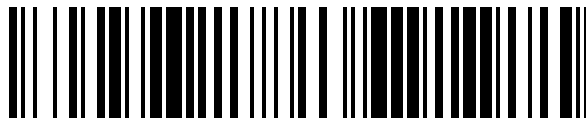


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 134 788**

21 Número de solicitud: 201490012

51 Int. Cl.:

G01V 5/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

25.01.2013

30 Prioridad:

27.11.2012 US P61/591360

14.02.2012 US 61/598576

14.02.2012 US 61/598/521

06.03.2012 US 61/607066

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.12.2014

71 Solicitantes:

**AMERICAN SCIENCE AND ENGINEERING, INC
(100.0%)**

**829 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821 US**

72 Inventor/es:

**WAINWRIGHT, Louis;
ROTHSCHILD, Peter;
GRODZINS, Lee y
BRADSHAW, Paul**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

54 Título: **APARATO DE FORMACIÓN DE IMÁGENES**

ES 1 134 788 U

DESCRIPCIÓN

APARATO DE FORMACIÓN DE IMÁGENES

La presente solicitud reivindica prioridad de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos, N° de Serie 61/591.360, presentada el 27 enero de 2012, y las solicitudes de patente provisional N° de Serie 61/598.521, y 61/598.576, ambas presentadas el 14 de febrero de 2012, y la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos, N° de Serie 61/607.066, que se presentó el 6 marzo de 2012, solicitudes que están todas incorporadas por referencia en el presente documento.

Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato de formación de imágenes por rayos X, y en particular, a un aparato de formación de imágenes por rayos X que emplea la detección, de al menos, rayos X dispersos.

Estado de la técnica anterior

Durante los últimos 25 años se han utilizado técnicas de retrodispersión de rayos X, con el fin de detectar elementos detrás de una barrera de ocultación, sin necesidad de colocar un detector de rayos X distal al objeto que se va a examinar (en relación con la fuente de rayos X). Esto ha resultado ser muy beneficioso para ciertas aplicaciones de formación de imágenes, como la inspección por un solo lado (es decir, con el detector y la fuente en el mismo lado del objeto) de vehículos, contenedores de carga, maletas, e incluso personas.

Hasta la fecha, sin embargo, estos dispositivos han tendido a ser bastante grandes y pesados debido al tamaño y al peso de las fuentes de rayos X, al mecanismo de formación de haces, necesario para crear un haz de escaneo estrecho, y a los detectores que detectan rayos X retrodispersados.

Se sugiere un dispositivo de retrodispersión para detectar estructuras ocultas por una pared en la publicación japonesa, abierta para inspección pública N° 10-185842 (en adelante, "Toshiba '842"), que se presentó el 12 de diciembre de 1996, e incorporada al presente documento por referencia. El aparato descrito en Toshiba '842 no puede proporcionar más de una imagen instantánea de una zona dentro del rango de escaneo, en un momento dado, de una fuente que sujeta un operario.

Hace poco, el desarrollo de fuentes compactas y ligeras de rayos X que operan con una potencia moderada (típicamente, en un rango, de entre 1-20 vatios) a energías de rayos X relativamente altas (50 - 120 keV), junto con motores eléctricos pequeños y muy eficientes para accionar una rueda cortadora, giratoria, de formación de haces, han permitido el diseño y desarrollo de sistemas de formación de imágenes de retrodispersión, ligeros y compactos que caben en una mano.

Además, los sistemas de la técnica anterior de retrodispersión de rayos X que utilizan tubos de rayos X, como por ejemplo los descritos en la patente de los Estados Unidos N° 5.763.886 (de Schulte) siempre han proporcionado un medio para o bien desplazar el objeto o bien el sistema de formación de imágenes en un movimiento relativo, del uno con respecto al otro, a lo largo de la dirección de "escaneo", que típicamente es la dirección perpendicular al plano que contiene un haz de rayos X de barrido por rastreo creado por una rueda cortadora. Por ejemplo, para inspeccionar un objeto que tenga una superficie vertical (como una pared, por ejemplo, o una pieza de equipaje), típicamente se escanea con el haz de rayos X en un plano vertical, con el objeto que se quiere inspeccionar desplazándose en sentido horizontal. Esto es típico de sistemas que escanean el equipaje, en los que se desplaza la bolsa en sentido horizontal sobre una cinta transportadora o en sistemas de escaneo de vehículos, en los que el vehículo se mueve pasando por (o a través) del sistema o bien como alternativa, el sistema se desplaza en sentido horizontal pasando por un vehículo parado. Para el escaneo de personas que utilizan retrodispersión de rayos X, típicamente se pasa el haz de escaneo por un plano horizontal, desplazando el conjunto de la fuente para que pase sobre una persona parada en sentido vertical. En cualquier caso, para crear una imagen de retrodispersión de 2 dimensiones, tiene que haber un desplazamiento relativo del sistema y del objeto que está siendo escaneado, y este requisito normalmente le añade un peso, tamaño y complejidad adicional al sistema de formación de imágenes.

