

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 463**

51 Int. Cl.:

**G01N 23/04** (2008.01)

**A61B 6/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2013 PCT/CN2013/086286**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2014 WO14101566**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2013 E 13869644 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2940459**

54 Título: **Dispositivo de TC y procedimiento del mismo**

30 Prioridad:

**31.12.2012 CN 201210593844**  
**28.01.2013 CN 201310032020**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.02.2020**

73 Titular/es:

**TSINGHUA UNIVERSITY (50.0%)**  
**No. 1 Tsinghua Yuan, Haidian District**  
**Beijing 100084, CN y**  
**NUCTECH COMPANY LIMITED (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KANG, KEJUN;**  
**TANG, CHUANXIANG;**  
**ZHAO, ZIRAN y**  
**ZHANG, ZHE**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

**ES 2 743 463 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de TC y procedimiento del mismo

## 5 CAMPO TÉCNICO

**[0001]** La presente técnica en general se refiere a los campos de imagenología médica, detección industrial y otros. La técnica puede aplicarse directamente al campo médico que necesita imágenes ultrarrápidas y también al campo industrial, como el campo de detección no destructiva.

10

## ANTECEDENTES

**[0002]** La TC, abreviatura de tomografía computarizada, denota una técnica de exploración que usa un sistema computarizado para reconstruir una imagen de TC, una imagen de un objeto bajo detección, a fin de obtener una imagen de TC tridimensional. La técnica de exploración hace pasar rayos de un plano axial simple a través del objeto bajo detección, recolecta los rayos transmitidos mediante un sistema computarizado y reconstruye la imagen por medio de un enfoque de reconstrucción tridimensional, donde las partes diferentes del objeto bajo detección presentan diferentes absorptividades y transmisibilidades al respecto de los rayos transmitidos. El término "TC" usado en la presente invención, si no se especifica lo contrario, hace referencia a una TC de rayos X.

20

**[0003]** La técnica de TC presenta cinco generaciones según su desarrollo. Las primeras cuatro generaciones presentan una parte de exploración que puede implementarse mediante un tubo de rayos X móvil y un detector (modo de exploración mecánica). La tercera y la cuarta generación usan un modo de exploración espiral, y la parte de exploración usada en las mismas comprende un tubo de rayos X, un detector y un soporte de exploración donde se montan tanto el tubo de rayos X como el detector. En la operación, el tubo de rayos X emite rayos X hacia un objeto a explorar desde la periferia del objeto mediante el movimiento del soporte de exploración a una alta velocidad, y una imagen de TC explorada puede obtenerse después de la recepción del detector y el procesamiento de un sistema computarizado.

25

**[0004]** La TC espiral con filas de detectores múltiples (TCMD) que surge en los años recientes pertenece sustancialmente a la TC de cuarta generación y presenta una velocidad de exploración que es casi la misma que la de la TC espiral de una fila de detectores simples. Sin embargo, las filas de detectores han aumentado y, por consiguiente, los datos de filas múltiples pueden obtenerse rotando el tubo de rayos X en una vuelta. En lo que respecta a la TCMD de 64 filas bien desarrollada, la misma necesita 0,33 s para rotar dando una vuelta, y la resolución temporal es mejor que 50 ms (la resolución temporal depende principalmente del período de exploración, también de la cobertura de la exploración y el enfoque de reconstrucción en la TCMD).

35

**[0005]** La cuarta generación de TC antedicha presenta una ventaja de una alta resolución espacial, pero también presenta la desventaja de una baja resolución temporal. El factor principal que limita la resolución temporal es su velocidad de exploración. Para la TCMD espiral más avanzada, la velocidad de exploración máxima es solo de 0,33 s/vuelta, lo cual depende del límite de fuerza mecánica del soporte de exploración y el tubo de rayos X. Cuando la TC rota a alta velocidad, la velocidad de línea del tubo de rayos X puede ser de hasta la primera velocidad cósmica. A fin de asegurar la estabilidad de la estructura, la velocidad de rotación de la TC presenta un límite.

