

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 810 773**

51 Int. Cl.:

A61B 90/00 (2006.01)

G01T 1/161 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2014 PCT/US2014/045165**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.01.2015 WO15003020**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2014 E 14819862 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3016608**

54 Título: **Sonda gamma con control de pieza de mano de parámetros de detección**

30 Prioridad:

01.07.2013 US 201361841581 P

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

09.03.2021

73 Titular/es:

FAXITRON BIOPTICS, LLC (100.0%)

3440 E Britannia Dr

Tucson, AZ 85706, US

72 Inventor/es:

YARNALL, STEPHEN T.;

KINDEM, JOEL y

CONWELL, RICHARD L.

74 Agente/Representante:

MARTÍN DE LA CUESTA, Alicia María

ES 2 810 773 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

Sonda gamma con control de pieza de mano de parámetros de detección

5 Antecedentes

Esta solicitud se refiere a dispositivos, técnicas y sistemas para detectar concentraciones de radionúclidos inyectados usando una sonda de absorción nuclear portátil.

10 En medicina, las sondas de absorción nuclear portátiles, con su retroalimentación audible y lecturas de tasa de recuento, se usan para ubicar estructuras y regiones en las que están presentes radionúclidos inyectados, tal como en cirugía radioguiada de ganglio linfático centinela y glándula paratiroidea con radiomarcadores inyectados de Tc-99 sestamibi y Tc-99-coloide de azufre. Dos parámetros importantes para una cirugía satisfactoria guiada por sonda nuclear son la sensibilidad a fotones de alta energía de la sonda y su resolución espacial.

15 Estos parámetros pueden modificarse para una sonda dada de varias maneras. Aumentar o disminuir la ventana de aceptación de energía puede afectar a si se cuentan más o menos fotones dispersados. Ampliar la ventana de energía aumenta la sensibilidad a fotones, pero disminuye la resolución espacial ya que se cuentan más fotones de alta energía dispersados. Estrechar la ventana de energía aumenta la resolución espacial, pero disminuye la sensibilidad a fotones ya que se cuentan menos fotones de alta energía dispersados.

20 El documento US 6.771.802 (Patt, 2004) describe un sistema de sonda de obtención de imágenes portátil que incluye una sonda de rayos gamma y un ordenador para ubicar y examinar la distribución de radiación concentrada en tejido. El sistema de sonda de obtención de imágenes puede funcionar en un modo de obtención de imágenes, un modo de no obtención de imágenes (por ejemplo, modo de conteo simple), o ambos simultáneamente.

30 El documento US 6.191.422 (Thurston, 2001) describe un sistema quirúrgico que incluye una sonda de radiación portátil que tiene un cristal de semiconductor compuesto, en el cual el sistema, usando un campo eléctrico generado polarizado hace que la sonda funcione en un modo de funcionamiento dependiente de atrapamiento. Usando el semiconductor compuesto, la sonda está diseñada para detectar y ubicar radionúclidos de energía gamma relativamente más alta. El atrapamiento de portadores se genera mediante radiación que interfiere sobre la cara delantera del cristal.

35 El documento US 5.732.704 (Thurston, 1998) describe un sistema quirúrgico que incluye una sonda de radiación portátil, en el que el sistema está diseñado para identificar ganglios linfáticos centinela, por ejemplo, ubicados dentro de una agrupación de ganglios regionales en una cuenca de drenaje linfático asociada con tejido neoplásico, usando un radiofármaco inyectado en la ubicación del tejido neoplásico. El documento US 2004/0054248 describe una sonda de emisión radiactiva en la que se utiliza un colimador de gran apertura. La posición de la sonda se monitoriza de manera precisa durante su uso, de modo que el efecto de desenfoque de la gran apertura puede corregirse matemáticamente, obteniendo de ese modo la equivalencia de colimación de apertura fina.

Sumario

45 Según la invención se proporciona una sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil tal como se define en las reivindicaciones 1-11. En concordancia adicional con la invención, se proporciona un método de hacer funcionar una sonda quirúrgica de este tipo, tal como se define en la reivindicación 12. Se describen dispositivos, técnicas y sistemas para facilitar la identificación de una zona objetivo durante un procedimiento quirúrgico de radiolocalización guiado por sonda. El aparato, técnicas y sistemas descritos pueden usarse para implementar un controlador en modo de absorción nuclear integrado en una sonda para permitir que un usuario conmute de manera instantánea entre múltiples modos de absorción nuclear. Es decir, el controlador de modo de absorción nuclear integrado en la sonda puede usarse para conmutar de manera instantánea entre un modo de absorción nuclear de alta sensibilidad y un modo de absorción nuclear de alta resolución para identificar de manera efectiva la zona objetivo incluso en presencia de señales nucleares interferentes haciendo coincidir mejor los parámetros de detección nuclear de la sonda a una tarea de búsqueda para esa zona objetivo.

55 En una implementación, se describe un aparato para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear para incluir una sonda quirúrgica de absorción nuclear con la capacidad de responder directamente a entradas del operario para cambiar parámetros de absorción nuclear desde el interior del campo quirúrgico estéril. El aparato incluye un conmutador ubicado en una pieza de mano de la sonda quirúrgica para cambiar los parámetros de absorción nuclear. Los parámetros de absorción nuclear incluyen la ventana de aceptación de energía de fotones.

60 En otra implementación, se describe un método para realizar un procedimiento de localización quirúrgica radioguiada para incluir la modificación de una ventana de aceptación de energía de fotones de un sistema de sonda gamma de absorción nuclear a partir del campo estéril durante un procedimiento quirúrgico.

65 En otra implementación, se describe una sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la

radiolocalización de tejidos con emisión nuclear, una sonda quirúrgica de absorción nuclear. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil tal como se describe, incluye un controlador de modo de absorción nuclear configurado para conmutar de manera selectiva entre dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear directamente a partir de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil durante la realización de radiolocalización de tejidos con emisión nuclear, en la que los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear tienen diferentes parámetros de absorción nuclear.

El controlador de modo de absorción nuclear está configurado para cambiar los parámetros de absorción nuclear. Los parámetros de absorción nuclear incluyen una ventana de aceptación de energía de fotones. El controlador de modo de absorción nuclear puede integrarse en un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil. El controlador de modo de absorción nuclear incluye un conmutador físico ubicado en un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para conmutar entre los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear. El controlador de modo de absorción nuclear puede incluir una pantalla táctil ubicada en un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para conmutar entre los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear. El controlador de modo de absorción nuclear puede estar sellado sobre un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para satisfacer un ambiente estéril. El controlador de modo de absorción nuclear puede estar configurado para recibir un recinto para sellar el controlador de modo de absorción nuclear sobre la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para satisfacer un ambiente estéril. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil incluye una unidad de sensor para detectar de manera selectiva fotones gamma asociados con tejidos con emisión nuclear en los dos o más modos de absorción nuclear basándose en cambios en la ventana de aceptación de energía de fotones. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil puede incluir un medio de comunicación configurado para intercambiar datos con una unidad de control del sistema de sonda externa. El medio de comunicación puede incluir un medio de comunicación inalámbrica. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil puede incluir una unidad de notificación configurada para proporcionar retroalimentación a un usuario, en la que la retroalimentación incluye información asociada con los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear. La unidad de notificación puede integrarse en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil. Los algoritmos para generar la retroalimentación pueden ser diferentes para cada modo seleccionable de absorción nuclear. La información de retroalimentación asociada con los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear puede incluir identificación de uno seleccionado actualmente de los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear. La información de retroalimentación puede incluir información audible.

En aún otra implementación, se describe un método de hacer funcionar una sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil. El método incluye recibir, directamente en un controlador en modo de absorción nuclear dispuesto en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, una entrada que inicia una conmutación desde un modo de funcionamiento de absorción nuclear a otro modo de funcionamiento de absorción nuclear mientras que la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil está en funcionamiento, en el que los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear tienen diferentes parámetros de absorción nuclear. En respuesta a la entrada recibida directamente desde el controlador de modo de absorción nuclear dispuesto en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, la sonda de absorción nuclear portátil puede conmutar al otro modo de funcionamiento de absorción nuclear.

En respuesta a la entrada recibida directamente desde el controlador de modo de absorción nuclear dispuesto en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, la sonda de absorción nuclear portátil puede modificar una ventana de aceptación de energía de fotones de alta energía de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil asociada con el otro modo de funcionamiento de absorción nuclear. El método puede incluir, en respuesta a la entrada recibida directamente desde el controlador en modo de absorción nuclear dispuesto en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, emitir información de retroalimentación desde una unidad de notificación de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, en el que la información de retroalimentación incluye información asociada con los modos de funcionamiento de absorción nuclear.

En aún otra implementación, se describe un método de hacer funcionar una sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil durante un procedimiento quirúrgico de radiolocalización. El método incluye, mientras que la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil está en funcionamiento durante el procedimiento quirúrgico de radiolocalización, conmutar de manera selectiva entre dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear directamente a partir de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, en la que los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear tienen diferentes parámetros de absorción nuclear.

El método incluye conmutar de manera selectiva entre dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear, comprende modificar una ventana de aceptación de energía de fotones de alta energía de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil. El método puede incluir conmutar de manera selectiva entre dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear directamente a partir de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil; se realiza dentro de un campo quirúrgico estéril.