Sumario de los modos de realización de la invención

De acuerdo con varios modos de realización de la presente invención se proporciona un aparato de formación de imágenes. El aparato de formación de imágenes dispone de un alojamiento y de una fuente de radiación penetrante completamente contenida en el interior del alojamiento para generar radiación penetrante. Además, el aparato tiene un modulador espacial para conformar la radiación penetrante en un haz a fin de irradiar el objeto y hacer un barrido con el haz, un detector para generar una señal de dispersión basada en la radiación penetrante dispersada por el contenido del objeto inspeccionado, un sensor para

detectar el movimiento del aparato relativo a una posición previa del aparato con respecto al objeto inspeccionado y un procesador para recibir la señal de dispersión y generar una imagen del contenido del objeto inspeccionado basándose al menos en la señal de dispersión.

5

El alojamiento se puede adaptar para que lo sujete con una sola mano un operario y en algunas realizaciones, el sensor podrá ser un codificador mecánico o un acelerómetro, o un sensor óptico, por nombrar tres ejemplos. El procesador puede adaptarse para modular una intensidad de la radiación penetrante basándose en el movimiento detectado del aparato.

10

En otras realizaciones de la presente invención, el aparato de formación de imágenes de retrodispersión tiene también un mitigador de fricción adaptado para establecer contacto entre el aparato y el objeto inspeccionado. El mitigador de fricción podrá incluir ruedas, ruedecillas y almohadillas de baja fricción.

15

En otras realizaciones adicionales, puede haber una, dos o más asas acopladas al alojamiento. Podrá haber un sistema de bloqueo para desactivar la fuente de radiación penetrante, caso de no detectarse ningún objeto dentro de una proximidad específica del aparato.

20

En realizaciones alternativas de la invención, también se acopla un detector de transmisión al aparato. Podrá disponerse un escudo de retrodispersión adaptado para desplegarse hacia el exterior desde el alojamiento, donde el escudo de retrodispersión también podrá adaptarse para ajustarse con flexibilidad a la superficie de un objeto inspeccionado.

25

Breve descripción de las figuras

Las características anteriores de la invención se entenderán con más facilidad por referencia a la siguiente descripción detallada, que se hace en referencia a las figuras adjuntas, en las que:

30

la Fig. 1 describe una vista despiezada de un dispositivo manual de retrodispersión de rayos X conforme a un modo de realización de la presente invención.

35

La Fig. 2 representa esquemáticamente el uso de detectores colimados para reducir la detección de dispersión en campo cercano, de acuerdo con modos de realización de la presente invención.

La Fig. 3 muestra un dispositivo manual de formación de imágenes con un detector de transmisión mono-canal desmontable, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención

5 La Fig. 4 muestra un dispositivo manual de formación de imágenes con un detector de transmisión multi-canal desmontable, de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención.

Las Figs. 5A-5C muestran el manejo con dos manos de un dispositivo de retrodispersión
10 mano-mano, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

Descripción detallada de los modos de realización de la invención

Definiciones:

15

Tal y como se utiliza en esta descripción y en las reivindicaciones adjuntas, el término "imagen" se refiere a cualquier representación multidimensional, ya sea de forma tangible o perceptible de cualquier otra manera, o no, donde un valor de alguna característica se asocia a cada una de una pluralidad de ubicaciones correspondientes a las coordenadas dimensionales de un objeto en un espacio físico, sin que exista necesariamente una correspondencia de uno a uno sobre el mismo. Así, por ejemplo, la visualización gráfica de la distribución espacial de alguna característica, como puede ser el número atómico, en uno o más colores, constituye una imagen. De esta manera, también la constituye una matriz de números en la memoria de un ordenador o de un medio holográfico. De manera similar,
20 "formación de imágenes" o "formación de imágenes" se refiere a la representación de una característica física determinada, en términos de una o más imágenes.

