a posteriori. Permite realizar cálculos adicionales, en particular a partir de mediciones realizadas con los elementos adicionales asociados descritos en la Figura 8.

- 35 La cabeza gamma 12 comprende además un obturador 12.5 que se cierra cuando se toma una imagen gamma y que está abierto cuando se toma una imagen visible. Está representado al frente de la cabeza gamma 12 solo en la Figura 2A para no sobrecargar las figuras. No se necesita un obturador en la cabeza alfa.

- Nos referimos a las Figuras 4A, 4B. En esta realización, las dos cabezas 11, 12 son permutables y extraíbles manualmente del cuerpo 1. En esta realización, la carcasa 9 tiene opuesta a la parte inferior 9.1 un extremo abierto 9.2.

- 40 Los medios de acoplamiento 20 son mecánicos y manuales, y comprenden un dispositivo de fijación para atornillar al cuerpo 1. Este dispositivo de fijación se divide en una rosca hembra 20.1 (rosca) y una rosca macho 20.2 (o rosca externa). La rosca hembra 20.1 está soportada por la carcasa 9, más precisamente por su pared interna, en el borde de su extremo abierto 9.2. La rosca macho 20.2 (o rosca externa) está soportada por cada una de las cabezas 12, 11. La rosca macho 20.2 está soportada por la superficie periférica exterior de cada una de las cabezas 12, 11. Esta rosca macho 20.2 está localizada preferiblemente en el colimador 12.2 de la cabeza gamma 12. El escintilador 12.1 no tiene rosca y se aloja dentro de un espacio delimitado lateralmente por las dos roscas 20.1, 20.2, una vez atornilladas una a la otra, aguas arriba por el colimador 12.2, y aguas abajo por el tubo intensificador de imágenes 2. La versión con la cabeza gamma 12 está representada en la Figura 4A y la que tiene la cabeza alfa 11 está representada en la Figura 4B. Para la cabeza alfa 11, la rosca macho 20.2 está soportada por el objetivo 11.1. No se ve el filtro de paso de banda.

- 50 La cabeza 12, 11, ya sea gamma o alfa, cuando está fijada al cuerpo 1, tiene su eje de visualización 12.3, 11.3 que coincide con el eje óptico XX' del tubo intensificador de imágenes 2. La fijación de una de las cabezas 11 o 12 se realiza manualmente atornillando una y solo una de las dos cabezas 11 o 12 al cuerpo 1 del dispositivo de captación de imágenes 100.

- También es posible utilizar medios de acoplamiento mecánico 20 que estarían automatizados en lugar de manuales. Nos referimos a la Figura 5 que es una vista frontal del dispositivo de captación de imágenes. La cabeza gamma 12 es una cabeza colimadora de tipo porosa. Los medios de acoplamiento 20 siempre comprenden el dispositivo de fijación 20.4, 20.5 de una de las cabezas 11 o 12 al cuerpo 1. Además, comprenden un soporte 20.3 para las cabezas 11, 12, medios 20.6 para mover el soporte 20.3, en rotación y/o en traslación, tal como uno o más motores. Las dos cabezas 11, 12 son integrales con dicho soporte 20.3 capaz de moverse en rotación y/o en traslación. El soporte 20.3 es integral con el dispositivo de captación de imágenes.

- 65 Al mover el soporte 20.3, una de las cabezas 11, 12 termina en una posición en la que se puede fijar al cuerpo 1. El dispositivo de fijación 20.4, 20.5 puede ser un accesorio de fijación de bayoneta que comprende al menos dos

espitas 20.4 en la cabeza 11, 12 y al menos dos ranuras 20.5 en el cuerpo 1 en la carcasa 9. La fijación por atornillado también es posible en esta configuración de medios de acoplamiento 20 mecánicos y automatizados. El dispositivo de fijación de bayoneta también se puede utilizar en los medios de acoplamiento manual. En esta configuración, también el eje de visualización 11.3, 12.3 de la cabeza 11, 12 que está fijada al cuerpo 1 coincide con el eje óptico XX' del tubo intensificador de imágenes 2. Los ejes están limitados a puntos en esta Figura 5.

La frecuencia de la captación de imágenes depende, por supuesto, de la velocidad de extracción de una de las cabezas y de la configuración de la otra. Con los medios automatizados de acoplamiento mecánico se pueden lograr frecuencias más altas.

Para que el dispositivo de imágenes sea útil cuando la radiación gamma circundante es fuerte, es preferible prever que el cuerpo 1 del dispositivo de captación de imágenes esté protegido con respecto a la radiación ambiental. La carcasa 9 del dispositivo de captación de imágenes puede servir como blindaje, si está hecho de un material que tiene una capacidad satisfactoria de detención de la radiación. Estos materiales son de alta densidad, como el plomo, el wolframio o sus aleaciones, incluida la aleación a base de wolframio conocida como Dénal (marca registrada). Esta realización es visible en la Figura 8. Alternativamente, la carcasa 9 puede estar rodeada por un revestimiento exterior extraíble 13 que sirve como blindaje como se ilustra en las Figuras 6A, 6B. Por lo tanto, es posible proporcionar varios revestimientos 13 de diferentes espesores, elegidos según la actividad más o menos importante de las fuentes de irradiación.