En aún otras implementaciones, se describe una sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear, la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir

un colimador que tiene una abertura, estando el colimador configurado para bloquear que fotones gamma que están fuera del campo de visión del colimador pasen a través del colimador. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir una ventana transparente a fotones gamma configurada para bloquear que entre luz en la abertura del colimador. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir un centelleador configurado para producir fotones de centelleo en proporción a la energía de un fotón gamma que pasa a través del colimador y que entra en el centelleador. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir un fotodiodo acoplado de manera óptica configurado para convertir los fotones de centelleo producidos por el centelleador en un impulso de carga inducida proporcional a un número de los fotones de centelleo producidos. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir un blindaje de protección para bloquear que entren señales de fotones gamma en el fotodiodo acoplado de manera óptica desde un extremo trasero opuesto de la abertura de colimador. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir una unidad de procesamiento de señales configurada para procesar el impulso de carga inducida para dar un impulso de tensión con amplitud que representa la energía del fotón gamma entrante para recoger en un recuento de impulsos de tensión aceptados. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir un controlador de modo de absorción nuclear integrado en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil, el controlador en modo de absorción nuclear configurado para conmutar de manera selectiva entre dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear que tienen diferentes ventanas de aceptación de nivel de energía usadas por la unidad de procesamiento de señales para obtener el recuento de impulsos de tensión aceptados. La sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear puede incluir un medio de comunicación inalámbrica configurado para intercambiar datos con un dispositivo externo.

El controlador de modo de absorción nuclear puede integrarse en un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil. El controlador de modo de absorción nuclear incluye un conmutador físico ubicado en un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para conmutar entre los dos o más modos de funcionamiento de absorción nuclear. El controlador de modo de absorción nuclear puede sellarse sobre un mango de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para satisfacer un ambiente estéril. El controlador de modo de absorción nuclear puede estar configurado para recibir un recinto para sellar el controlador de modo de absorción nuclear sobre la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil para satisfacer un ambiente estéril.

Los anteriores y otros aspectos, características e implementaciones se describen con mayor detalle en los dibujos, la descripción y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un sistema de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo.

La figura 2A muestra una vista lateral en sección transversal de una pieza de mano de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo.

La figura 2B muestra una vista en perspectiva tridimensional de una pieza de mano de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo.

La figura 2C muestra una vista lateral en sección transversal de una unidad de sensor a modo de ejemplo de una pieza de mano de una sonda de absorción nuclear.

La figura 2D muestra una vista en perspectiva tridimensional de una guía de luz óptica a modo de ejemplo y una unidad de reflector de una pieza de mano de sonda de absorción nuclear.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra un procedimiento a modo de ejemplo de detección de un fotón nuclear, después el procesamiento del fotón para la retroalimentación al usuario.

La figura 4 muestra un espectro de energía de una sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de localización nuclear a modo de ejemplo que usa una sonda portátil multimodo.

Los símbolos de referencia y designaciones similares en los diversos dibujos indican elementos similares.

Descripción detallada

Pueden usarse dispositivos, técnicas y sistemas descritos en este documento en diversas implementaciones para ubicar de manera más rápida y precisa concentraciones de radionúclidos, permitiendo al usuario hacer coincidir de manera más rápida y más estrecha características de respuesta de una sonda de absorción nuclear con una tarea

de búsqueda para ubicar concentraciones de radionúclidos. El conjunto de circuitos de detección de sonda gamma está diseñado para permitir cambiar las características de detección (“modos”) usando un conmutador montado en la sonda. Por ejemplo, cuando un usuario está examinando grandes zonas de una anatomía, el usuario puede preferir comenzar en un modo de alta sensibilidad que permite un movimiento de sonda más rápido y la detección de señales tenues o débiles asociadas con la concentración de radionúclidos que emanan desde regiones o estructuras profundas dentro de las zonas inspeccionadas. Una vez que se han identificado aproximadamente las ubicaciones de las señales débiles, el usuario puede conmutar a un modo de absorción nuclear de alta resolución para ubicar de manera lenta y más precisa la fuente de las emisiones tal como se necesita para guiar una disección quirúrgica o para diferenciar una señal focal que emana desde un ganglio centinela cerca de un sitio de inyección intersticial de radionúclidos.

Existe un número de beneficios potenciales al enfoque de conmutación de modo de absorción nuclear descrito anteriormente. Por ejemplo, pueden usarse detectores más pequeños, que pueden estar contenidos en puntas de sondas más compactas, para optimizar o aumentar la utilidad intersticial. Además, los detectores más pequeños contienen menos materiales de detección de fotones de alta energía usados para detectar radionúclidos, ahorrando costes. Además, los detectores más pequeños pueden blindarse y colimarse usando menos material de alto Z (por ejemplo, tungsteno), con ahorros de coste adicionales. Pueden usarse implementaciones de la tecnología dada a conocer en esta solicitud para proporcionar una combinación de una pieza de mano de sonda compacta con controles montados en una pieza de mano para conmutar modos de funcionamiento, que permiten al cirujano hacer funcionar la sonda en el ambiente estéril del campo quirúrgico mientras que conmuta de manera rápida y fácil de ida y vuelta entre múltiples modos de absorción nuclear, *in situ*, sin dejar el campo quirúrgico estéril. Esta combinación puede facilitar y mejorar la tarea de búsqueda para identificar las ubicaciones de la concentración de radionúclidos dentro de las zonas de inspección sin ayuda de otros fuera del campo estéril incluyendo el personal del quirófano.

Los dispositivos, las técnicas y los sistemas descritos pueden mejorar potencialmente la localización guiada por sonda nuclear de tejidos que emiten radiación. De particular interés, es aumentar la utilidad de una sonda portátil durante la cirugía proporcionando control de usuario de los parámetros de aceptación de ventana de energía, los beneficios que incluyen facilitar la localización, la capacidad de reducir el tamaño de la sonda y la invasividad, y minimizar el coste de la sonda. Además, el usuario (por ejemplo, un cirujano) puede hacer funcionar la sonda para aislar la ubicación de los tejidos que emiten radiación desde el principio hasta el final sin ninguna interrupción o sin necesitar tener que apartar la vista o alejarse de los tejidos objetivo que emiten radiación.

La ventana de energía de una sonda de absorción nuclear dada se ha establecido normalmente para proporcionar el mejor o ideal compromiso entre la sensibilidad a fotones de alta energía y el rechazo de dispersión Compton (Efecto Compton). De esta manera, el usuario puede lograr un equilibrio entre el rendimiento de la sonda de absorción nuclear en una inspección rápida de zonas de hipercaptación radiactivas o tejidos que emiten radiación y en localizar de manera precisa una región o estructura radiactiva. Una ventana de energía más amplia permite más impulsos de tensión aceptados, conocidos como “recuentos,” convertidos a partir de fotones detectados que pueden usarse por el procesador de tasa de recuentos de la sonda de absorción nuclear para producir retroalimentación de usuario con menor variación estadística, a la vez que permite una respuesta de cálculo de tasa de recuentos más corta para proporcionar conjuntamente una fidelidad mejorada de retroalimentación de tasa de recuentos. Esto permite que el usuario mueva la sonda de absorción nuclear más rápido y que inspeccione zonas amplias (por ejemplo, múltiples lechos ganglionares) en menos tiempo o que busque señales tenues (por ejemplo, ganglios centinela profundos). Las ventanas de energía más estrechas rechazan más dispersión Compton, mejorando la resolución espacial de la sonda y permitiendo que el usuario ubique de manera más precisa estructuras o regiones focales y que ubique zonas de hipercaptación radiactivas cerca del sitio de inyección de radionúclidos.

Los dispositivos, las técnicas y los sistemas descritos permiten que el usuario cambie rápidamente los parámetros de absorción nuclear de una sonda de absorción nuclear desde el campo quirúrgico estéril sin cambiar la sonda. En este documento se describen diversas características técnicas del dispositivo, las técnicas y los sistemas, y ejemplos asociados.

Sonda de absorción nuclear multimodo portátil

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un sistema 100 de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo, que incluye un dispositivo de procesamiento, tal como una unidad 105 de control de sistema de sonda externa, para procesar los datos de recuentos recibidos desde una pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear (es decir, una sonda portátil). Un controlador de modo de absorción nuclear, tal como el conmutador 102 de modo, está ubicado e integrado en la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear, proporcionando al usuario acceso directo a un mecanismo para cambiar o conmutar entre múltiples ventanas de aceptación de energía desde un campo 103 quirúrgico estéril. El usuario puede conmutar entre múltiples modos de absorción nuclear simplemente interactuando con el conmutador 102 de modo sin interrupción y sin tener que mover o apartar la vista de la zona de tejido que se está inspeccionando. Por tanto, el usuario puede identificar la ubicación de la concentración de radionúclidos que emiten señales desde regiones o estructuras profundas dentro de la zona inspeccionada. Puede usarse un medio de comunicación, tal como un cable 104, para transmitir señales electrónicas entre la sonda portátil y la unidad 105 de control de sistema de sonda externa. En algunas implementaciones, el cable 104 podría

sustituirse por una conexión inalámbrica tal como un enlace inalámbrico de RF para proporcionar más libertad de movimiento de la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear, durante la cirugía. La unidad 105 de control de sistema de sonda externa, puede incluir un indicador 106, que visualiza la selección de modo de ventana de aceptación de energía actual. El indicador 106, puede visualizar la ventana de aceptación de energía seleccionada usando diversas presentaciones gráficas que incluyen luces indicadoras físicas integradas en la unidad 105 de control de sistema de sonda externa, luces indicadoras virtuales visualizadas en un dispositivo de visualización (no mostrado), nombres de los modos de absorción nuclear seleccionados visualizados en un dispositivo de visualización, u otras indicaciones visuales similares.

En algunas implementaciones, el indicador 106 puede incluir un indicador de audio además de, o en lugar de, un indicador visual. Los ejemplos de indicadores de audio incluyen diversos sonidos audibles que identifican el modo de absorción nuclear seleccionado para el cirujano sin requerir que el cirujano mire a un panel de visualización o indicador en la unidad 105 de control de sistema de sonda externa. Los diversos sonidos audibles pueden incluir diferentes tonos para representar diferentes modos o los nombres reales de los diferentes modos. Además, pueden implementarse otros indicadores visuales y de audio similares.