25

La distribución energética de radiación penetrante puede designarse en el presente documento, con el fin de facilitar su designación, citando la energía terminal que emiten (con frecuencia, denominada energía "de punto final"). Así por ejemplo, un tubo de rayos X que emite radiación de frenado debido a la aceleración de electrones a través de un potencial de 100 kV, emitirá rayos X con una energía inferior a 100 keV, y el espectro de radiación emitida puede caracterizarse en el presente documento como un "haz de 100 keV", y es posible referirse a una imagen de radiación detectada que haya sido dispersada a partir de este haz
30 como una "imagen de dispersión de 100 keV"

35

Tal y como se utiliza en esta descripción y en sus eventuales reivindicaciones adjuntas, los

términos "Z alto" y "Z bajo" tendrán connotaciones correlativas entre sí, es decir que "Z alto" se refiere a un material, o a una línea de visión, caracterizado por un número atómico efectivo Z que es superior a un material o línea de visión al que se refiere como "Z bajo" en el mismo contexto.

5

Descripción de los modos de realización:

A continuación se describe un aparato de formación de imágenes de retrodispersión **100** de acuerdo con unos modos de realización de la presente invención, por lo general con referencia a la Fig. 1. Una fuente **102** de radiación penetrante, que puede ser un tubo de rayos X, por ejemplo, tal y como se ha representado, o que también pueden ser cualquier otra fuente de partículas (como rayos gama) de radiación penetrante, emite una radiación penetrante que se conforma en un haz **106** mediante una estructura conformadora de haces (o colimadora) designada en general con el número **108**. En el estado de la técnica estas estructuras conformadoras de haces son bien conocidas y todas las estructuras de este tipo se engloban dentro del ámbito de la presente invención.

El haz **106** se corta temporalmente, por ejemplo con una rueda cortadora **110**, accionada por el motor **109**, aunque se podrá utilizar cualquier otro medio para cortar el haz **106** dentro del ámbito de la presente invención. El mecanismo utilizado para la conformación del haz **106** y para la interrupción temporal así como para el escaneo espacial con el haz **106** se podrá denominar, en este documento, modulador espacial. El haz **106** impacta sobre una superficie **120** de un objeto inspeccionado **121** externo al aparato **100**. La radiación penetrante **124** dispersada por el contenido **118** dentro o posterior a la superficie **120**, se detecta mediante uno o más detectores de retrodispersión **122**, cada uno de los cuales está acoplado a un procesador **130** para la formación de una imagen de retrodispersión del objeto **121**. Los detectores **122** podrán emplear un acoplamiento de fibra que permita un cambio de longitud de onda del centelleo, permitiendo así que unos detectores de perfil delgado se desplieguen hacia el exterior desde una configuración plegada con respecto a un alojamiento **142**. El objeto del que se forma la imagen **121** puede ser la pared interna de paneles de yeso de un edificio, o un cajón, mientras que el número **120** designa la superficie de dicha pared o cajón.

De acuerdo con unos modos preferentes de realización de la presente invención, el aparato de formación de imágenes **100** escanea con el haz de rayos X **106** en un único recorrido lineal **125** (por ejemplo, a lo largo de una línea en el plano horizontal), utilizando técnicas muy conocidas de escaneo, basándose en ranuras giratorias con respecto a una hendidura

fija, etc. Ha de entenderse que el recorrido lineal del escaneo puede ser arqueado o bien curvilíneo, dentro del ámbito de la presente invención. Mientras tanto, el operario desplaza el sistema en una dirección de "escaneo" **127** substancialmente perpendicular a este plano. (En el ejemplo representado en la Fig. 1, la dirección de escaneo es en sentido vertical).

5 Esto significa que no es necesario que el sistema incluya mecanismos que proporcionen este movimiento relativo, permitiendo así que el sistema sea mucho más sencillo, ligero y compacto.

10 Para ofrecer estabilidad mientras el sistema se encuentra en uso, podrán incorporarse sobre la parte anterior del dispositivo uno o más mitigadores de fricción **123**, que permitan que el sistema pueda empujarse por la superficie **120** del objeto **121** del que se está formando la imagen. El mitigador de fricción **123** podrá incluir por ejemplo, un conjunto de ruedas, ruedecillas o almohadillas de baja fricción.

15 Todavía con referencia a la Fig. 1, un tubo de rayos X en miniatura (que emite aproximadamente 10 W, con un potencial de ánodo aplicado de aproximadamente 70 kV) podrá servir como fuente **102** de radiación penetrante. La rueda cortadora **110** accionada por el motor **109** crea el haz estrecho de escaneo **106** de rayos X, tal y como se muestra. El alojamiento **142** se proporciona, en el modo de realización representado, con dos asas **140** y
 20 **141** de manera que se facilite el manejo del dispositivo **100**, con una sola mano o con las dos manos en función de cuál sea la opción más cómoda para el operario.