En un entorno radiante, el blindaje 13 sirve para proteger los componentes electrónicos del cuerpo 1, como el tubo intensificador de imágenes 2 y el sensor de imagen 3 de la irradiación gamma. Atenúa la radiación gamma que llega al dispositivo de imágenes fuera del campo de visión de la cabeza 11 o 12 utilizada. Es preferible que la cabeza gamma 12 también esté protegida en su escintilador 12.1 contra la radiación gamma como se muestra en la Figura 6A cuando está acoplada al cuerpo 1. Esto limita el campo de visión en modo gamma y reduce el impacto de las fuentes de interferencia gamma localizadas fuera del campo de visión de la cabeza gamma 12. El blindaje 13 rodea el escintilador 12.1 cuando la cabeza gamma 12 está acoplada al cuerpo 1. En la versión donde cada cabeza 12, 11 debe atornillarse individualmente al cuerpo 1, el blindaje 13 puede extenderse a la rosca hembra 20.1 que rodea el cuerpo 1, por ejemplo. La Figura 6B representa el dispositivo de captación de imágenes 100 con el blindaje 13 y la cabeza alfa 11 acoplados al cuerpo 1. Alternativamente, es posible que el blindaje 13 sea modular con una parte principal 13.1 alrededor del cuerpo 1 y una parte adicional 13.2 con forma de anillo alrededor de una parte de la cabeza, especialmente el escintilador 12.1 de la cabeza gamma 12 cuando esta última está acoplada al cuerpo 1.

Cuando el entorno en el que se encuentra el dispositivo de imágenes dual no está irradiando, no se puede usar el blindaje alrededor del cuerpo 1, especialmente si el dispositivo de imágenes está diseñado para adquirir una imagen de fuentes de contaminación alfa (Figura 7B). El dispositivo de imágenes dual es más ligero y más manejable sin blindaje. Sin embargo, en una aplicación para detectar fuentes de irradiación gamma, sin irradiación ambiental, puede preverse colocar un anillo de blindaje 13.2 alrededor del escintilador 12.1 como se muestra en la Figura 7A tener en cuenta únicamente la radiación gamma en el campo de visión de la cabeza gamma.

Además, es posible que el dispositivo de imagen dual de la invención esté equipado con un detector de espectrometría gamma colimado 30, directa o indirectamente integral con el cuerpo 1. El detector de espectrometría gamma colimado 30 tiene un campo de visión que se extiende alrededor de un eje 32, que es paralelo al eje óptico XX' del tubo intensificador de imágenes 2. Dicho detector de espectrometría gamma colimado 30 puede ser similar al descrito en la solicitud de patente FR 2 879 304 del mismo solicitante.

El colimador de espectrometría gamma 31 está hecho de material denso; su densidad será mayor que la del acero. Este material, por ejemplo, puede estar hecho de plomo y/o wolframio y/o cobre. El colimador 31 es integral con el cuerpo 1 del dispositivo de captación de imágenes.

El dispositivo de imágenes dual objeto de la invención también puede equiparse, como se describe en la solicitud de patente mencionada anteriormente, con un puntero láser 33. El puntero láser 33 está acoplado con el detector de espectrometría gamma colimado 30. Es integral directa o indirectamente con el cuerpo 1 del dispositivo de captación de imágenes. Puede colocarse dentro del colimador de rayos gamma 31 o en el exterior.

El puntero láser 33 tiene un eje de visualización 34 que es paralelo al eje óptico XX' del tubo intensificador de imágenes 2 y está apuntado hacia la escena a fotografiar.

Como se ha descrito anteriormente, la imagen visible tomada por el dispositivo de captación de imágenes 100, cuando una de las cabezas 11 o 12 está acoplada al cuerpo 1, es una imagen monocromática, que resulta en una imagen en blanco y negro en el dispositivo de visualización 102. Es posible proporcionar el dispositivo de imágenes dual objeto de la invención con un dispositivo auxiliar de captación de imágenes de tipo cámara en color 35 integral directa o indirectamente con el cuerpo 1 del dispositivo de captación de imágenes. El dispositivo de captación de imágenes puede denominarse dispositivo de captación de imágenes principal. Esta cámara en color 35 tiene un eje de visualización 36 que es paralelo al eje óptico XX' del tubo intensificador de imágenes 2, que apunta hacia la escena observada en la imagen 400. Esta cámara en color 35 puede ser similar a la descrita en la solicitud de

patente mencionada anteriormente.

5 La imagen tomada por la cámara en color 35 y la de tipo gamma o alfa tomada por el dispositivo de imágenes principal 100, ya sea que esté equipada con la cabeza gamma 12 o la cabeza alfa 11, puede ser sustancialmente simultánea.

10 La imagen visible tomada por la cámara en color 35 se superpone luego con la de tipo gamma o alfa tomada por el dispositivo de captación de imágenes 100 provisto con una de las cabezas gamma o alfa 12 u 11 y posiblemente, además, con la de tipo alfa o gamma tomada por el dispositivo de captación de imágenes 100 provisto con la otra cabeza alfa o gamma 11 o 12. De este modo se obtiene una imagen en color de la escena observada 400 sobre las que aparecen de manera visible y precisa las fuentes de irradiación gamma 410 y/o fuentes de contaminación alfa 420 presentes.