40

**[0006]** La TC de alta generación (TCUR) presenta un principio de exploración diferente al de las primeras cuatro generaciones. La misma usa una tecnología avanzada de haces de electrones para generar rayos X. El ánodo y el cátodo del tubo de la bombilla están separados. Los haces de electrones se emiten desde el cañón de electrones en el cátodo y se aceleran para formar haces de electrones de alta energía, los cuales pasan a través de una bobina de desviación magnética y de enfoque y se proyectan en la superficie objetiva del ánodo, la cual presenta una forma de un arco de 210°, y después se generan los electrones de rayos X. En comparación con la rotación mecánica convencional, la velocidad de exploración puede ser de hasta 50 ms/vuelta.

50

**[0007]** En la aplicación de la imagenología médica, tomamos, como un ejemplo, la imagenología cardíaca. Si se usa el modo de exploración mecánica, se explorará una posición 2 o 3 veces dentro de un segundo. Si se usa el modo de exploración con haces de electrones, se explorará una posición 20 veces dentro de un segundo. En la aplicación industrial de detección, el tiempo de exploración al llevar a cabo una TC en un objeto a gran escala, en general, es de varios minutos.

55

**[0008]** En los dispositivos de imagenología de TC existentes, hay tres formas de incrementar la velocidad de exploración: 1. Mejorar el rendimiento del hardware. Por ejemplo, mejorar la velocidad de rotación de la estructura mecánica, aumentar el número de fuentes de rayos, y otros. 2. Llevar a cabo exploraciones equivalentes por medio de la estabilidad del objeto a ser detectado. Por ejemplo, la técnica de sincronización se usa en la imagenología cardíaca. 3. Cambiar el modo de exploración, por ejemplo, a la exploración con haces de electrones (TCUR).

60

**[0009]** Todos los medios pueden acelerar la velocidad de exploración hasta una cierta medida, pero no pueden

65

lograr una exploración ultrarrápida e imágenes de TC sobre un objeto que se mueve a una alta velocidad.

**[0010]** El documento de los EE.UU. 4.352.021 A describe un dispositivo de TC con una unidad de generación de haces de electrones que genera haces de electrones con una dirección de desviación rotatoria, un objetivo  
5 semicircular y un conjunto de detectores semicirculares.

**[0011]** Por otra parte, el documento WO 2009/092372 A1 describe una disposición para una tomografía tridimensional con haces de electrones que comprende una cubierta de acero con una abertura anular.

## 10 RESUMEN

**[0012]** En vista del límite en la velocidad de exploración (es decir, la resolución temporal) de las técnicas de TC anteriores, un objeto de la presente técnica es proporcionar un dispositivo de TC de una alta resolución temporal.

15 **[0013]** La invención proporciona un dispositivo de TC con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento que usa un dispositivo de TC con las características de la reivindicación 11.

**[0014]** Según las realizaciones, el dispositivo de TC puede comprender, además, una cavidad de aceleración de resonancia configurada para operar en el modo TM<sub>010</sub> para recibir haces de electrones emitidos desde la unidad  
20 de generación de haces de electrones y acelerar los haces de electrones recibidos.

**[0015]** Según las realizaciones, el dispositivo de TC puede comprender, además, un acoplador y una fuente de potencia de microondas, donde el acoplador alimenta las microondas generadas desde la fuente de potencia de microondas a la cavidad de aceleración de resonancia para acelerar los haces de electrones.  
25

**[0016]** Según las realizaciones, la unidad de generación de haces de electrones puede comprender, además, un mecanismo de accionamiento configurado para accionar el restrictor a fin de que se mueva hacia y desde un cierto grado cuando la unidad de generación de haces de electrones genera los haces de electrones, el grado siendo inferior o igual al ángulo entre dos líneas, una línea que conecta uno de los orificios en el restrictor a un centro de un círculo  
30 sobre el cual se posicionan los orificios distribuidos de manera circular, y otra línea que conecta un orificio adyacente al centro.

**[0017]** Según las realizaciones, el dispositivo de TC puede comprender, además, una cubierta circular dispuesta al frente de un objetivo de reflejo circular y que presenta orificios correspondientes a la pluralidad de haces  
35 de electrones, para restringir los puntos de los electrones de los haces de electrones en el objetivo de reflejo circular.

**[0018]** Según las realizaciones, el dispositivo de TC puede comprender, además, una etapa de oscilación dispuesta entre la cavidad de aceleración de resonancia y el objetivo de reflejo circular y configurada para hacer que los haces de electrones de enfoquen en sí mismos.  
40

**[0019]** Según las realizaciones, el dispositivo de TC puede comprender, además, una unidad de transmisión configurada para hacer que el objeto a detectar se mueva a lo largo del eje del conjunto de detectores circulares.