En algunas implementaciones, los indicadores visuales y/o de audio pueden integrarse en la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear con el fin de proporcionar retroalimentación que identifica el modo de absorción nuclear seleccionado sin distraer o interrumpir al usuario. Por tanto, el usuario puede obtener retroalimentación sobre el modo de absorción nuclear seleccionado sin interrupción y sin alejarse o apartar la vista de la zona inspeccionada.

La figura 2A muestra una vista lateral en sección transversal de una pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo y la figura 2B muestra una vista en perspectiva tridimensional de una pieza de mano de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo. Las figuras 2A y 2B en combinación ilustran diversos componentes integrados en la pieza de mano de sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo. Tal como se muestra, la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear tiene un conmutador 102 de modo integrado, tal como un conmutador 202 de botón pulsador, que sobresale al menos parcialmente a través del mango 212, para conmutar entre múltiples modos de absorción nuclear. Cada uno de los múltiples modos de absorción nuclear tiene diferentes parámetros de absorción nuclear, tales como la ventana de aceptación de energía de la sonda de absorción nuclear portátil durante el funcionamiento. Se describen diferentes ventanas de aceptación de energía de la sonda de absorción nuclear portátil con respecto a la figura 3 a continuación. Por tanto, la conmutación entre diferentes modos de funcionamiento de absorción nuclear cambia la ventana de aceptación de energía de la sonda nuclear portátil durante el funcionamiento.

El mango 212 está diseñado para permitir el funcionamiento con una mano de la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear. Por ejemplo, el funcionamiento con una mano incluye tener el conmutador 102 de modo integrado, tal como el conmutador 202 de botón pulsador, colocado en el mango 212, para el accionamiento mediante al menos un dedo de un usuario mientras que sujeta la pieza de mano de sonda de absorción nuclear con una mano, la misma mano cuyo al menos un dedo se usa para accionar el conmutador 102 de modo integrado.

La pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear incluye una unidad 215 de sensor de fotones gamma, para percibir o detectar fotones gamma. La unidad 215 de sensor de fotones gamma incluye un colimador 203 integrado para colimar o dirigir fotones gamma, un centelleador 204 para convertir los fotones gamma recibidos en fotones ópticos y un fotodiodo 207 acoplado de manera óptica para recoger y detectar los fotones ópticos desde el centelleador 204. El colimador 203 integrado trabaja junto con el funcionamiento multimodo de la pieza de mano de sonda de absorción nuclear para bloquear que entren fotones gamma que están fuera de su campo de visión en el centelleador 204. La abertura física del colimador 203 se sella mediante una ventana 206 transparente a los rayos gamma, que impide que la luz ambiental alcance el fotodiodo 207. Esta ventana 206 transparente a los rayos gamma puede estar compuesta por una variedad de materiales adecuados incluyendo, por ejemplo, un material de sellado biocompatible y hermético tal como silicona. Cuando un rayo gamma pasa a través de la abertura en el colimador 203, el rayo gamma entra en el centelleador 204, produciendo fotones de centelleo en proporción a la energía del rayo gamma. Las técnicas descritas en este documento pueden usarse para obtener una recogida de luz uniforme desde el centelleador 204, tal como un cristal de centelleo de yoduro de cesio (CsI) o materiales similares. Obtener una recogida de luz uniforme desde el centelleador 204 puede ser un factor que permita obtener una resolución de energía fina, por ejemplo, una resolución de energía del 10%. Los fotones de centelleo se convierten mediante el fotodiodo 207 acoplado de manera óptica en un impulso de carga inducida proporcional al número de fotones de centelleo. El fotodiodo 207 acoplado de manera óptica puede incluir fotodiodos de baja corriente de fuga, lo que permite adicionalmente una resolución de energía fina.

La pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear también incluye una unidad de procesamiento de señales tal como los componentes 208 electrónicos de extremo delantero para procesar el impulso de carga inducida para dar un impulso de tensión con amplitud que representa la energía del fotón gamma entrante para la recogida potencial mediante el procesador 216 de ventana de aceptación de energía en un "recuento", que se procesa para proporcionar retroalimentación de usuario. El procesador de aceptación de ventana de energía puede implementarse usando un microprocesador de bajo coste u otros dispositivos de procesamiento similares y puede realizar otras funciones en la sonda de absorción nuclear portátil. Los componentes 208 electrónicos de extremo delantero puede

incluir un conjunto de circuitos de procesamiento, tal como un circuito integrado específico de aplicación (ASIC) de señal mixta y baja potencia para realizar integración de carga potenciada o casi óptima y condicionamiento de señales para el centelleador 204 y el fotodiodo 207 acoplado de manera óptica. Un ASIC puede ser un sistema en chip (SoC) que incluye microprocesadores, bloques de memoria que incluyen ROM, RAM, EEPROM, memoria flash y otros grandes bloques de construcción. En algunas implementaciones, los componentes 208 electrónicos de extremo delantero pueden incluir matrices de puertas programables en campo (FPGA). Los bloques lógicos programables y las interconexiones programables permiten que se use la misma FPGA en muchas aplicaciones diferentes. Los componentes electrónicos de extremo delantero tal como se describe pueden permitir una compensación automática de variaciones en las condiciones ambientales y de fabricación, para conseguir al menos una distribución de ruido de 90 electrones a temperatura ambiente, por ejemplo.

El procesador 216 de ventana de aceptación de energía puede estar ubicado en la pieza 101 de mano de sonda o en la unidad 105 de control de sistema de sonda externa. Un conjunto 210 de circuito impreso contiene contactos 211 de conmutador de modo que detectan una entrada de usuario en respuesta al usuario que interactúa con el conmutador 102 de modo de absorción nuclear para cambiar o conmutar entre múltiples modos de absorción nuclear y por tanto conmutar entre múltiples modos de aceptación de ventana de energía (es decir, modos de absorción nuclear) presionando el accionador 202 de conmutador. Los componentes electrónicos necesarios para el conmutador 102 de modo de absorción nuclear están contenidos en una cánula 209, que también puede proporcionar protección frente a EMI para los componentes de detección de bajo ruido de extremo delantero sensibles.

La pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear también puede incluir unidades de control adicionales tales como una unidad 217 de control y notificación que permite al usuario acceder y controlar diversas funciones de sonda en la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear. Las unidades de control adicionales tales como el conjunto 217 de unidad de control y notificación pueden implementarse usando múltiples elementos de interfaz de usuario (por ejemplo, botones, conmutadores de palanca, diales, etc.), y el número de elementos de interfaz de usuario empleados puede ser al menos parcialmente dependiente del número de funciones de control implementadas en un diseño. En el ejemplo mostrado en la figura 2B, las unidades de control adicionales tales como el conjunto 217 de unidad de control y notificación se muestran con tres elementos de interfaz de usuario adicionales. El controlador 217a de tasa de recuentos puede implementarse como un botón asociado con la obtención de la tasa de recuentos durante el modo de búsqueda. Presionar y mantener presionado el botón 217a de controlador de tasa de recuentos puede iniciar la función de tasa de recuentos extendida para determinar si puede obtenerse una tasa de recuentos estadísticamente significativa, y si puede obtenerse, su valor de tasa de recuentos. Para alertar al usuario de la tasa de recuentos extendida que funciona durante un modo de exploración, puede emitirse un mensaje de alerta audible para pedir que el usuario mantenga de manera estable la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear portátil. Un ejemplo del mensaje de emisión puede ser: "Recuento extendido, por favor mantenga estable la sonda." Una vez que se ha identificado una zona de hipercaptación de la concentración de radionúclidos inyectados, la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear portátil puede hacerse conmutar entre múltiples modos (por ejemplo, modos de búsqueda y exploración) a la vez que se identifican otras zonas de tejido que pueden estar dentro de algún intervalo predeterminado (por ejemplo, el 10%) en comparación con la señal detectada a partir de la zona de hipercaptación para identificar qué tejidos deben extirparse.

En el ejemplo mostrado en la figura 2B, la unidad 217 de control y notificación también puede incluir un controlador 217b de intervalo implementado como un conmutador de palanca. El controlador 217b de intervalo puede usarse para controlar el volumen de cualquier retroalimentación audible basándose en la señal desde la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear portátil, por ejemplo desde la unidad 205 de control de sistema de sonda externa. El controlador 217b de intervalo también puede usarse para variar el intervalo de señal de retroalimentación de audio en comparación con el intervalo de recuento de entrada. En algunas implementaciones, el controlador 102 de modo de absorción nuclear y el botón 202 asociado pueden integrarse con los otros elementos de interfaz de usuario tales como la unidad 217 de control y notificación.

La unidad 217 de control y notificación también proporciona notificaciones/retroalimentación de voz o audio durante la cirugía para permitir que el usuario (por ejemplo, un cirujano) mantenga su enfoque visual en el sitio de incisión objetivo. La notificación/retroalimentación incluye información asociada con los múltiples modos de absorción nuclear. Por ejemplo, la información de notificación/retroalimentación puede incluir información para identificar el modo de absorción nuclear seleccionado actualmente. Además, la información de notificación/retroalimentación puede incluir hacer un listado de opciones de los múltiples modos de absorción nuclear disponibles para que el usuario los seleccione. Además, la información de notificación/retroalimentación puede procesarse usando algoritmos que son diferentes para cada modo seleccionado. Por ejemplo, puede filtrarse retroalimentación de audio de manera diferente en un modo de alta sensibilidad que en un modo de alta resolución para mejorar su estabilidad o tiempo de respuesta. La notificación/retroalimentación durante el funcionamiento de la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear puede implementarse usando técnicas distintas a la voz o el audio. Por ejemplo, pueden usarse diversas técnicas de retroalimentación táctil, tales como retroalimentación háptica. Otras alternativas incluyen retroalimentación visual tal como variando la intensidad, el brillo, el color y/o la frecuencia de encendido/apagado de una o más luces a medida que la pieza de mano de sonda de absorción nuclear se acerca o se aleja de la ubicación de la concentración de radionúclidos inyectados.