15 También es posible proporcionar al dispositivo de imágenes objeto de la invención con un dispositivo de medición de la tasa de dosis no colimada 37 en la periferia del dispositivo de imágenes. Comprende principalmente un soporte de sonda 38 integral directa o indirectamente con el cuerpo 1 del dispositivo de imágenes dual, una sonda de medición 39 de la tasa de dosis, destinada a ser soportada por el soporte de sonda 37 y medios de medición externos conectados a la sonda 37 para medir la tasa de dosis mediante conductores eléctricos 41.

20 También es posible proporcionar el dispositivo de imágenes dual objeto de la invención, un telémetro láser 42 orientable para determinar la distancia de cada fuente de radiación gamma o cada fuente de contaminación alfa de la escena observada en el dispositivo de imágenes dual. La información de la distancia de cada fuente al dispositivo de imágenes dual se utiliza para determinar la actividad de estas fuentes. Al estar localizada una fuente sobre una imagen mostrada por el dispositivo de visualización, el haz láser del telémetro láser 42 está orientado sobre este último mientras lo sigue en el dispositivo de visualización. El haz láser se refleja por la fuente de irradiación o contaminación y el telémetro láser 42 entonces proporciona su distancia. Con esta distancia, es posible determinar la actividad de la fuente de irradiación o contaminación.

30 Ahora describiremos un modo de funcionamiento del dispositivo de imágenes objeto de la invención con referencia a las Figuras 1, 8 y 9. Comenzamos capturando una imagen visible de la escena observada con el dispositivo de imágenes dual. Esta imagen se transfiere al dispositivo de adquisición y procesamiento 101 donde se almacena.

35 Esta imagen puede ser tomada por el dispositivo de imágenes auxiliar, es decir, la cámara en color 35 o por el dispositivo de imágenes principal 100, ya que está equipado con una de sus cabezas 11 o 12.

40 Se captura una imagen gamma o alfa de la escena observada con el dispositivo de captación de imágenes 100, la cabeza gamma 12 o la cabeza alfa 11 se acoplan al cuerpo 1 y, por lo tanto, al tubo intensificador de imágenes 2. Esta imagen gamma o alfa se transfiere al dispositivo de adquisición y procesamiento 101 donde se procesa y almacena. El tratamiento da lugar a una representación de las fuentes de irradiación gamma o fuentes de contaminación alfa que están presentes en la escena observada. El tratamiento puede ser un filtrado. Si solo se desea localizar las fuentes de radiación gamma o de contaminación alfa, la imagen visible se superpone con la imagen gamma o la imagen alfa. Aplicamos las dos imágenes una sobre la otra haciéndolas coincidir para obtener una imagen visible final que revele las fuentes de irradiación gamma o fuentes de contaminación alfa. Esta superposición se realiza en el dispositivo de adquisición y procesamiento 101. La imagen visible final se muestra en el dispositivo de visualización 102. Si la cámara en color 35 ha tomado la imagen visible, se realiza una corrección de paralaje durante la superposición, ya que la cámara en color 35 tiene un eje de visualización 36 que es paralelo pero está desviado del eje de referencia XX' del dispositivo de captación de imágenes de referencia 100.

50 Si se desea obtener una imagen visible final que muestre tanto las fuentes de irradiación gamma como las fuentes de contaminación alfa, la cabeza gamma o alfa 12 u 11 del cuerpo 1 se desacopla, y se reemplaza por la cabeza alfa o gamma 11 o 12. Se captura una imagen alfa o gamma de la escena observada con el dispositivo de captación de imágenes 100. Esta imagen alfa o gamma se transfiere al dispositivo de adquisición y procesamiento 101 donde se procesa y almacena. El tratamiento da lugar a una representación de las fuentes de contaminación alfa o las fuentes de irradiación gamma encontradas en la escena observada. Puede ser un filtrado.

55 La imagen visible se superpone con la imagen gamma o alfa tomada en primer lugar y con la imagen alfa o gamma tomada en segundo lugar. Las tres imágenes se aplican una sobre la otra para hacerlas coincidir a fin de obtener una imagen visible final que revele las fuentes de irradiación gamma y las fuentes de contaminación alfa. Esta superposición se realiza en el dispositivo de adquisición y procesamiento 101. La imagen visible final se muestra en el dispositivo de visualización 102. La corrección de paralaje también se realiza en la imagen visible si ha sido tomada por la cámara en color 35.

65 En la Figura 9 se muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de un modo de operación del dispositivo de imágenes dual. A partir de la adquisición de una imagen visible Iv (bloque 200), hemos representado un primer canal V1 que corresponde a la adquisición de una imagen alfa la (bloque 201), a la superposición de la imagen alfa la sobre la imagen visible Iv para obtener una imagen visible final alfa IFva (bloque 202) y la visualización de la imagen