**[0020]** Según las realizaciones, el ángulo entre lo normal de la superficie objetiva del objetivo de reflejo circular  
45 y la dirección de incidencia de los haces de electrones es mayor a 90 grados.

**[0021]** Según las realizaciones, el dispositivo de TC puede comprender, además, un colimador configurado para colimar los rayos X.

50 **[0022]** Según las realizaciones, cada unidad de detección en el conjunto de detectores circulares es una unidad de filas de detectores múltiples.

**[0023]** Según otro aspecto, se proporciona un procedimiento de un dispositivo de TC que comprende las etapas de generar haces de electrones desde un cañón de electrones; desviar los haces de electrones con una dirección de desviación que varía con el tiempo a fin de implementar una exploración circular; restringir los haces de electrones  
55 mediante un restrictor que presenta una pluralidad de orificios distribuidos de manera circular, de modo tal que, cuando los haces de electrones exploran a lo largo de los orificios distribuidos de manera circular, se emita una pluralidad de haces de electrones distribuidos de manera circular; generar rayos X que crucen un eje de los haces de electrones distribuidos de manera circular mediante el bombardeo del objetivo de reflejo circular por parte de los haces de electrones; y detectar los rayos X que han pasado a través de un objeto a detectar.  
60

**[0024]** Según algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender, además, una etapa de acelerar los haces de electrones distribuidos de manera circular en secuencia, por medio de una cavidad de aceleración de resonancia que opera en el modo TM<sub>010</sub>.  
65

**[0025]** Según algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender, además, una etapa de alimentar, por medio de un acoplador, las microondas generadas por una fuente de potencia de microondas a la cavidad de aceleración de resonancia a fin de acelerar los haces de electrones en secuencia.

5 **[0026]** Según algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender, además, una etapa de accionar un restrictor para que se mueva hacia y desde un cierto grado, al generar los haces de electrones, con el grado siendo inferior o igual al ángulo entre dos líneas, una de las líneas que conecta uno de los orificios en el restrictor a un centro de un círculo en que se posicionan los orificios distribuidos de manera circular, y otra línea que conecta un orificio adyacente al centro.

10

**[0027]** Según las soluciones anteriores, esto puede mejorar la velocidad de exploración de TC de manera drástica, mientras asegura una cierta resolución temporal.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

15

**[0028]** Las implementaciones de la presente técnica se ilustran en los dibujos. Los dibujos y las implementaciones proporcionan algunas realizaciones de la presente técnica, de manera no exclusiva y sin limitación, donde

20 la fig. 1 ilustra una vista general de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

la fig. 2 ilustra un diagrama esquemático de una parte de exploración eléctrica de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

25 la fig. 3 es un diagrama esquemático de un restrictor de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

la fig. 4 ilustra una vista de despiece de una parte de exploración eléctrico de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

30

la fig. 5 ilustra un diagrama esquemático de síntesis de una parte de exploración eléctrica de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

35 la fig. 6 ilustra un patrón de campo cuando una cavidad coaxial opera en un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

la fig. 7 ilustra una trayectoria de los haces de electrones cuando la cavidad coaxial opera en un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

40 la fig. 8 ilustra un diagrama esquemático de un objetivo de reflejo circular en un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

la fig. 9 ilustra un diagrama de los modos de operación de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica.

45

la fig. 10 ilustra un diagrama esquemático de una cavidad coaxial y un acoplador en un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica;

50 la fig. 11 ilustra un diagrama de una cubierta circular dispuesta en frente de un objetivo de reflejo en un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica.

#### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES**

**[0029]** Las realizaciones particulares de la presente técnica se describen a continuación de manera detallada.

55 Cabe señalar que las realizaciones de la presente invención se usan solo con fines ilustrativos y no limitan la presente técnica. En la descripción a continuación, se explica un número de detalles particulares a fin de proporcionar un mejor entendimiento de la presente técnica. Sin embargo, para los expertos en la materia, será evidente que la presente técnica puede implementarse sin estos detalles particulares. En otros ejemplos, no se describen los circuitos, materiales y procedimientos bien conocidos para no oscurecer la presente técnica.