Tal como se describe con respecto a las figuras 1, 2A y 2B anteriores, el medio 104 de comunicación por cable puede implementarse proporcionando un conector 213 para conectar físicamente un cable 214 de comunicación de datos al conjunto 210 de circuito impreso. Alternativamente, la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear portátil puede comunicarse con un dispositivo externo usando uno o más enlaces 104a de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, puede usarse un conjunto 218 de circuitos de baja energía Bluetooth (BLE) para permitir un enlace inalámbrico por batería de bajo coste a una unidad 105 de control de sistema de sonda externa u otros dispositivos 107 informáticos para intercambiar datos y/u órdenes con la pieza de mano de sonda de absorción nuclear. Otros ejemplos de conectividad inalámbrica incluyen la familia 802.11 de tecnologías WiFi. Los ejemplos de los dispositivos 107 informáticos que pueden comunicarse de manera inalámbrica con la pieza de mano de sonda de absorción nuclear incluyen dispositivos informáticos portátiles, tales como un ordenador 107a tipo tableta, un ordenador 107b portátil, un teléfono 107c inteligente, un iPad y dispositivos ponibles incluyendo un reloj inteligente.

El conmutador 102 de modo, tal como el conmutador 202 de botón pulsador y contactos 211 de conmutador de modo asociados se integran en la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear de una manera apropiada para el ambiente estéril de un campo quirúrgico. Pueden implementarse diversas técnicas para mantener un ambiente estéril. Por ejemplo, el conmutador 102 de modo, tal como el conmutador 202 de botón pulsador y contactos 211 de conmutador de modo asociados pueden sellarse en la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear para satisfacer el ambiente estéril. En algunas implementaciones, puede usarse un sello hermético. Alternativamente, el conmutador 102 de modo, tal como el conmutador 202 de botón pulsador y los contactos 211 de conmutador de modo asociados puede diseñarse o empaquetarse para recibir o interactuar con un dispositivo independiente que impide que entren materiales biológicos, sustancias químicas, fluidos y otros materiales quirúrgicos en la pieza de mano de sonda de absorción nuclear durante la cirugía. Por ejemplo, el conmutador 102 de modo, tal como el conmutador 202 de botón pulsador y los contactos 211 de conmutador de modo asociados pueden diseñarse o empaquetarse para recibir o interactuar con una tapa, cubierta, alojamiento, un paño quirúrgico y otros materiales y dispositivos similares que proporcionan un sello para satisfacer el ambiente estéril. Además, la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear puede fabricarse como un dispositivo desechable estéril.

La figura 2C muestra una vista lateral en sección transversal de una unidad de sensor a modo de ejemplo de una pieza de mano de sonda de absorción nuclear. La figura 2D muestra una vista en perspectiva tridimensional de una guía de luz óptica a modo de ejemplo y unidad de reflector de una pieza de mano de sonda de absorción nuclear. Las figuras 2C y 2D en combinación muestran componentes relacionados de manera óptica que proporcionan una unidad 215 de sensor altamente eficiente para detectar fotones gamma emitidos desde la concentración de radionúclidos inyectados. La unidad 215 de sensor puede incluir componentes ópticos que permiten una detección/percepción de fotones altamente eficiente. El colimador 203 integrado, bloquea de manera selectiva que fotones gamma que están fuera de su campo de visión entren en el centelleador 204. Incluye un enchufe 219 de bloqueo óptico de bajo Z y baja densidad en el extremo delantero para impedir que entre luz ambiental en el centelleador 204. Un reflector óptico y una guía 220 de luz están colocados junto al centelleador 204, permitiendo una recogida de luz uniforme desde el centelleador 204 (por ejemplo, un cristal de centelleo de CsI).

La guía de luz óptica y el reflector 220 se muestran en mayor detalle en la figura 2D. En un diseño a modo de ejemplo, la guía de luz óptica y el reflector 220 pueden dirigirse en torno a uniones por hilo para facilidad de fabricación. La guía de luz óptica y el reflector 220 proporcionan una recogida de luz sustancialmente óptima incluso para la línea de unión más gruesa requerida por la necesidad de unión por hilo debido a iluminación de lado delantero porque la guía de luz óptica y el reflector 220 es un reflector difuso óptico con alta reflectividad. Sin este diseño, la recogida de luz sería subóptima. La guía de luz óptica y el reflector 220 pueden moldearse previamente a partir de material ópticamente reflectante, lo que hace el procedimiento de montaje sea fácil y rápido (en contraposición a sobremoldeo con resina epoxídica reflectante), y también tiene un mejor rendimiento óptico. La autofijación, que elimina el contorno del fotodiodo, facilita el montaje. Además, pueden usarse rebajes adicionales para simplificar el montaje. En el ejemplo mostrado en la figura 2D, hay 4 rebajes aunque sólo hay dos uniones por hilo de modo que el operario no tiene que tenerlo alineado a la polaridad correcta. La guía de luz óptica y el reflector 220 pueden diseñarse para tener una superficie de contacto de cierre a presión (similar a un bloque de Lego (R), por ejemplo) con el reflector superior, soportando el cristal, lo que lo hace fácil de manejar y unir con un medio óptico (resina epoxídica/silicona/grasa, etc.).

La unidad 215 de sensor incluye un blindaje 221 de protección dispuesto después de los componentes electrónicos de extremo delantero para bloquear o proteger la unidad 221 de detección frente a señales de fotones gamma que entran desde un extremo trasero (por ejemplo, el extremo opuesto de la punta de sonda) hacia la punta de la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear. En un diseño a modo de ejemplo, el blindaje 221 de protección incluye dos mitades de cilindros de material de blindaje de protección, un panel intercalado y un enchufe que atraviesa el centro para proporcionar protección frente a rayos gamma. Además, el blindaje 221 de protección actúa como puesta a tierra eléctrica. El blindaje 221 de protección pueden formarse usando una parte de tungsteno moldeada por inyección para conseguir un bajo coste. Además de proporcionar protección frente a fotones gamma, el blindaje 221 de protección proporciona protección frente a interferencias electromagnéticas (EMI) para señales de radiofrecuencia (RF) desde el conjunto 218 de circuitos inalámbricos. Por facilidad de fabricación, el blindaje 221 de protección puede formarse para que tenga pestañas de interbloqueo y un diseño simétrico.

El diseño de la unidad 215 de sensor descrita, incluyendo los componentes individuales, proporciona una recogida de luz sustancialmente óptima y por tanto una detección de fotones gamma eficiente y óptima con resolución fina. Debido a la eficiencia y la resolución fina de la unidad 215 de sensor, la capacidad de conmutar entre diferentes modos de absorción nuclear (o ventana de aceptación de energía) desde la pieza 101 de mano de sonda de absorción nuclear, sin abandonar el campo quirúrgico estéril se vuelve ventajosa. Además, el diseño y el tipo de material de detector proporcionan un pico mejorado a los recuentos totales (por ejemplo no hay efecto de cola tal como es el caso con detectores basados en CZT/CdT) lo que prohibiría la implementación práctica de tal conmutación de modo debido a la reducción en eficiencia que resulta de una ventana de energía estrecha.

Mientras que las figuras 2A, 2B, 2C y 2D muestran una implementación de ejemplo de un único botón 102 pulsador, con un accionador 202 de conmutador asociado, y los contactos 211 de conmutador de modo, puede usarse más de un botón 102 pulsador. Por ejemplo, puede usarse un botón pulsador dedicado independiente para representar cada modo de absorción nuclear. En el ejemplo de múltiples botones pulsadores, pueden ser necesarios múltiples accionadores 202 de conmutador y contactos 211 de conmutador.

El conmutador 102 de modo de absorción nuclear y los contactos 211 de conmutador asociados, no se limitan a un botón pulsador. Pueden implementarse otros mecanismos de conmutación físicos y virtuales que realizan sustancialmente las mismas funciones. Los ejemplos de mecanismo de conmutador físico incluyen diales rotatorios, conmutadores de palanca multidireccionales, conmutadores deslizantes y otros conmutadores físicos similares. Los ejemplos de mecanismos de conmutación virtual incluyen zonas sensibles al tacto en una pantalla táctil o panel táctil que detectan el contacto físico o diferencias de carga capacitiva en respuesta a un usuario que toca o se desplaza cerca de las zonas sensibles al tacto correspondientes a diferentes modos de absorción nuclear. En algunas implementaciones, los mecanismos de entrada sin contacto pueden sustituir los conmutadores físicos y virtuales. Los ejemplos de mecanismos de entrada sin contacto incluyen activación por voz y detección y seguimiento de gestos o movimiento.

Detección de fotones nucleares y procesamiento de señales usando conmutación de múltiples modos

La figura 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra un procedimiento 300 a modo de ejemplo de percepción/detección de un fotón nuclear, y después de procesamiento del fotón percibido/detectado para la retroalimentación de usuario. El procedimiento 301 de percepción/detección se produce en un sensor, tal como la unidad 215 de sensor de fotones gamma, para capturar todos los eventos detectables independientemente de su energía. El procedimiento 302 de procesamiento de señales/componentes electrónicos de extremo delantero se realiza en conjuntos de circuitos/componentes electrónicos de extremo delantero, tales como componentes 208 electrónicos de extremo delantero, para convertir la señal de salida analógica procedente de un procedimiento 301 de percepción, en un impulso de tensión, siendo la magnitud proporcional a la energía del fotón gamma entrante. En el procedimiento 303 de analizador del espectro de energía, los impulsos de tensión procedentes del procedimiento 302 de procesamiento de señales/componentes electrónicos de extremo delantero, se aceptan o se rechazan basándose en la aplicación de la ventana de aceptación de energía seleccionada. Este procedimiento puede cambiarse/conmutarse apretando el accionador 202 de conmutador de botón pulsador. En el procedimiento 304 de retroalimentación de usuario, los impulsos de tensión aceptados (es decir, recuentos) se procesan y cronometran para el análisis de tasa de recuentos y la retroalimentación de usuario.