visible final alfa IFva (bloque 203). También representamos un segundo canal V2 que corresponde a la adquisición de una imagen gamma Ig (bloque 204), la superposición de la imagen gamma Ig sobre la imagen visible Iv para obtener una imagen visible final gamma IFvg (bloque 205) y la visualización de la imagen gamma visible final IFvg (bloque 206). Está representado otro canal V3, a partir de los bloques 200, 201 y 204, la imagen gamma Ig y la imagen alfa Ia se superponen en la imagen visible Iv para obtener una imagen gamma alfa IFvga visible final (bloque 207). El último bloque 208 representa la etapa de visualización de la imagen gamma alfa IFga visible final.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de captación de imágenes (100) que tiene un cuerpo (1) que incluye un tubo intensificador de imágenes (2) que tiene un eje óptico (XX') y que coopera con un sensor de imagen (3),
 5 **caracterizado por que** el dispositivo de captación de imágenes además comprende:
 un conjunto (10) de dos cabezas intercambiables (11, 12), cada una de las cuales tiene un campo de visión definido alrededor de un eje de visualización (11.3, 12.3), comprendiendo el conjunto:
 10 una cabeza gamma (12) que comprende un colimador (12.2) y un escintilador (12.1) para transformar la radiación gamma procedente de una fuente de radiación gamma (410), presente en una escena (400) y que penetra en el colimador (12.2), en la radiación ultravioleta transmitida al tubo intensificador de imágenes (2); y una cabeza alfa (11) que comprende un objetivo transparente al ultravioleta (11.1) para transmitir la radiación ultravioleta generada por la radiación alfa procedente de una fuente de contaminación alfa (420) presente en la escena (400) al tubo intensificador de imágenes (2), siendo el tubo intensificador de imágenes (2) sensible a la radiación ultravioleta procedente de la cabeza alfa (11) y de la cabeza gamma (12),
 15 y medios de acoplamiento (20) acoplar de solo una de las dos cabezas del conjunto (10) a la vez al cuerpo (1), teniendo la cabeza (11 o 12) acoplada su eje de visualización (11.3 o 12.3) coincidente con el eje óptico (XX') del tubo intensificador de imágenes (2) para permitir, para la cabeza gamma (12), que la radiación ultravioleta del escintilador (12.1) alcance el tubo intensificador de imágenes (2) y, para la cabeza alfa (11), que la radiación ultravioleta que la atraviesa alcance el tubo intensificador de imágenes (2).
2. Un dispositivo de captación de imágenes según la reivindicación 1, en el que los medios de acoplamiento (20) son mecánicos.
 25
3. Un dispositivo de captación de imágenes según la reivindicación 2, en el que los medios de acoplamiento (20) son medios de acoplamiento atornillables o de bayoneta.
4. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el cambio de cabeza (11, 12) es manual.
 30
5. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el cambio de cabeza (11, 12) es automático, estando las dos cabezas (11, 12) montadas sobre el mismo soporte solidario (20.3) del dispositivo de captación de imágenes y capaz de desplazarse en rotación y/o en traslación.
 35
6. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el tubo intensificador de imágenes (2) es un tubo intensificador de imágenes ciego a los rayos ultravioleta de origen solar.
7. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el escintilador (12.1) de la cabeza gamma (12) es de fluoruro de bario BaF₂, de tungstato de cadmio CdWO₄, de yoduro de cesio CsI o de germanato de bismuto BGO.
 40
8. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la cabeza gamma (12) tiene un colimador (12.2) de máscara codificada o de tipo poroso.
 45
9. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la cabeza alfa (11) comprende, aguas arriba del objetivo (11.1) con respecto a la escena, un filtro (11.2) de paso de banda ultravioleta.
10. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el cuerpo (1) está provisto de un blindaje (13) para proteger contra la radiación gamma que llega fuera del campo de visión de la cabeza (11, 12) que está acoplada a él.
 50
11. Un dispositivo de captación de imágenes según la reivindicación 10, en el que el blindaje (13) también protege al escintilador (12.1) de la cabeza gamma (12), cuando está acoplado al cuerpo (1), contra la radiación gamma que llega a la cabeza gamma fuera de su campo de visión.
 55
12. Un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende además al menos un elemento solidario directa o indirectamente con el cuerpo (1), seleccionándose este elemento entre un detector de espectrometría gamma colimado (30), un puntero láser (33), una cámara en color (35), un medidor de la tasa de dosis no colimada (39), o un telémetro láser (42) orientable.
 60
13. Un dispositivo de captación de imágenes que comprende un dispositivo de captación de imágenes según una de las reivindicaciones 1 a 12 y, además, un dispositivo de adquisición y procesamiento (101) para adquirir imágenes, conectado al sensor de imágenes (3) y un dispositivo de visualización (102) conectado al dispositivo de adquisición y procesamiento (101) para mostrar imágenes visibles de la escena (400), destacando una o más fuentes de radiación gamma (410) y/o una o más fuentes de contaminación alfa (420) allí presentes.
 65

14. Un método para detectar y localizar fuentes de radiación gamma o fuentes de contaminación alfa usando un dispositivo de imágenes según la reivindicación 13, en el que:

5 se captura con el dispositivo de imágenes una imagen visible (Iv) de la escena observada,
se transfiere esta imagen visible (Iv) al dispositivo de adquisición y procesamiento donde se almacena,
se captura una imagen gamma o alfa (I_g o I_a) de la escena observada con el dispositivo de captación de
imágenes, estando la cabeza gamma o la cabeza alfa acopladas al cuerpo del dispositivo de captación de
10 imágenes,
se transfiere la imagen gamma o alfa (I_g o I_a) de la escena observada al dispositivo de adquisición y
procesamiento, donde se almacena,
se superpone la imagen gamma o alfa (I_g o I_a) a la imagen visible (Iv) para obtener una imagen visible final (IF_g
o IF_v).