60

**[0030]** A través de la especificación, la referencia a "una realización" o "un ejemplo" significa que las características, estructuras o propiedades específicas descritas en conjunto con la realización o ejemplo se incluyen en al menos una realización de la presente técnica. Por lo tanto, las frases "en una realización" o "en un ejemplo" que aparecen en varias posiciones a lo largo de la memoria descriptiva podrían no hacer referencia a una y la misma

65 realización o ejemplo. Además, las características, estructuras y propiedades específicas pueden combinarse en una

o varias realizaciones o ejemplos en cualquier manera adecuada. Por otra parte, los expertos en la materia deben entender que el término "y/o" usado en la presente invención significa todas y cada una de las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados.

5 **[0031]** A fin de mejorar más la velocidad de exploración de un dispositivo de TC, según una realización, se proporciona un dispositivo de TC que comprende una unidad de generación de haces de electrones que comprende un cañón de electrones, una unidad de exploración de desviación y un restrictor, donde el cañón de electrones genera haces de electrones, la unidad de exploración de desviación desvía los haces de electrones con una dirección de desviación que varía con el tiempo a fin de implementar una exploración circular, y el restrictor presenta una pluralidad  
10 de orificios distribuidos de manera circular, y donde, cuando los haces de electrones exploran a lo largo de los orificios distribuidos de manera circular, se emite una pluralidad de electrones distribuidos de manera circular; un objetivo de reflejo circular que se dispone para que se encuentre coaxial con los haces de electrones distribuidos de manera circular, donde los haces de electrones distribuidos de manera circular bombardean el objetivo de reflejo circular para generar los rayos X que cruzan el eje de los haces de electrones distribuidos de manera circular; y un conjunto de detectores  
15 circulares que se dispone para que se encuentre coaxial con el objetivo de reflejo circular y se configura para incluir una pluralidad de unidades de detección que reciben los rayos X después de que han pasado a través de un objeto a detectar.

**[0032]** Por ejemplo, para una cavidad de resonancia coaxial alimentada por una fuente de potencia de microondas de radiofrecuencia de una alta frecuencia de repetición, se usan haces de electrones distribuidos de manera circular que se someten al procesamiento en la unidad de exploración de desviación y el restrictor. Los haces de electrones son acelerados en el campo de TM<sub>010</sub> en la cavidad de resonancia coaxial, oscilan y después bombardean el objetivo de reflejo para generar una secuencia de rayos X que son perpendiculares al eje de la cavidad de resonancia coaxial y pasan a través del mismo centro. La secuencia de rayos X se usa para llevar a cabo la  
20 imagenología de TC sobre un objeto a detectar.  
25

**[0033]** Según la realización que usa la estructura antedicha, la misma puede mejorar la velocidad de exploración, mientras asegura una cierta resolución espacial. Mientras tanto, al ajustar la potencia de alimentación de la fuente de potencia de microondas, la energía de los rayos X puede ajustarse en un intervalo, proporcionando una  
30 posibilidad de generar rayos X de alta energía que son aplicables al campo industrial de la detección no destructiva. Por ejemplo, los haces de rayos X de diferentes energías pueden generarse al acelerar haces de electrones con diferentes potencias de alimentación y, por consiguiente, es posible implementar una exploración de energía múltiple, por ejemplo, una exploración de energía dual.

35 **[0034]** Por ejemplo, es posible emitir haces de electrones de diferentes energías, es decir, rayos X de diferentes energías, mediante el ajuste de la potencia de alimentación de la fuente de potencia de microondas. En un cierto intervalo, la relación entre los haces de electrones y la potencia de alimentación satisface:

$$E \propto \sqrt{P} \quad (1)$$

40 donde E es la energía del haz de electrones y P es la potencia de alimentación. Por consiguiente, se pueden emitir rayos X de energías múltiples.

**[0035]** La fig. 1 ilustra una vista general de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica. Como se muestra en la fig. 1, el dispositivo de TC según la realización comprende una unidad de exploración eléctrica, un sistema de control central 1, una unidad de control del cañón de electrones 2, una fuente de potencia de microondas 3, una unidad de control de detectores 4, una unidad de procesamiento de datos 5 y una unidad de reconstrucción de imágenes 6. La unidad de exploración eléctrica comprende una unidad de generación de haces de electrones, una cavidad de aceleración de resonancia coaxial 8, un objetivo metálico 9 y un detector circular 11. La unidad de  
50 generación de haces de electrones comprende, por ejemplo, un cañón de electrones 7, una bobina de desviación horizontal y vertical (es decir, una unidad de exploración de desviación) y un restrictor.