La figura 4 muestra un espectro de energía de una sonda de absorción nuclear a modo de ejemplo. Específicamente, en la figura 4 se muestra una representación gráfica del espectro típico de niveles de energía de fotones gamma acumulados por la sonda 101 de absorción nuclear, a lo largo de un periodo de tiempo fijo con niveles de tensión de salida de sonda correspondientes para el radioisótopo Tc-99. Se muestran el pico 410 de rayos gamma de energía completa de 141KeV, el pico 404 de escape de yoduro de cesio (CsI) y el pico 405 de fluorescencia de rayos X (emisión K-alfa y K-beta desde el interior del colimador 203 estimulado por rayos gamma incidentes). Los eventos detectados con un nivel de energía por debajo del pico 405 de energía de rayos X están producidos por ruido electrónico y bajo nivel de fondo. Se eliminan mediante un discriminador de bajo nivel basado en hardware que selecciona sólo eventos con energía por encima de este umbral. Las líneas 403, 408 y 409 de corte demuestran tres cortes de menor energía potenciales y diferentes, y la línea 402 de corte representa el corte de mayor energía o discriminador de nivel superior. El primero, en la línea 409 de corte, representa un umbral que produciría una tasa de recuentos relativamente alta pero que incluiría más fotones gamma dispersados incluyendo fotones fuera de ángulo que entran en el colimador 203, pero no alcanzan el centelleador 204; el segundo, en la línea 408 de corte, que proporcionaría un rechazo de dispersión mayor de fotones fuera de ángulo pero con una tasa de recuentos menor; y el tercero, en la línea 403 de corte que proporcionaría un rechazo de dispersión aún mayor que en la línea 408 de corte, pero con una tasa de recuentos aún menor. Apretar el conmutador 102 de modo de absorción nuclear puede conmutar entre las líneas 403, 408 y 409 de corte para producir tasas de recuentos más altas o de mayor resolución. En el ejemplo mostrado en la figura 4, la ventana de mayor sensibilidad se ilustra para cubrir el intervalo de nivel de energía desde la línea 409 de corte hasta la línea 402 de corte. La venta de mayor sensibilidad se ilustra para cubrir el intervalo de nivel de energía desde la línea 408 de corte hasta la línea 402 de corte. La ventana de alta resolución se ilustra para cubrir el intervalo de nivel de energía desde la línea 403 de corte hasta la línea 402 de corte.

Ejemplo de procedimiento de localización nuclear usando una sonda portátil multimodo

5 La figura 5 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de localización nuclear a modo de ejemplo realizado usando una sonda portátil multimodo. En primer lugar, en la etapa 501, se inyecta al paciente de manera intersticial una dosis de marcador (por ejemplo Tc-99-coloide de azufre para ubicar ganglios centinela), o por vía sistémica con una dosis de fármaco que contiene radioisótopo (por ejemplo Tc-99 sestamibi para ubicar adenomas paratiroideos). Se asigna un tiempo apropiado para permitir que la dosis se concentre según su interacción biológica. En la etapa 10 502, la sonda portátil de absorción nuclear multimodo tal como se describe en este documento se despliega en modo de alta sensibilidad para inspeccionar la ubicación de emisiones de radioisótopos concentrados. El uso del modo de alta sensibilidad permite que el usuario mueva la sonda más rápidamente gracias a la abundancia relativa de recuentos de fotones de alta energía que están disponibles para retroalimentación por audio. Cuando se identifica una ubicación de emisiones de radioisótopos concentrados, la sonda portátil de absorción nuclear multimodo puede conmutarse como en la etapa 503, para hacerla funcionar en modo de alta resolución para ubicar de manera más precisa la fuente de emisiones y para diferenciar mejor las fuentes focales de las emisiones de fondo. Una vez que se ha identificado de manera precisa la ubicación de la fuente, la sonda portátil de absorción nuclear multimodo todavía en modo de alta resolución puede usarse como en la etapa 504, para guiar la disección de la región o estructura anatómica. La punta de sonda pequeña permitida por los dispositivos, las técnicas y los sistemas descritos en este documento pueden minimizar potencialmente los requisitos de acceso quirúrgico a la vez que mejora la visualización de la disección. Además, la punta de sonda pequeña proporciona una resolución espacial fina para discriminar entre estructuras anatómicas muy próximas.

Por consiguiente, debe entenderse que las realizaciones e implementaciones de los dispositivos, las técnicas y los sistemas descritos en el presente documento son meramente ilustrativas de diversas aplicaciones potenciales. Las variaciones potenciales a los dispositivos, las técnicas y los sistemas descritos en este documento pueden incluir, por ejemplo, 1) el uso de otros métodos que podrían ponerse a disposición del usuario para cambiar los parámetros de absorción del campo quirúrgico estéril tal como órdenes por voz, gestos o pedales; 2) métodos distintos a cambiar la aceptación de energía que darían como resultado un cambio en la sensibilidad y/o la resolución tal como conmutando eléctricamente entre diferentes configuraciones de sensores integrados; y 3) el uso de otros sensores de fotones de alta energía tales como semiconductores sólidos (por ejemplo CZT o CT) o centelleadores de cristal acoplados a tubos fotomultiplicadores.

Aunque este documento contiene muchos detalles, estos no deben interpretarse como limitaciones en el alcance de cualquier invención o de lo que puede reivindicarse, sino más bien como descripciones de características que pueden ser específicas para realizaciones particulares de invenciones particulares. Determinadas características que se describen en esta memoria descriptiva en el contexto de realizaciones independientes también pueden implementarse en combinación en una única realización. En cambio, diversas características que se describen en el contexto de una única realización también pueden implementarse en múltiples realizaciones de manera independiente o en cualquier subcombinación adecuada. Además, aunque las características pueden haberse descrito anteriormente como que actúan en determinadas combinaciones e incluso reivindicarse inicialmente como tales, una o más características de una combinación reivindicada pueden eliminarse en algunos casos de la combinación, y la combinación reivindicada puede dirigirse a una subcombinación o variación de una subcombinación.

De manera similar, aunque se representan operaciones en los dibujos en un orden particular, esto no debe entenderse como que se requiere que se realicen tales operaciones en el orden particular mostrado o en orden secuencial o que se realicen todas las operaciones ilustradas para conseguir resultados deseables. En determinadas circunstancias, el procesamiento multitarea y en paralelo puede ser ventajoso. Además, en la separación de diversos componentes del sistema en las realizaciones descritas anteriormente no debe entenderse que se requiere tal separación en todas las realizaciones.

Sólo se describen algunas implementaciones y ejemplos y pueden realizarse otras implementaciones, mejoras y variaciones basándose en lo que se describe e ilustra en este documento.

55

REIVINDICACIONES

1. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil para realizar la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear, comprendiendo la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil: un controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear configurado para conmutar de manera selectiva entre un modo de absorción nuclear de alta sensibilidad y un modo de absorción nuclear de alta resolución directamente a partir de la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil durante la realización de la radiolocalización de tejidos con emisión nuclear, en la que los modos de absorción nuclear tienen diferentes parámetros de absorción nuclear, en la que el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear está configurado para cambiar los parámetros de absorción nuclear incluyendo una ventana de aceptación de energía de fotones, en la que la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil comprende una unidad (215) de sensor para detectar de manera selectiva fotones gamma asociados con tejidos con emisión nuclear en los modos de absorción nuclear basándose en cambios en la ventana de aceptación de energía de fotones, caracterizada porque el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear comprende un conmutador físico ubicado en un mango (212) de la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil para conmutar entre los modos de absorción nuclear.
2. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según la reivindicación 1, en la que el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear está integrado en un mango (212) de la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil.
3. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en la que el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear está sellado sobre un mango (212) de la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil para satisfacer un ambiente estéril.
4. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear está configurado para recibir un recinto para sellar el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear sobre la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil para satisfacer un ambiente estéril.
5. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende un medio (104) de comunicación configurado para intercambiar datos con una unidad (105) de control de sistema de sonda externa.
6. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según la reivindicación 5, en la que el medio (104) de comunicación comprende un medio de comunicación inalámbrica.
7. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una unidad (217) de notificación configurada para proporcionar retroalimentación a un usuario, en la que la retroalimentación incluye información asociada con los modos de absorción nuclear.
8. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según la reivindicación 7, en la que la unidad (217) de notificación está integrada en la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil.
9. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según la reivindicación 7, en la que los algoritmos para generar la retroalimentación son diferentes para cada modo de absorción nuclear seleccionable, la información de retroalimentación asociada con los modos de absorción nuclear incluye la identificación de uno seleccionado actualmente de los modos de absorción nuclear, o la información de retroalimentación comprende información audible.
10. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según la reivindicación 1, que comprende además: un colimador (203) que tiene una abertura, estando el colimador (203) configurado para bloquear que fotones gamma que están fuera del campo de visión del colimador pasen a través del colimador (203); una ventana (206) transparente a fotones gamma configurada para bloquear que entre luz en la abertura del colimador (203); un centelleador (204) configurado para producir fotones de centelleo en proporción a la energía de un fotón gamma que pasa a través del colimador (203) y entra en el centelleador; un fotodiodo (207) acoplado de manera óptica configurado para convertir los fotones de centelleo producidos por el centelleador (204) en un impulso de carga inducida proporcional a un número de fotones de centelleo producidos; un blindaje (221) de protección para bloquear que entren señales de fotones gamma en el fotodiodo acoplado de manera óptica desde un extremo trasero opuesto de la abertura de colimador; una unidad (208) de procesamiento de señales configurada para procesar el impulso de carga inducida para dar un impulso de tensión con amplitud que representa la energía del fotón gamma entrante para recoger en un recuento de impulsos de tensión aceptados; un medio (104a, 218) de comunicación inalámbrica configurado para intercambiar datos con un dispositivo (105, 107) externo; y en la que el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear se integra en la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil, en la que el controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear está configurado para conmutar de manera

selectiva entre los modos de absorción nuclear que tienen diferentes ventanas de aceptación de nivel de energía usadas por la unidad (208) de procesamiento de señales para obtener el recuento de impulsos de tensión aceptados.