15. Un método para detectar y localizar fuentes de radiación gamma y fuentes de contaminación alfa, en el que:

15 se lleva a cabo el método de la reivindicación 14, excepto por la superposición, después de la etapa de capturar
la imagen gamma o alfa (I_g o I_a) de la escena observada,
se desacopla la cabeza gamma o la cabeza alfa del cuerpo,
se acopla la cabeza alfa o la cabeza gamma al cuerpo,
20 se captura con el dispositivo de captación de imágenes una imagen alfa o gamma (I_a o I_g) de la escena
observada,
se transfiere la imagen alfa o gamma (I_a o I_g) de la escena observada al dispositivo de adquisición y
procesamiento, donde se almacena,
se superponen la imagen gamma o alfa (I_g o I_a) y la imagen alfa o gamma (I_a o I_g) a la imagen visible (Iv) para
25 obtener la imagen visible final (IF_{vga}).

16. Un método para detectar y localizar fuentes de radiación gamma y/o fuentes de contaminación alfa según una de
las reivindicaciones 14 o 15 en donde la imagen visible (Iv) se captura con el dispositivo de captación de imágenes
provisto con la cabeza gamma o la cabeza alfa, o con la cámara en color.

30

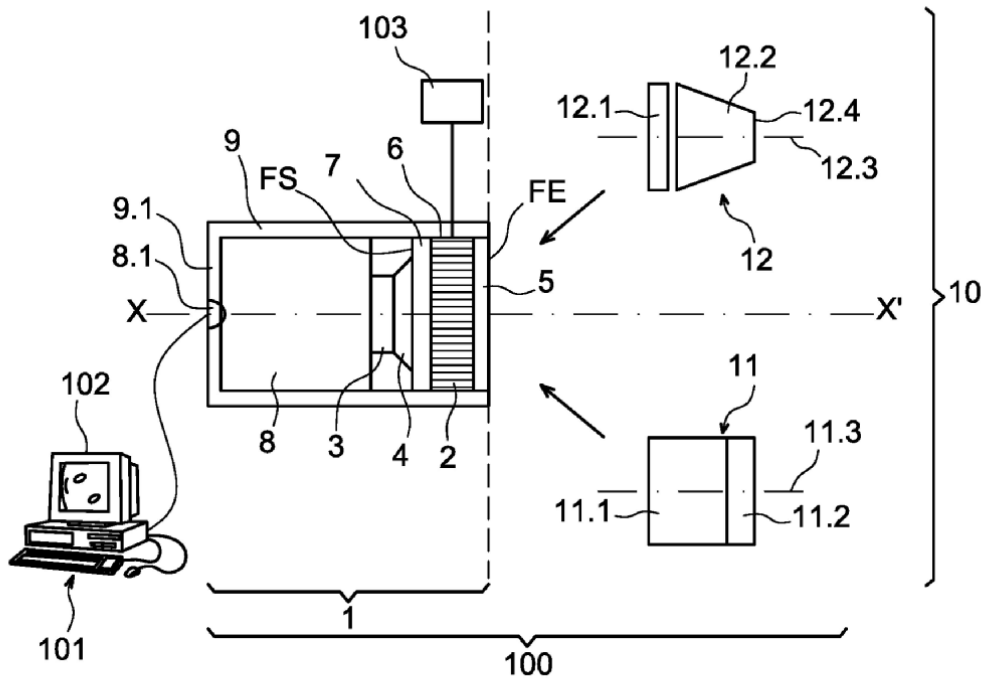


FIG. 1

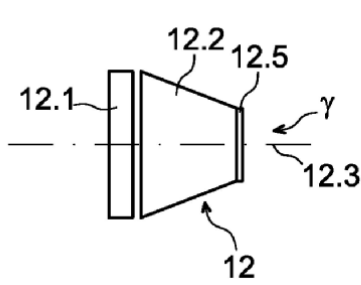


FIG. 2A

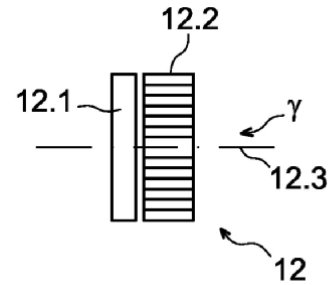


FIG. 2B

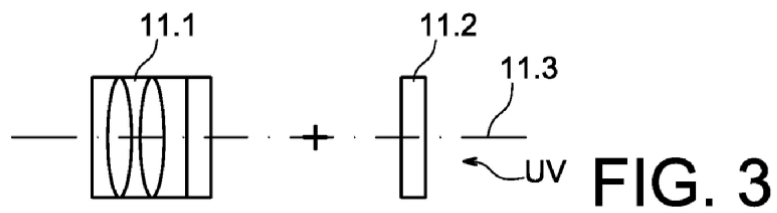


FIG. 3

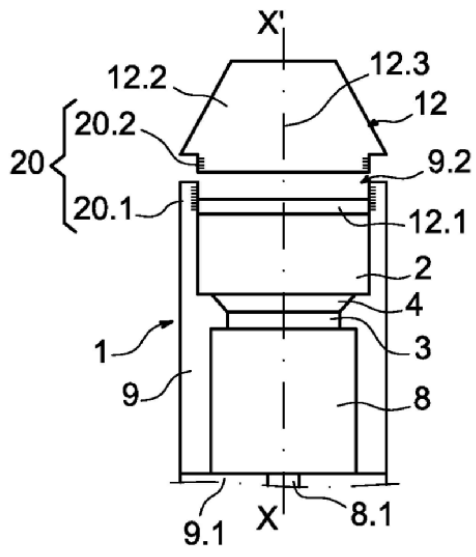


FIG. 4A

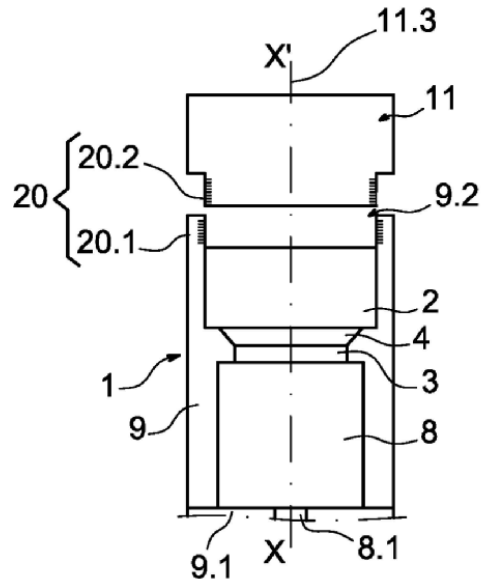


FIG. 4B

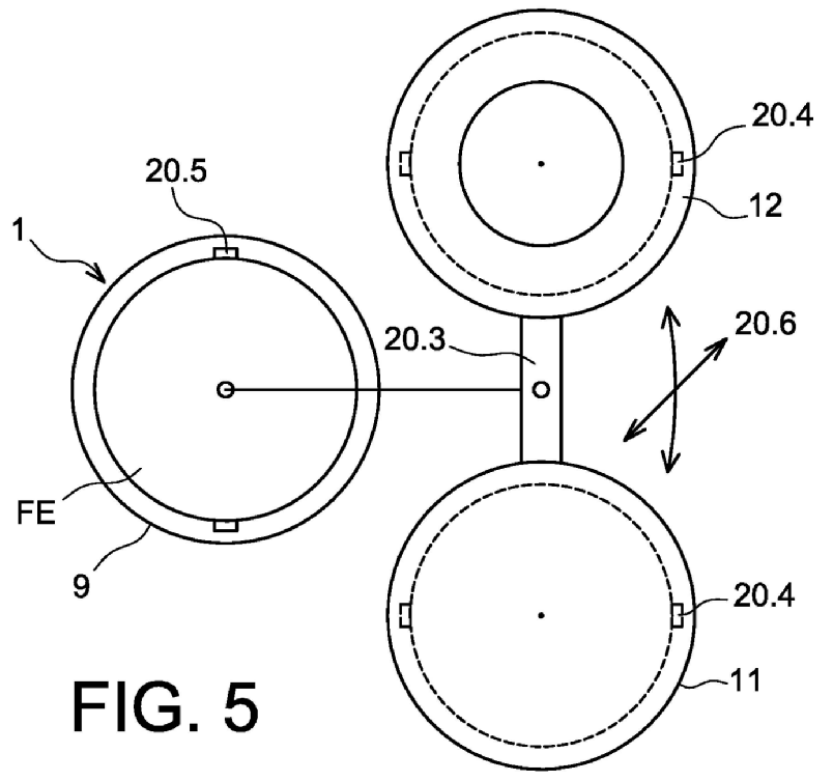
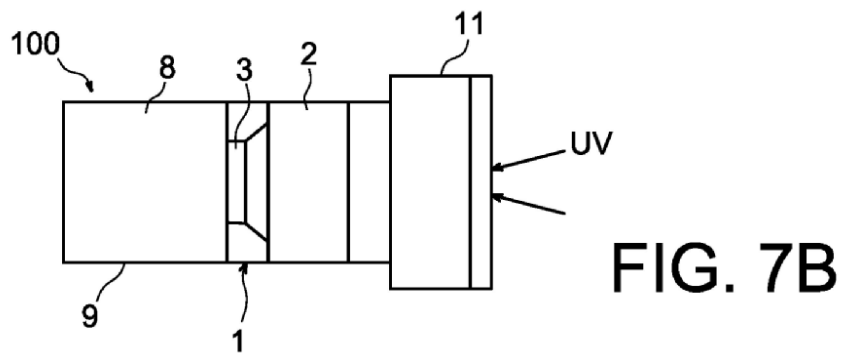
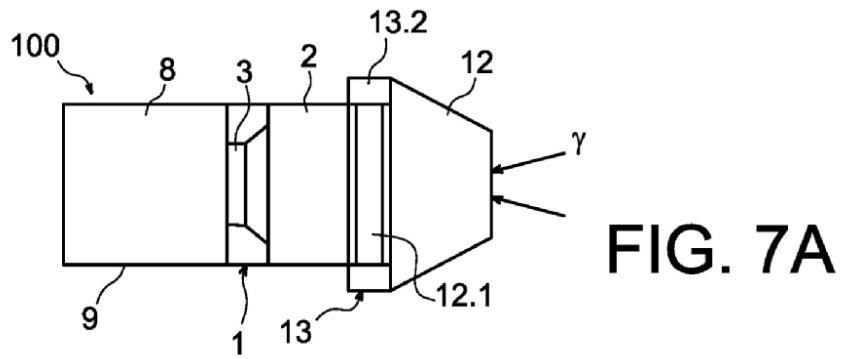
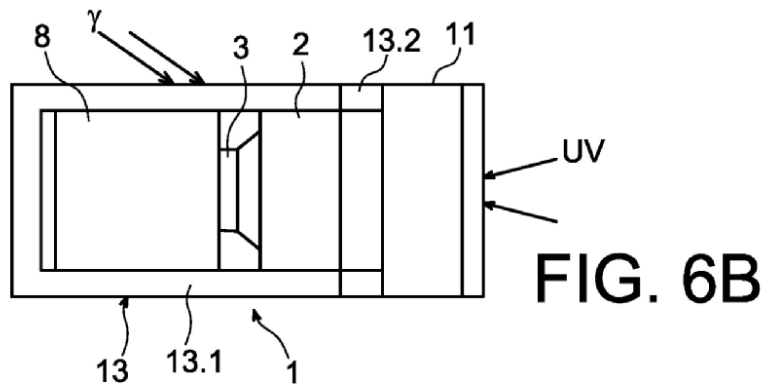
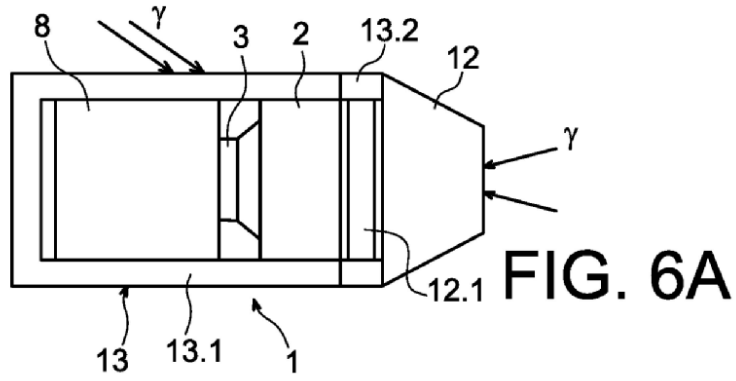