**[0036]** La unidad de exploración eléctrica es el hardware para implementar la imagenología de TC ultrarrápida. Como se muestra en la fig. 2, que ilustra la estructura de la unidad de exploración eléctrica, el cañón de electrones 7  
55 emitirá electrones si se lo dispara.

**[0037]** Como se muestra en la fig. 2, el cañón de electrones 7 genera haces de electrones que llevan a cabo una exploración circular bajo el control de una bobina de desviación (mediante, por ejemplo, la aplicación a señales sinusoidales de una bobina de desviación horizontal y una bobina de desviación vertical que son diferentes por 90° en fase, es decir, una señal sinusoidal y una señal coseno, respectivamente). La fig. 3 ilustra un restrictor de un dispositivo de TC según una realización de la presente técnica. El restrictor 16 se dispone de manera descendente hacia el cañón de electrones 7, y una unidad de desviación controla los haces de electrones para explorar a lo largo de los orificios distribuidos de manera circular en el restrictor 16. Cuando los haces de electrones exploran hacia un orificio 17, una

parte de los haces de electrones pasa a través del mismo y forma haces de electrones que son paralelos al eje. Si bien en la fig. 3 se muestra que el restrictor 16 presenta varios orificios, para un experto en la materia será obvio que el restrictor puede presentar más orificios. Por ejemplo, un plano metálico sobre el que se forman cientos de orificios distribuidos de manera circular podría usarse como el restrictor.

5

**[0038]** La cavidad de aceleración de resonancia coaxial 8 opera en el modo TM010 y acelera los electrones longitudinalmente para hacer que los electrones bombardeen el objetivo metálico 9 para generar los rayos X. El detector circular 11 recibe rayos X que han pasado a través de un objeto a ser detectado 10.

10 **[0039]** La fig. 5 ilustra las posiciones relativas de varios miembros de la unidad de exploración eléctrica cuando la misma está operando. El restrictor que restringe los haces de electrones generados por el cañón de electrones 7 se dispone sobre un lado de la cavidad coaxial 8 que está lejos del objetivo de metal 9. Hay una etapa de oscilación entre la cavidad coaxial 8 y el objetivo metálico 9 para hacer que los haces de electrones se enfoquen en sí mismos. Hay un pequeño agujero entre el objetivo metálico 9 y el detector 11, donde puede disponerse un colimador para asegurar la calidad de la imagen.

**[0040]** Al llevar a cabo las imágenes, como se muestra en la fig. 1, la unidad de control del cañón de electrones 2 recibe un comando de inicio de exploración desde el sistema de control central 1 y controla al cañón de electrones 7 para que emita los haces de electrones  $I_0$  (según la energía de aceleración de electrones y el diseño del colimador, se permite que de 1~3 cañones de electrones emitan electrones al mismo tiempo para acelerar la velocidad de exploración). Los haces de electrones  $I_0$  se aceleran en la cavidad de aceleración de resonancia coaxial 8 para contar con la energía esperada (la cual depende de la potencia de alimentación de la fuente de potencia de microondas 3, y puede ser tan baja como de 100 keV o tan alta como de 1 MeV). Los haces de electrones acelerados  $I_1$  bombardean el objetivo metálico 9 para generar rayos X  $J_0$  que crucen el eje de la cavidad de resonancia coaxial. Por ejemplo, los rayos X son sustancialmente perpendiculares al eje de la cavidad de resonancia coaxial, colimados por el colimador entre el objetivo metálico 9 y el detector 11, y pasan a través de un objeto 10 a ser detectado que es transportado en una unidad de transmisión. Los rayos X atenuados  $J_1$  son recibidos por el detector 11. La unidad de transmisión se mueve a lo largo del eje de la cavidad de resonancia coaxial.

30 **[0041]** La unidad de control del detector 4 recibe una instrucción de inicio de exploración desde la unidad de control central 1 y controla al detector 11 para que este recolecte datos y los transmita a la unidad de control central 1. La unidad de control central redispone los datos del detector recolectados según la secuencia de los haces de electrones que son restringidos mediante el restrictor 16 y transmiten los datos a la unidad de procesamiento de datos 5 para su preprocesamiento. La unidad de procesamiento de datos 5 lleva a cabo procesamientos tales como la corrección de falta de uniformidad, corrección de endurecimiento, corrección de brillo y así sucesivamente, y transmite los datos de proyección estándar procesados a la unidad de reconstrucción de imágenes 6 para su reconstrucción. De ese modo, puede obtenerse una secuencia de imágenes de TC de posiciones específicas del objeto a detectar.