De acuerdo con unos modos preferidos de realización de la invención, el centro de masas del dispositivo de formación de imágenes **100** se configura de tal manera que la cara
 25 anterior **126** del dispositivo permanezca en contacto total con la cara **120** del objeto que se está escaneando, incluso cuando solo se sujeta el dispositivo por el asa superior. Esto reduce cualquier fuerza de torsión sobre el brazo y la muñeca del operario, reduciendo así la fatiga y facilitando el uso del dispositivo.

30 *Correcciones correspondientes a la velocidad de escaneo y a la dirección de escaneo*

Una de las limitaciones de tener que depender del operario para que proporcione el movimiento relativo en la dirección de "escaneo", es la variabilidad en la velocidad y dirección de escaneo que se producirá como consecuencia de la falta de experiencia o de la
 35 fatiga del operario, o debido a superficies desiguales. De acuerdo con unos modos de realización de la presente invención, es posible acomodarse a la variabilidad de la velocidad de escaneo incorporando uno o más sensores **145** o codificadores de posición que permitan

inferir la posición actual en relación a una posición anterior, de manera que la relación de aspecto de la imagen pueda corregirse dinámicamente, línea a línea, en el escaneo. Por ejemplo, si el operario ralentiza el movimiento relativo durante una parte del escaneo, el codificador o sensor informa al programa informático del procesador **130** de lo que está
5 ocurriendo, y a continuación el programa informático de formación de imágenes podrá calcular el promedio de varias líneas juntas para que no se perciba ninguna distorsión en la imagen que visualiza el operario. Por el contrario, si el operario acelera el movimiento durante parte del escaneo, el programa informático podrá interpolar líneas adicionales en la imagen para que, de nuevo, no se perciba ninguna distorsión en la imagen. Además, se
10 podrán utilizar los codificadores para realizar las correcciones correspondientes a la variabilidad en la dirección de escaneo, corrigiendo la imagen si, por ejemplo, hay franjas contiguas de la imagen que no sean totalmente paralelas entre sí. Los codificadores o sensores de posición podrán incluir, pero sin limitarse a ello, un ratón óptico o mecánico, codificadores acoplados a ruedas convencionales o de tipo bola, o acelerómetros que
15 controlen los cambios en la velocidad de escaneo.

Un modo de realización adicional de la invención, permite la modificación dinámica de la corriente de ánodo del tubo de rayos X **102** en función de la velocidad instantánea de escaneo del dispositivo. Por ejemplo, si se reduce por dos la velocidad de escaneo, la
20 corriente de ánodo podrá a su vez reducirse por dos. Esto implica que, aunque se tardaría dos veces más en llevar a cabo el escaneo, la dosis total de radiación por escaneo a la que se somete tanto el operario como el medioambiente sigue siendo la misma, haciendo que el dispositivo sea más seguro.

25 *"Fusión" de imágenes*

El uso de sensores de posición o acelerómetros **145** también permite la "fusión" entre sí de las imágenes de un área reducida para así crear una imagen mayor, con un formato substancialmente mayor. Por ejemplo, el operario puede escanear primero una franja de
30 pared vertical de 30,5 centímetros (12 pulgadas) de anchura y a continuación pasar a una franja vertical contigua a esta. Puesto que el sistema conoce la ubicación (al menos en relación a un punto inicial, aunque no necesariamente una posición absoluta) del haz de rayos X en cualquier momento dado, las imágenes correspondientes a cada franja se podrán unir mediante un sistema informático o controlador **130** para crear una imagen que
35 contenga múltiples franjas. Dentro de la técnica se conocen algoritmos para la fusión de distintas imágenes, como los que se recogen, por ejemplo, en Szelinski, "Image Alignment and Stitching: A Tutorial," Technical Report MSR-TR-2004-92, Microsoft Corporation, en

Paragios (ed.), Handbook of Mathematical Models in Computer Vision, págs. 273-92 (2005).