FIG. 5



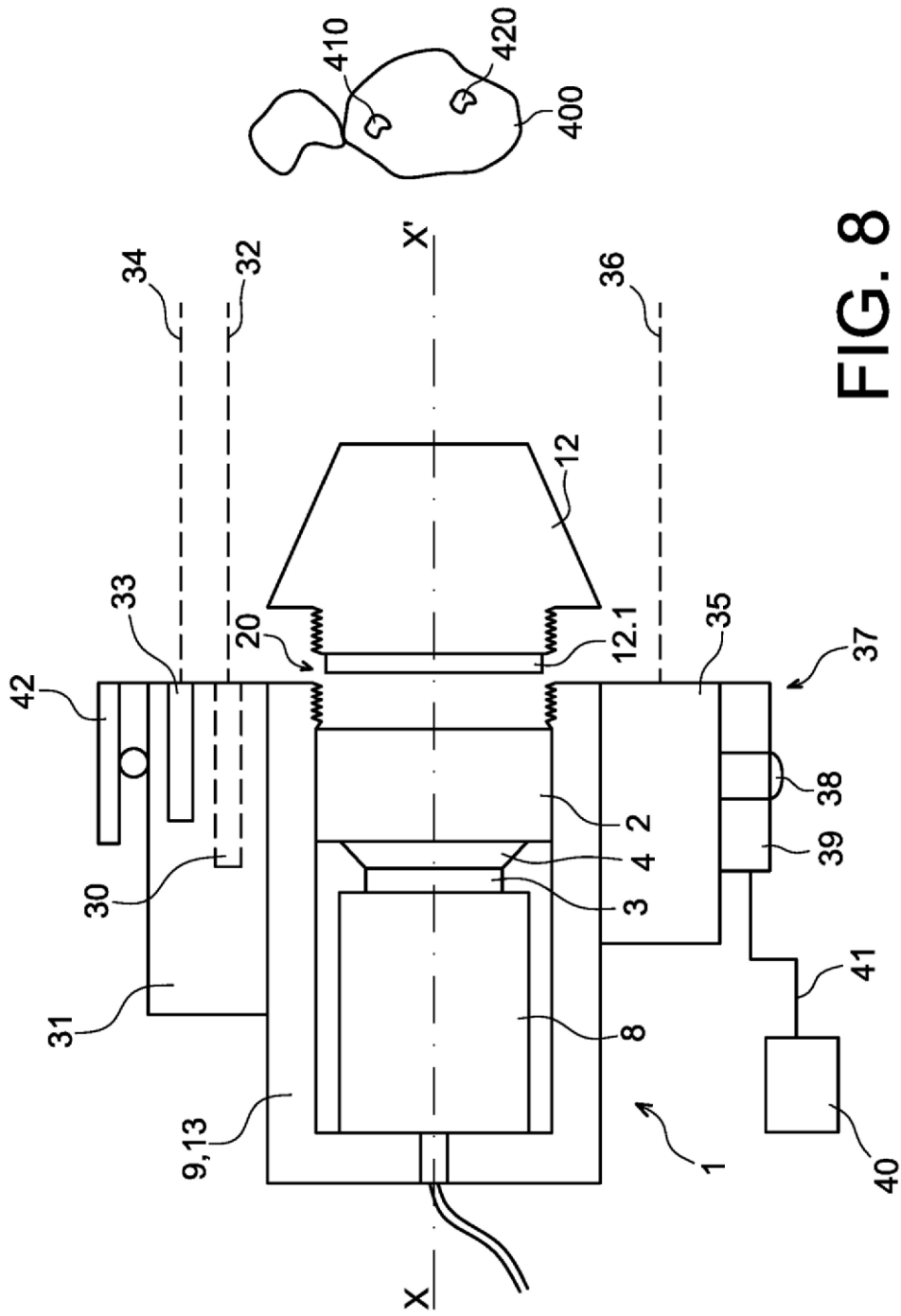