**[0042]** El principio de aceleración de la cavidad de aceleración de resonancia coaxial 8 en la unidad de exploración eléctrica se describirá en lo sucesivo. La cavidad de aceleración de resonancia coaxial 8 recibe potencia de la fuente de potencia de microondas 3 cuando opera, y establece un campo del modo TM010 en la cavidad, como se muestra en la fig. 6. La izquierda de la fig. 6 es una vista izquierda, la derecha de la fig. 6 es una vista frontal, la línea de puntos denota el campo magnético, y la línea sólida denota el campo eléctrico. La distribución de campo del modo presenta los siguientes atributos:

45

**[0043]** El campo eléctrico solo presenta componentes longitudinales, y el campo magnético solo cuenta con componentes axiales.

**[0044]** El campo eléctrico longitudinal y el campo magnético axial son uniformes a lo largo de la dirección longitudinal.

**[0045]** El campo eléctrico longitudinal es máximo en una posición que está alrededor del punto medio entre el diámetro externo y el diámetro interno de la cavidad coaxial y más cerca del diámetro externo.

55 **[0046]** El campo magnético es 0 a una posición donde el campo eléctrico longitudinal es máximo (depende de los atributos de la cavidad de resonancia).

**[0047]** El modo TM010 de la cavidad coaxial es adecuado para acelerar electrones debido a los atributos de distribución del campo antedicho. Además, el campo magnético que es casi lineal alrededor de la posición en que el campo eléctrico es máximo hace que los haces de electrones se enfoquen en sí mismos y, por consiguiente, no se requiere un módulo de enfoque.

**[0048]** Ahora nos referiremos a la fig. 10. La izquierda de la fig. 10 es una vista derecha de la cavidad coaxial 8 y el acoplador 14, y la derecha de la fig. 10 es la vista frontal de la cavidad coaxial 8 y el acoplador 14. El campo que se muestra en la fig. 10 es un patrón de campo de la sección transversal de la dirección longitudinal (vertical respecto

65

del papel) de la vista. A fin de excitar un campo del modo TM010 en la cavidad coaxial, el patrón de campo transmitido en el acoplador (mostrado en gris en la fig. 10) debe coincidir con el patrón de campo de la cavidad coaxial. El modo de orden menor en el acoplador de guía de ondas es el modo TE10, y dicho tipo de patrón de campo puede establecerse si el acoplador se dispone como se muestra en la fig. 8. Es decir, el lado corto de la guía de ondas es paralelo al eje de la gravedad coaxial, y el lado largo es perpendicular al eje de la gravedad coaxial. Como se puede observar en la fig. 10, el patrón de campo del acoplador coincide con el patrón de campo de la cavidad coaxial y, por consiguiente, un campo del modo TM010 puede excitarse de manera efectiva en la cavidad coaxial.

**[0049]** El restrictor 16 puede disponerse en la cavidad coaxial 8 donde el campo eléctrico es máximo y emite un paquete de haces de electrones con una energía inicial de alrededor de 10 keV. La fig. 7 muestra una trayectoria de haces de electrones que son típicamente parámetros en el campo electromagnético en la cavidad coaxial. La izquierda de la fig. 7 es una vista izquierda ampliada de la cavidad coaxial, y la derecha de la fig. 7 es una vista ampliada de los haces de electrones. La cavidad coaxial presenta una altura de alrededor de 5 cm. Como se puede observar en la vista ampliada de la trayectoria de los haces de electrones a la derecha de la fig. 7 (solo la parte de una alta densidad de electrones se muestra y los electrones que no son capturados se filtran), el tamaño lateral de los haces de electrones aumenta a medida que los haces de electrones se aceleran en la cavidad coaxial. Sin embargo, en la etapa de oscilación después de la cavidad coaxial, aparece un efecto de enfoque debido a la modulación de momento lateral dentro de la cavidad. Esta es la razón por la que se debe disponer una etapa de oscilación entre la cavidad coaxial 8 y el objetivo metálico 9. La etapa de oscilación puede hacer que los haces de electrones se enfoquen en sí mismos.