Mejora de la seguridad frente a la radiación

- 5 Otro conjunto de consideraciones importantes con respecto al dispositivo manual **100** tiene que ver con la seguridad frente a la radiación. De acuerdo con unos modos de realización de la presente invención, un operario y otros en las inmediaciones se podrán proteger utilizando uno o más de los siguientes elementos de bloqueo:
- 10 1) el procesador **130** controla en todo momento la señal de retrodispersión detectada y si cae por debajo de un umbral predefinido, significa que la cara anterior **126** del dispositivo no se encuentra suficientemente próximo a una pared u otro objeto **121**, lo cual sería una situación indeseada;
- 15 2) un sensor (mecánico, capacitivo, etc.) **128** podrá inhabilitar los rayos X si la cara anterior del dispositivo no está contigua a una superficie sólida;
- 20 3) un sensor (óptico, acústico, etc.) podrá medir la distancia que media entre el dispositivo y el objeto más cercano y desactivar los rayos X si no se detecta ningún objeto dentro de una distancia determinada; y
- 4) un sensor de movimiento, tal como un acelerómetro **145**, podrá desactivar los rayos X si el dispositivo está parado y no en movimiento.

25

Además de sistemas de bloqueo, en otro modo de realización de la invención se emplean escudos de dispersión desplegados **129** que reducen la dosis de radiación que recibe el operario. El escudo **129** podrá ser rígido o flexible para permitir el uso del sistema en rincones de difícil acceso. Los escudos rígidos podrán ser de plomo, wolframio o acero fino (por ejemplo). Los materiales de blindaje flexibles incluyen el uso de un plástico flexible impregnado con plomo o wolframio en polvo.

30

Colimación de detectores

35 Ahora con referencia a la Fig. 2, muchos de los rayos X retrodispersados **124** que se detectan en los detectores de retrodispersión **122** del dispositivo se dispersan a partir del primer objeto **120** iluminado por el haz, que en muchos casos será la barrera de ocultación, como una pared o la puerta de un armario. Esto tiene por efecto la reducción de la

capacidad de ver los objetos **118** que se hallen detrás de la barrera, ya que estos rayos X de "campo cercano" tienden a empañar la imagen y reducir el contraste de los objetos que están más al fondo. Puesto que la dispersión en campo cercano tiene como origen un punto próximo al dispositivo, resulta ventajoso que los detectores de retrodispersión estén
5 colimados físicamente, de manera que se bloquee la entrada de la radiación del campo cercano **202** a los detectores, detectándose únicamente la dispersión del campo lejano **204** tal y como se muestra en la Fig. 2. Esto tiene como resultado una relación señal-ruido (RSR) mejorada para la formación de imágenes de mayor profundidad. La colimación puede realizarse utilizando una o más hojas finas **200** de un material absorbente de rayos X,
10 colocadas delante de los detectores de retrodispersión (por ejemplo de plomo, wolframio, latón o acero) situadas y con un ángulo tal que la radiación de campo cercano no pueda pasar entre las hojas hasta el detector.

Aparte del uso de técnicas convencionales de colimación, se podrá utilizar también una
15 técnica denominada "colimación activa" en el dispositivo manual para detectar simultáneamente los rayos X dispersados tanto a partir del campo cercano como del campo lejano. Esta técnica se describe en la solicitud de patente de los Estados Unidos con N° de serie 13/163.854, presentada el 20 de junio de 2011, que se incorpora a este documento por referencia.

20

Imágenes de transmisión

Además de realizar la formación de imágenes de retrodispersión de rayos X, el dispositivo manual de formación de imágenes de retrodispersión **100** también podrá utilizarse para la
25 creación de imágenes de transmisión. Esto precisa que un detector de transmisión se coloque detrás del objeto del que se está formando la imagen. Como el dispositivo emplea un haz estrecho de escaneo **106** de rayos X (mostrado en la Fig. 1) en vez de un haz cónico o en abanico, el detector no tiene que ser un costoso detector pixelado, sino que puede ser un detector mono-canal que cubra un área lo suficientemente grande como para interceptar
30 todos los rayos X transmitidos a través del objeto. Este detector podrá ser similar a un detector de retrodispersión, pero incluye un centelleador optimizado para la detección de rayos X en el haz principal en vez de rayos X de dispersión. Esta configuración posibilita un diseño altamente compacto y ligero, que mejora la portabilidad del dispositivo. Por ejemplo, el dispositivo lo podrá utilizar entonces un escuadrón anti-bombas para escanear objetos
35 sospechosos (tales como un paquete abandonado) en las modalidades tanto de retrodispersión como de transmisión, mejorando en gran medida la capacidad para detectar dispositivos explosivos.