- 5 11. Sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según la reivindicación 1, en la que el controlador (102, 202, 211) está configurado para conmutar de manera instantánea entre los modos de absorción nuclear.
- 10 12. Método de hacer funcionar una sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, comprendiendo el método: conmutar de manera selectiva un controlador (102, 202, 211) de modo de absorción nuclear dispuesto en la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil entre un modo de absorción nuclear de alta sensibilidad y un modo de absorción nuclear de alta resolución directamente a partir de la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil durante la realización de radiolocalización de tejidos con emisión nuclear, teniendo los modos de absorción nuclear diferentes parámetros de absorción nuclear, en el que dicha conmutación cambia los parámetros de absorción nuclear incluyendo una ventana de aceptación de energía de fotones, y en el que dicha conmutación se efectúa directamente a partir de un mango (212) de la sonda (101) quirúrgica de absorción nuclear portátil, y detectar mediante una unidad (215) de sensor de la sonda quirúrgica de absorción nuclear portátil fotones gamma asociados con tejidos con emisión nuclear en los modos de absorción nuclear basándose en cambios de la ventana de aceptación de energía de fotones.
- 15
- 20

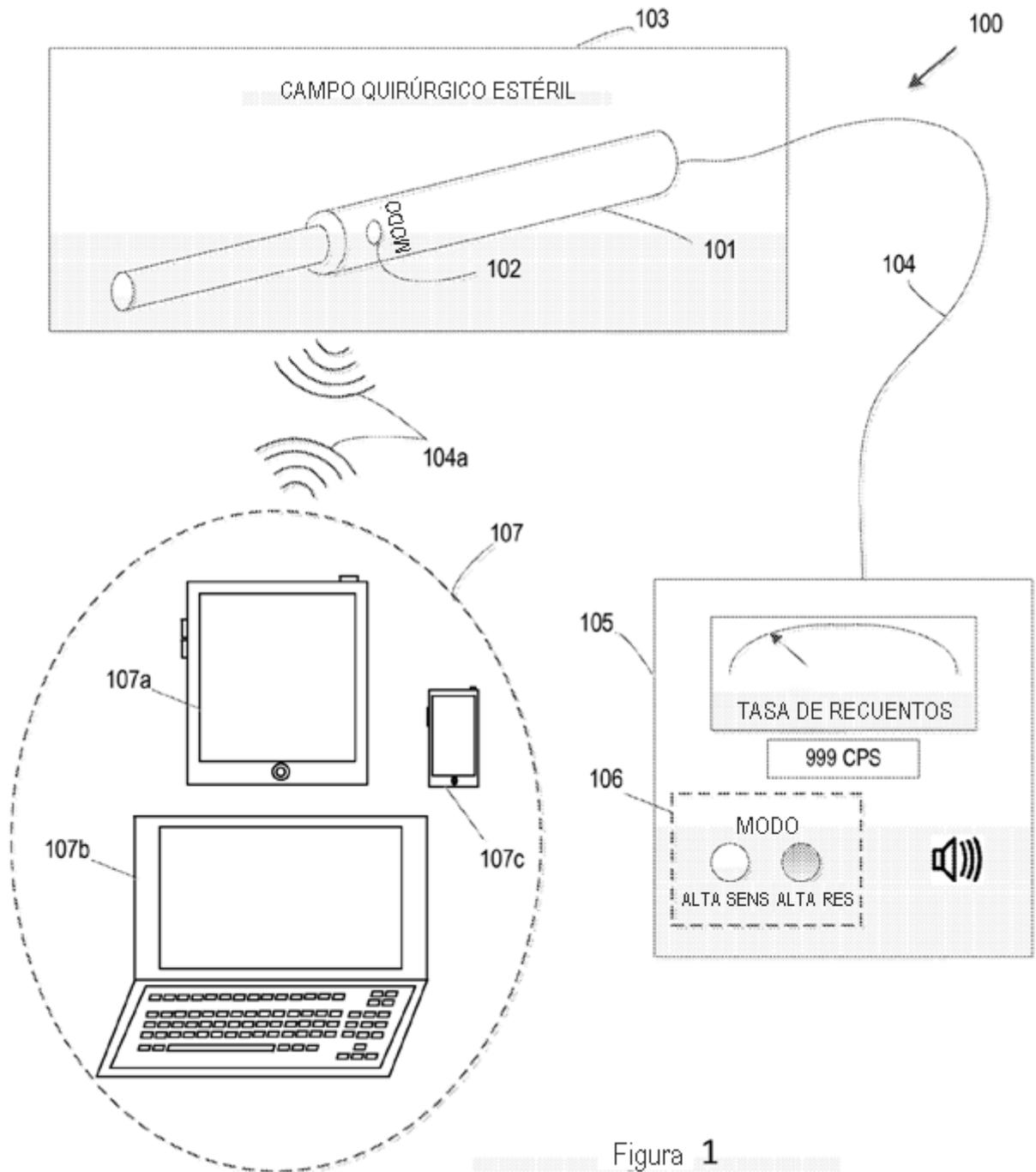


Figura 1

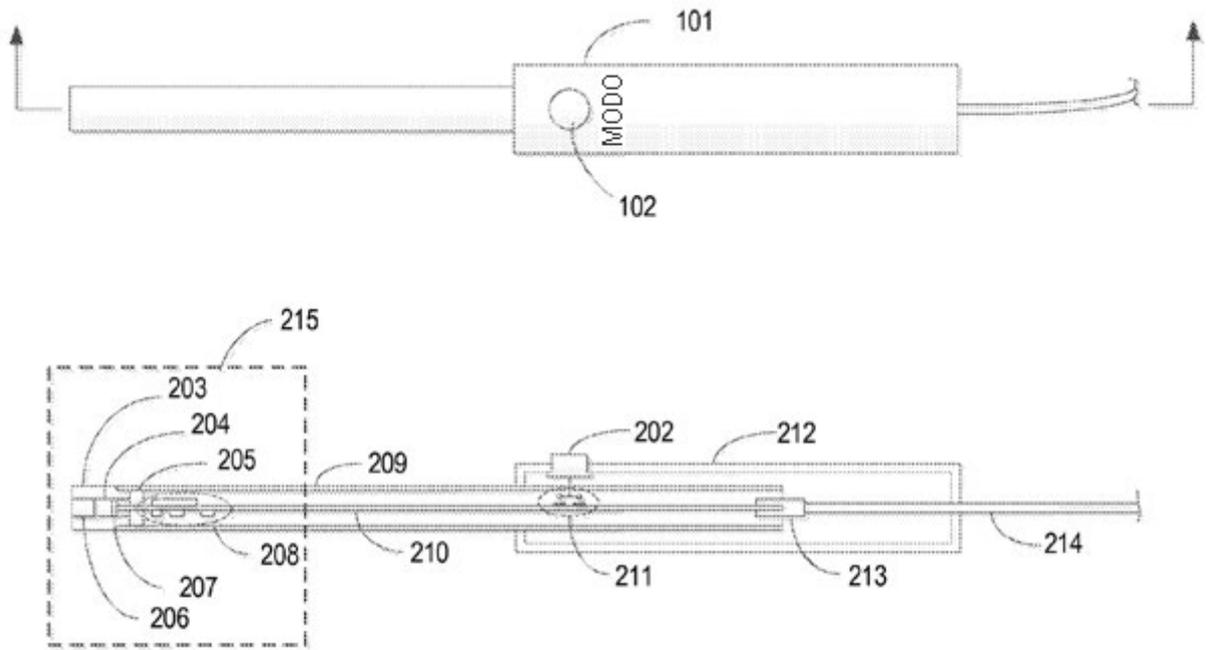


Figura 2A

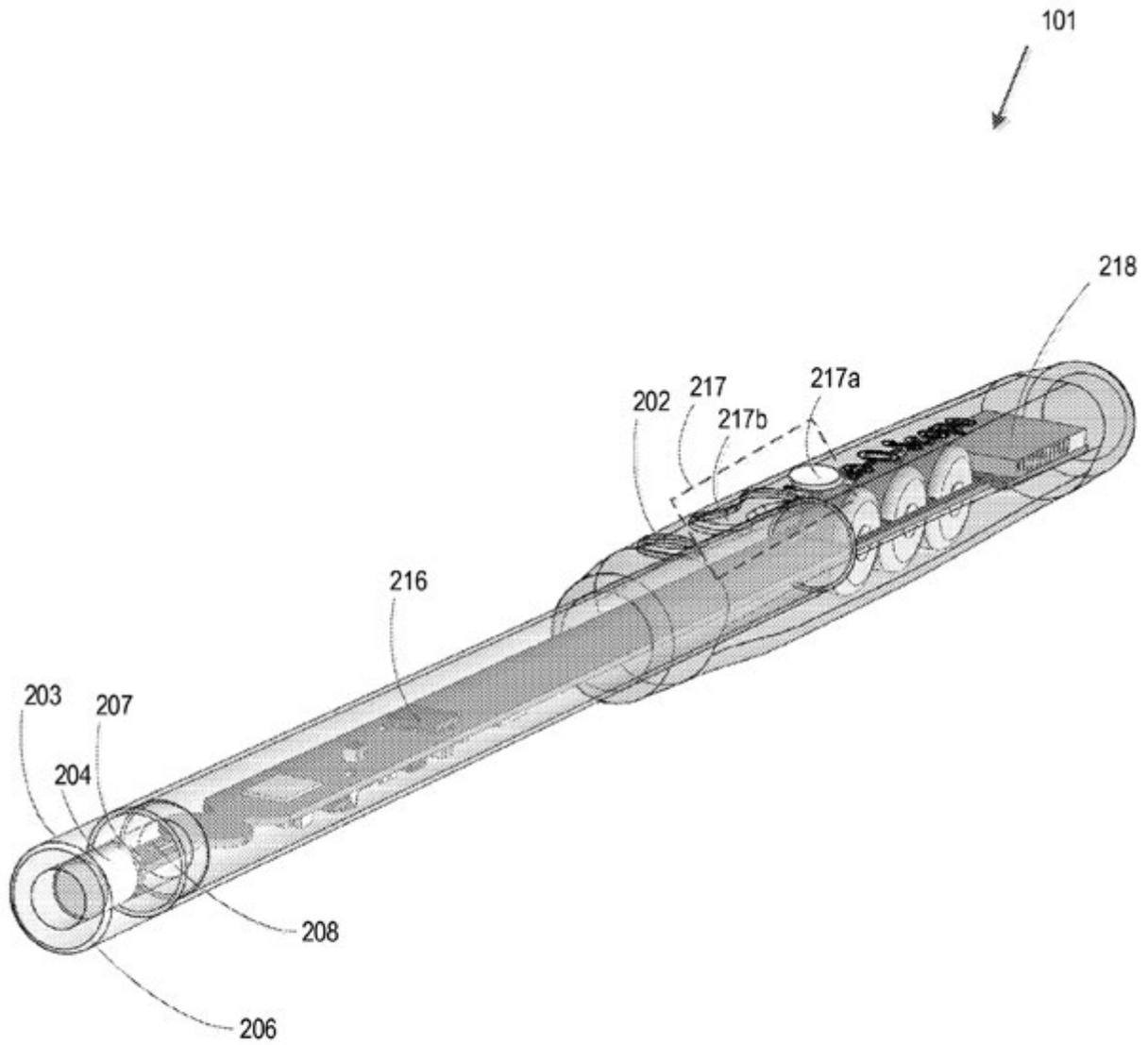


Figura 2B

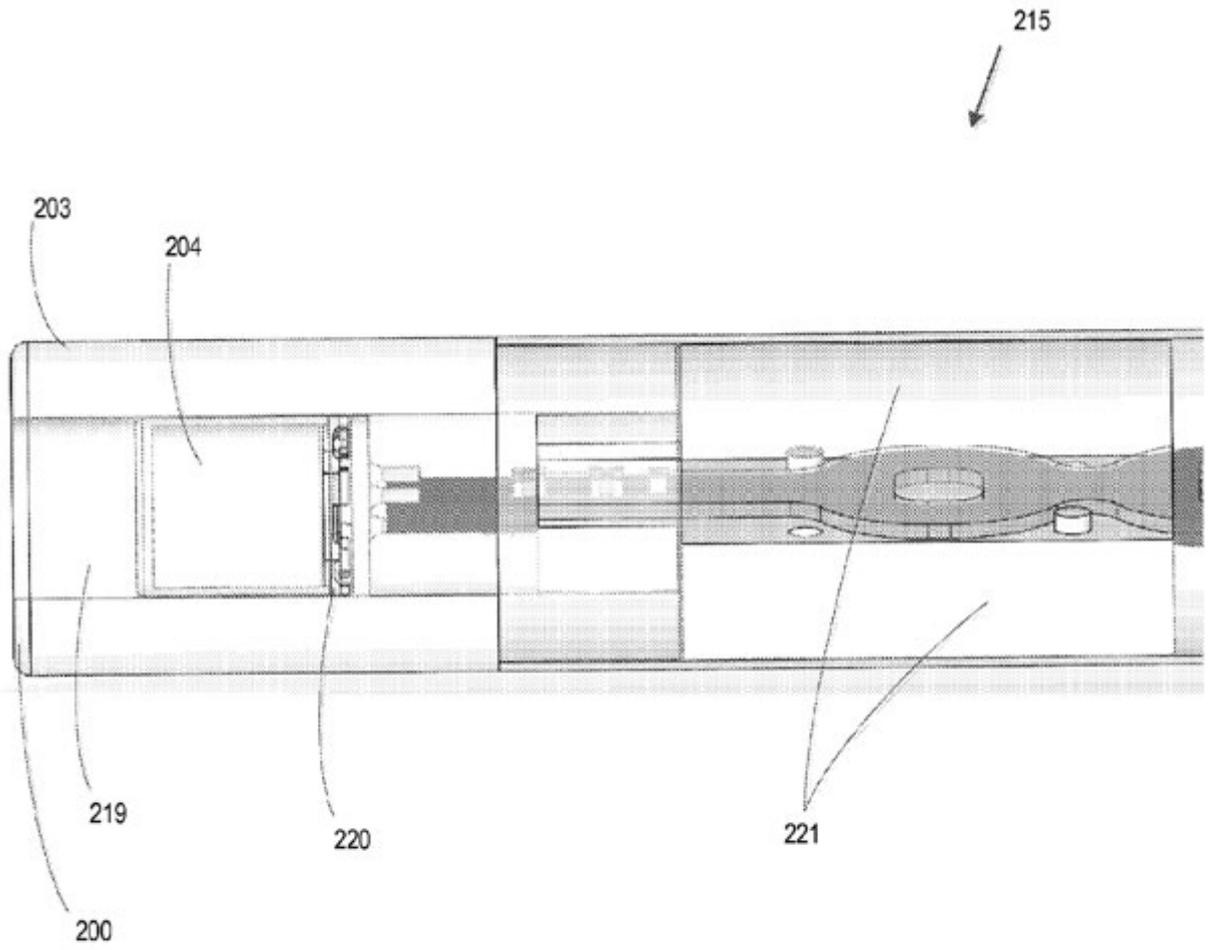


Figura 2C

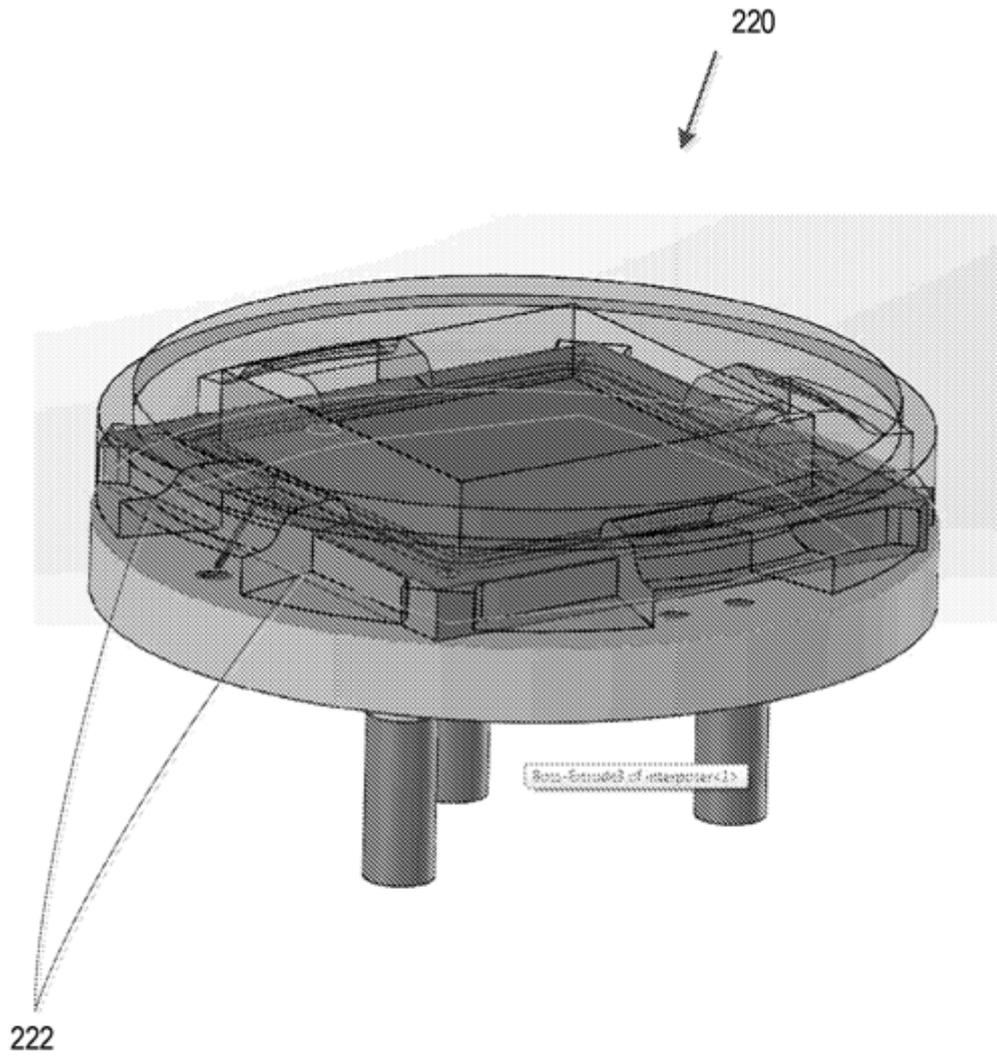


Figura 2D

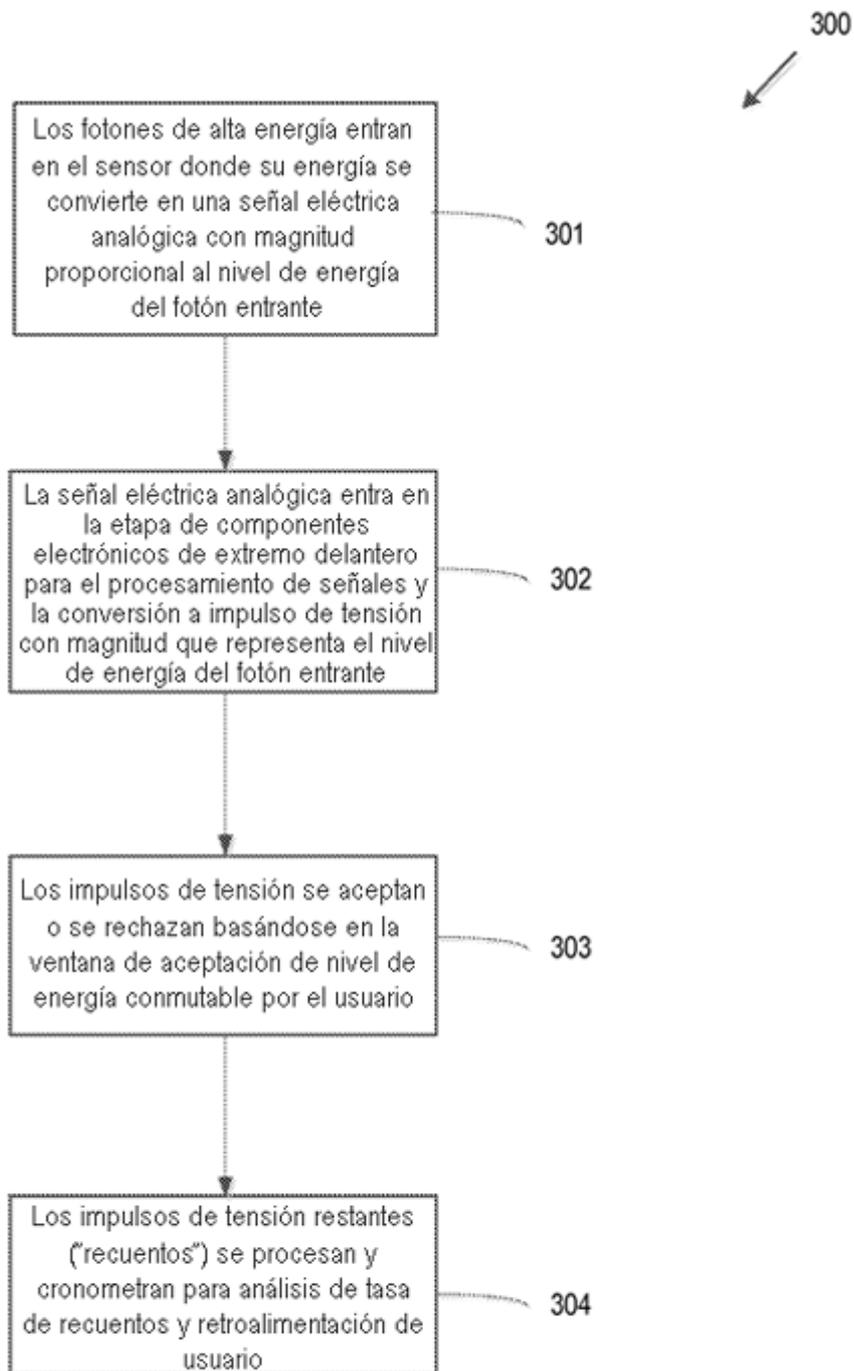


Figura 3

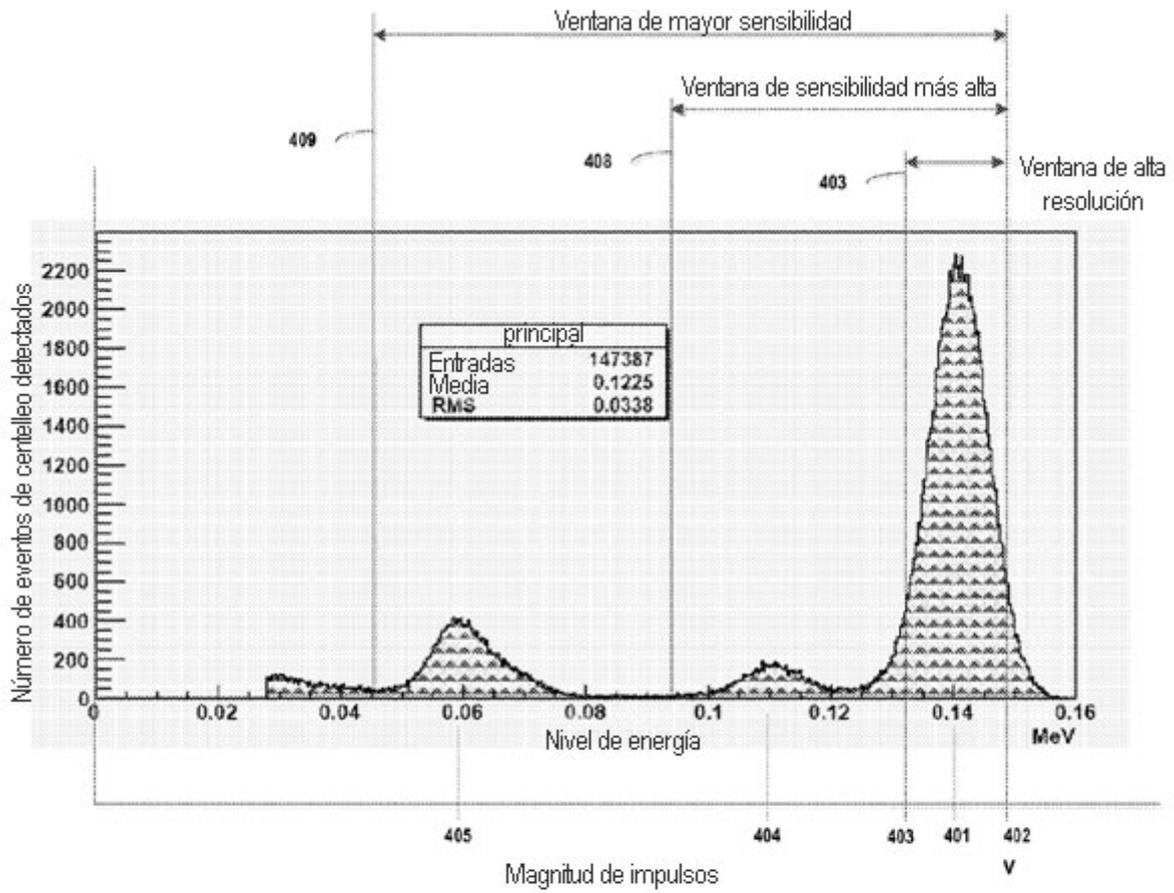


Figura 4

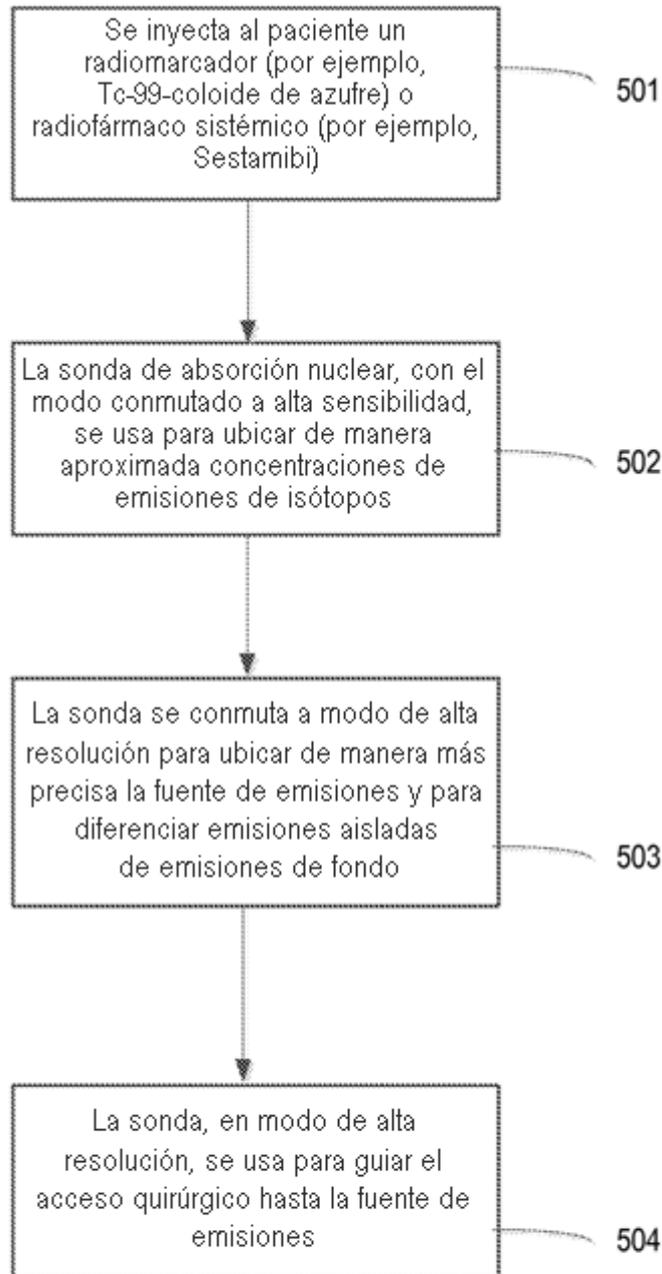


Figura 5