**[0050]** En algunas realizaciones, el objetivo metálico 9 y el detector 11 no pueden disponerse en la misma posición longitudinal en la instalación real y, por lo tanto, los rayos X generados por el bombardeo de parte de los haces de electrones llegan a la superficie del detector de manera oblicua. Por consiguiente, necesita inclinar la superficie del detector para ponerla perpendicular a la dirección de incidencia principal de los rayos X.

**[0051]** Además, a fin de asegurar la dirección de incidencia principal de los rayos X de la etapa inicial sea oblicua, necesita hacer que el ángulo entre lo normal de la superficie objetiva del objetivo metálico y la dirección de incidencia de los haces de electrones sea mayor a 90 grados. Por consiguiente, la superficie objetiva del objetivo metálico es oblicua, como se muestra en la fig. 8. Preferentemente, el ángulo entre lo normal de la superficie objetiva del objetivo metálico y la dirección de incidencia de los haces de electrones es de alrededor de 135 grados.

**[0052]** En algunas realizaciones, a fin de mejorar la calidad de los rayos X irradiados sobre el objeto, se necesita disponer un colimador 12 entre el objetivo metálico 9 y el detector 11. Como se muestra en la fig. 8, la función del colimador 12 es bloquear algunos rayos X de la etapa inicial (es decir, los rayos X generados durante el bombardeo por parte de los electrones) y permitir que los rayos X de la etapa inicial en el centro pasen, de modo que mejore la direccionalidad de los rayos X y se reduzca la interferencia de la distribución angular de la fuerza de los rayos X en la precisión de los datos si se usa una unidad de filas de detectores múltiples.

**[0053]** En algunas realizaciones, aún existe alguna distribución angular de la fuerza de los rayos X, incluso si se dispone un colimador 12. La distribución angular puede usarse para lograr el objeto de la exploración de las imágenes de una pluralidad de filas con una vuelta. El término "unidad de filas de detectores múltiples" que se usa en la presente invención significa que los detectores se agrupan en filas múltiples. Cuando los rayos X se irradian sobre las superficies de los detectores, los detectores de las diferentes filas perciben rayos X de diferente fuerza (es decir, transportan información de diferentes cortes del objeto) y, de ese modo, se pueden obtener los datos de cortes múltiples del objeto. Después de explorar el objeto en una vuelta, es posible obtener la imagen de cortes múltiples. Por lo tanto, una unidad de filas de detectores múltiples puede acortar el tiempo de exploración total.

**[0054]** En la realización como se muestra, para acelerar los haces de electrones se usa una cavidad de resonancia coaxial. En otras realizaciones, se puede usar un campo eléctrico de alto voltaje, en lugar de una cavidad de resonancia coaxial, para acelerar los haces de electrones. De manera alternativa, en algunas realizaciones, si los haces de electrones generados por la unidad de emisión de haces de electrones presentan la fuerza suficiente, no será necesario un medio de aceleración.

**[0055]** En algunas realizaciones, el dispositivo de TC opera en más de un modo de operación. Esto depende de la estructura de la fuente de electrones, lo cual también es una ventaja del dispositivo de TC según la presente técnica por encima de otros dispositivos de TC. Como se muestra en la fig. 9 (a), se ilustra un modo común donde el restrictor 16 restringe los haces de electrones continuos generados desde el cañón de electrones 7 a lo largo de una trayectoria circular. Los haces de electrones bombardean el objetivo metálico 9 y después los rayos X se emiten desde el punto objetivo 13, pasan a través del objeto y a continuación son recibidas por el detector 11 para obtener los datos.

**[0056]** En algunas realizaciones, se proporciona un mecanismo accionador para accionar el restrictor 16 a fin de que serpente. La fig. 9 describe otro modo de operación en (b), es decir, el modo de serpiente del restrictor. El término "serpenteo" significa que el círculo donde el restrictor 16 está ubicado se mueve hacia y desde un cierto grado pequeño. El modo presenta una ventaja para mejorar la resolución espacial. El punto objetivo rota a lo largo del

restringidor 16 y, por consiguiente, los rayos X ahora pueden cubrir un intervalo que, de otro modo, los rayos X anteriores no podrían cubrir. Desde ese punto de vista, el "serpenteo" del restringidor 16 duplica la densidad de los haces de electrones. Por ejemplo "serpenteo" en el modo como se muestra en (b) duplica la densidad de los haces de electrones. Cuanto mayores sean los tiempos de la emisión de electrones durante el "serpenteo", mayor será la  
5 densidad y mayor será la resolución espacial del dispositivo de TC.