Un modo de realización para el uso del dispositivo en modo de transmisión con un detector de transmisión mono-canal y unidimensional **300** fijado al dispositivo se muestra en la Fig. 3. En este caso el detector de transmisión **300** se fija al dispositivo manual **100** e intercepta el haz transmitido mientras barre en el plano horizontal el lado opuesto del objeto que se está inspeccionando. El detector de transmisión **300** podrá ser desmontable, de manera que el dispositivo pueda utilizarse con o sin imágenes de transmisión. Este modo de realización de la invención podrá utilizarse ventajosamente, por ejemplo, para la formación de imágenes de un tramo continuo de tubería. Con el detector de transmisión fijado, el dispositivo es adecuado para la inspección de artículos tales como tuberías o vigas de madera para encontrar fallos o defectos causados por la fatiga, con la creación simultánea de imágenes tanto de dispersión como de transmisión.

Un último modo de realización para permitir que el dispositivo realice imágenes de transmisión es tener un mecanismo conformador de haces **108** extraíble o intercambiable (mostrado en la Fig. 1) que permita que el dispositivo cambie de la producción de un haz estrecho de barrido a la producción de un haz en abanico. En su modo de haz en abanico, el dispositivo de formación de imágenes **100** podrá combinarse con un detector desmontable de transmisión de matriz segmentada de alta resolución **400**, que contiene muchos elementos pequeños de detección **402** como se muestra en la Fig. 4. El modo de realización de la invención que se representa en la Fig. 4 es particularmente ventajoso para la formación de imágenes de alta resolución de estructuras alargadas como tuberías o vigas de madera.

25 *Configuraciones del detector de retrodispersión*

Numerosos modos de realización de la invención utilizan diferentes configuraciones para que los detectores de retrodispersión potencien el rendimiento o proporcionen información adicional. Algunos se numeran a continuación, a modo de ejemplo:

- 30
- 1) detectores desplegados para proporcionar una mayor zona de detección. Esto permite un dispositivo muy compacto en términos de almacenamiento y movilidad, aunque permite alcanzar un mayor rendimiento de formación de imágenes. Esto resulta particularmente útil cuando la distancia de separación debe ser mayor debido a restricciones de espacio o debido a que se debe escanear una gran zona y es más rápido escanear desde una distancia mayor. Ventajosamente, estos detectores desplegados proporcionan un blindaje adicional de dispersión al operario y
- 35

opcionalmente también contienen materiales adicionales para potenciar su capacidad de blindaje, como plomo o plástico impregnado en wolframio.

- 5 2) Tamaño asimétrico o colocación del detector para proporcionar información sobre la profundidad del objeto del que se está formando una imagen, proporcionando por tanto algo de información 3D, como se describe en la patente de los Estados Unidos N° 6.282.260, que se incorpora a este documento por referencia.
- 10 3) Es posible colocar módulos detectores portátiles adicionales cerca del objeto **121** que se está escaneando. Estos módulos pueden ser autosuficientes en términos de suministro eléctrico y enviar sus señales de salida al sistema de adquisición de datos por vía inalámbrica (incluso ópticamente), o pueden tener cables que pueden conectarse al dispositivo manual o a la estación base.

Resolución de formación de imágenes variable

15 Dependiendo de los objetos escaneados, de los tiempos de escaneo requeridos, o de la distancia de separación del dispositivo desde el objeto del que se está formando una imagen, podría resultar ventajoso poder cambiar de forma dinámica la resolución de la formación de imágenes del sistema. Esto se logra con mayor facilidad variando la anchura del colimador que define la medida del haz a lo largo de la dirección de escaneo (es decir, la

20 medida del haz perpendicular a la dirección de barrido y paralela a la dirección de escaneo del dispositivo sobre el objeto). Si el dispositivo está muy cerca del objeto que se está escaneando, reducir por dos la anchura del colimador aumentará casi por dos la resolución en la dirección de escaneo. Esto además tendría la ventaja añadida de reducir la dosis por

25 unidad de tiempo al medio ambiente.

Por ejemplo, para un escaneo inicial a alta velocidad de un objeto, la anchura del colimador puede aumentarse, lo que resultará en un mayor flujo de haces (es decir, un escaneado más rápido) pero de menor resolución. Si se detecta algo sospechoso en la primera imagen de

30 baja resolución, podría realizarse un escaneo secundario de mayor resolución con una anchura reducida del colimador. La anchura del colimador puede ajustarse manualmente o con una palanca mecánica, o bien como alternativa, la anchura del colimador puede ajustarse eléctricamente utilizando accionadores electro-mecánicos o motores de pasos.