FIG. 8

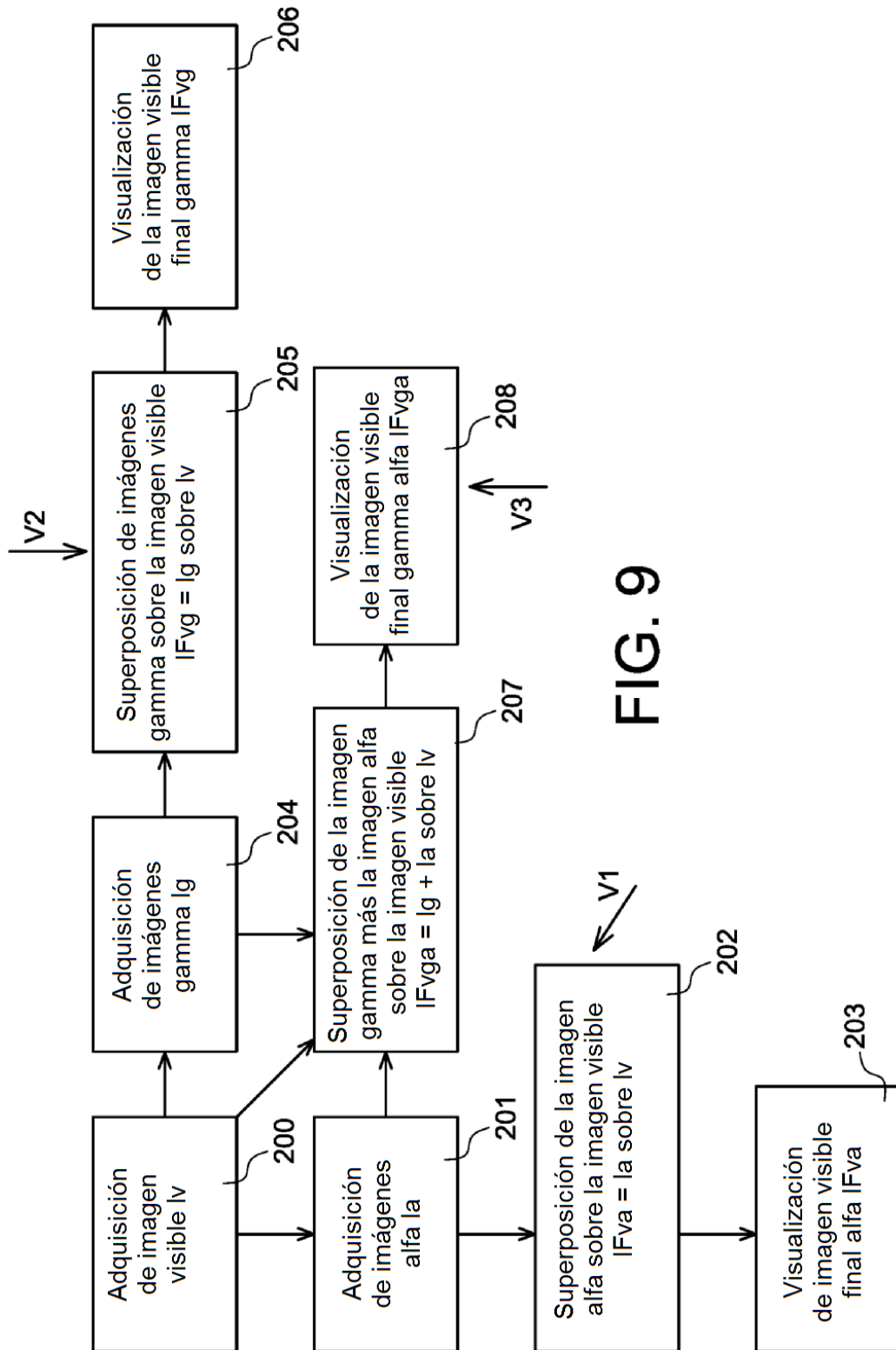


FIG. 9