Suministro de energía remoto o Estación base

Con frecuencia, una de las limitaciones de un dispositivo manual que se opere con baterías

es la cantidad de tiempo que el dispositivo puede utilizarse antes de tener que recargar la batería. Dado que el tubo de rayos X descrito en la invención sólo usa aproximadamente 10 vatios de corriente de electrones en el ánodo, el consumo total de energía del dispositivo puede ser bastante bajo y el tiempo operativo, utilizando una batería de iones de litio, puede ser bastante sustancial.

Para aplicaciones que requieran muchos escaneos o escaneos sobre zonas muy grandes, sin embargo, podría resultar ventajoso usar una fuente de alimentación mayor que no esté montada en el dispositivo manual. La batería u otro tipo de suministro (p. ej. una celda de combustible) podría ir montada en el cinturón del operario, en una mochila que llevara el operario puesta o en un módulo aparte situado en el suelo, por ejemplo, o en un carrito.

De acuerdo con otro modo de realización de la invención, se proporciona una estación base portátil o no, en la que se coloca el dispositivo manual. La estación base puede desempeñar una o más funciones principales:

- 1) servir de soporte para el dispositivo y desplazarlo a velocidad controlada para formar imágenes de retrodispersión y/o de transmisión de alta resolución;
- 2) proporcionar energía adicional para prolongar los tiempos operativos;
- 3) recargar la batería del dispositivo; o
- 4) proporcionar conexiones eléctricas para descargar imágenes y/o información de diagnóstico.

Otros modos de realización alternativos

En ciertos modos de realización de la invención, representados en las Figs. 5A-5C, el dispositivo de alojamiento **142** incluye un modo de realización en el que el dispositivo de alojamiento tiene ambas, un asa superior **141** y un asa inferior **140**, designándose tanto el alojamiento como las asas en la Fig. 1. Esto permite que el dispositivo pueda sujetarse con el asa inferior para escanear regiones que se encuentren muy por encima del nivel del suelo y con el asa superior para escanear regiones próximas al suelo. También se ha diseñado para que pueda barrerse el sistema con un único movimiento continuo desde tan arriba como el operario pueda alcanzar con comodidad (como se muestra en la Fig. 5A) hasta el suelo (como se muestra en la Fig. 5C), usando la siguiente secuencia:

- 1) solo una mano en el asa inferior (parte superior del escáner), como en la Fig. 5A;
 - 5 2) ambas manos en ambas asas simultáneamente (parte intermedia del escáner), como en la Fig. 5B;
 - 3) solo una mano en el asa superior (parte inferior del escáner), como en la Fig. 5C.
- 10 El anterior modo de funcionamiento podría minimizar ventajosamente la fatiga del operario al dividir la carga entre ambos brazos, así como maximizar la zona escaneada por barrido vertical del dispositivo.

15 Cuando los ejemplos que se presentan en este documento implican combinaciones específicas de acciones de un método o elementos de un sistema, debería entenderse que estas acciones y estos elementos pueden combinarse de otra manera para lograr el mismo objetivo de formación de imágenes de rayos X. Además, características individuales del dispositivo podrían cumplir los requisitos de los elementos, enunciados independientemente en una reivindicación. Los modos de realización de la invención descritos en este

20 documento tienen por objeto servir de ejemplo; ya que variaciones y modificaciones de los mismos resultarán evidentes para los expertos en la materia. Se pretende que todas estas variaciones y modificaciones se encuentren dentro del ámbito de la presente invención tal y como se define en cualquiera de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de formación de imágenes que comprende:
- a. un alojamiento;
 - 5 b. una fuente de radiación penetrante contenida totalmente dentro del alojamiento para generar radiación penetrante;
 - c. un modulador espacial para conformar la radiación penetrante en un haz a fin de irradiar el objeto y hacer un barrido con el haz;
 - 10 d. un detector para generar una señal de dispersión basada en la radiación penetrante dispersada por el contenido del objeto inspeccionado;
 - e. un sensor para captar el movimiento relativo a una posición previa del aparato con respecto al objeto inspeccionado; y
 - 15 f. un procesador para recibir la señal de dispersión y para generar una imagen del contenido del objeto inspeccionado basada al menos en la señal de dispersión.
2. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el alojamiento está adaptado para que un operario pueda sujetarlo con una sola mano.
- 20 3. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor es un codificador mecánico.
4. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor es un acelerómetro.
- 25 5. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sensor es un sensor óptico.
6. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procesador está adaptado para modular una intensidad de radiación penetrante basada en el movimiento captado del aparato.
- 30 7. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un mitigador de fricción adaptado para proporcionar contacto entre el aparato y el objeto inspeccionado.
- 35 8. Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 7, en el que los

mitigadores de fricción se seleccionan de entre un grupo que incluye ruedas, ruedecillas o almohadillas de baja fricción.

- 5 **9.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende al menos un asa acoplado al alojamiento.
- 10.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1 que además comprende dos asas acopladas al alojamiento.
- 10 **11.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un sistema de bloqueo para desactivar la fuente de radiación penetrante si no se detecta ningún objeto dentro de una proximidad específica del aparato.
- 15 **12.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende al menos un colimador para atenuar la radiación detectada del material dentro de una proximidad específica del aparato.
- 13.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un detector de transmisiones acoplado al aparato.
- 20 **14.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un escudo de retrodispersión acoplado al aparato.
- 25 **15.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el escudo de retrodispersión está adaptado para desplegarse hacia el exterior desde el alojamiento.
- 30 **16.** Aparato de formación de imágenes de acuerdo con la reivindicación 13 en el que el escudo de retrodispersión está adaptado para conformarse con flexibilidad a la superficie de un objeto inspeccionado.

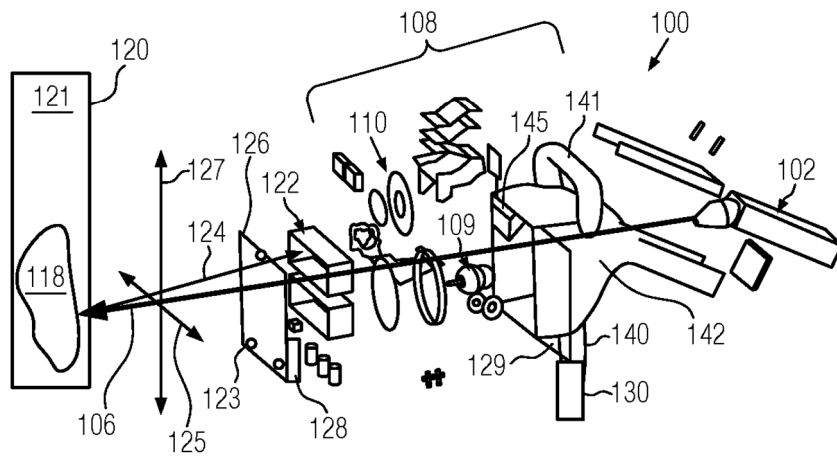


FIG. 1

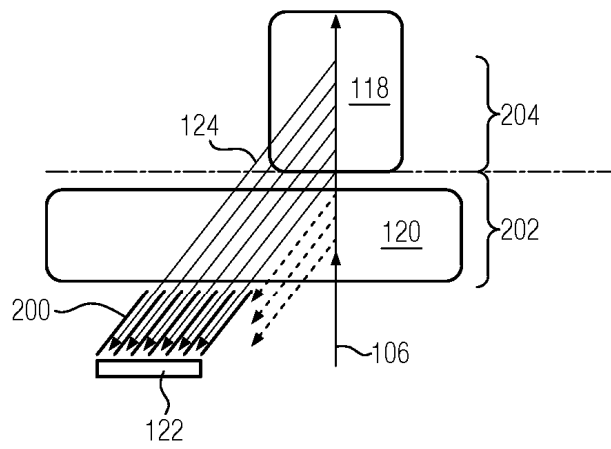


FIG. 2

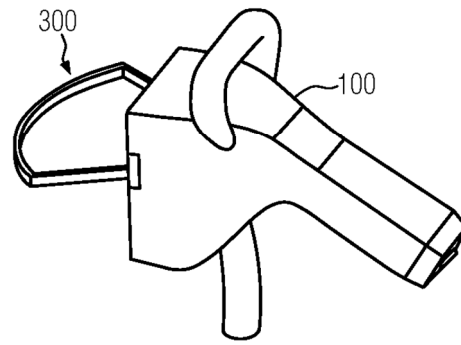


FIG. 3

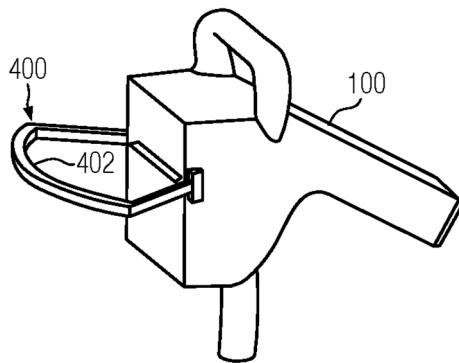


FIG. 4



FIG. 5A

FIG. 5B

FIG. 5C