**[0057]** Por ejemplo, en algunas realizaciones, se proporciona un mecanismo de accionamiento para accionar el restringidor 16 a fin de que se mueva hacia y desde cierto grado cuando la unidad de generación de haces de electrones genera haces de electrones, con el grado siendo inferior o igual al ángulo entre dos líneas, una línea que  
10 conecta uno de los orificios sobre el restringidor a un centro de un círculo sobre el que se posicionan los orificios distribuidos de manera circular, y otra línea que conecta un orificio adyacente al centro.

**[0058]** Cabe señalar que, si bien la presente técnica se aplica principalmente a la imagenología médica, es posible aplicarla al tratamiento médico o al campo de detección no destructiva que requiere rayos X de alta energía  
15 debido al ajuste de la energía de los rayos X.

**[0059]** Si bien se usa un cañón de electrones para generar haces de electrones que alcancen una exploración circular y se usa un restringidor 16 para restringir los haces de electrones para generar haces de electrones que sean paralelos al eje en la realización, también son posibles otras unidades de generación de haces de electrones.  
20

**[0060]** Según otras realizaciones, a fin de reducir el tamaño del punto objetivo de los haces de electrones en el objetivo metálico 9 para mejorar la resolución espacial del dispositivo de TC, se puede proporcionar una cubierta circular 18 en frente del objetivo metálico. Como se muestra en la fig. 11, la cubierta circular presenta, por ejemplo, pequeños orificios para restringir el punto objetivo de los haces de electrones paralelos desde el restringidor 16 sobre el  
25 objetivo metálico 9. Según otras realizaciones, puede proporcionarse un campo eléctrico uniforme de alto voltaje entre el restringidor 16 y el objetivo metálico 9 para acelerar los haces de electrones desde el restringidor 16.

**[0061]** Sin bien en la realización se describen ejemplos de la generación de haces de electrones paralelos, de la aceleración y de la disposición del objetivo metálico, resulta obvio para un experto en la materia que es posible  
30 formar otras realizaciones al combinar esos ejemplos, que no se describen de manera detallada en la presente invención.

**[0062]** En algunas realizaciones, se proporciona un procedimiento de un dispositivo de TC que comprende las etapas de generar haces de electrones desde un cañón de electrones; desviar los haces de electrones con una  
35 dirección de desviación que varía con el tiempo a fin de implementar una exploración circular; restringir los haces de electrones mediante un restringidor que presenta una pluralidad de orificios distribuidos de manera circular, de modo tal que, cuando los haces de electrones exploran a lo largo de los orificios distribuidos de manera circular, se emita una pluralidad de haces de electrones distribuidos de manera circular; generar rayos X que crucen un eje de los haces de electrones distribuidos de manera circular mediante el bombardeo del objetivo de reflejo circular por parte de los haces  
40 de electrones; y detectar los rayos X que han pasado a través de un objeto a detectar.

**[0063]** Según algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender, además, una etapa de acelerar los haces de electrones distribuidos de manera circular en secuencia, por medio de una cavidad de aceleración de resonancia que opera en el modo TM<sub>010</sub>.  
45

**[0064]** Según algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender, además, una etapa de alimentar, por medio de un acoplador, las microondas generadas por una fuente de potencia de microondas a la cavidad de aceleración de resonancia a fin de acelerar los haces de electrones en secuencia.

**[0065]** Según algunas realizaciones, el procedimiento puede comprender, además, una etapa de accionar un restringidor para que se mueva hacia y desde un cierto grado, al generar los haces de electrones, con el grado siendo inferior o igual al ángulo entre dos líneas, una de las líneas que conecta uno de los orificios en el restringidor a un centro de un círculo en que se posicionan los orificios distribuidos de manera circular, y otra línea que conecta un orificio adyacente al centro.  
50

**[0066]** La descripción detallada antedicha ha establecido varias realizaciones del dispositivo de TC y el procedimiento del mismo por medio del uso de diagramas de bloque, diagramas de flujo y/o ejemplos. En la medida en que dichos diagramas de bloque, diagramas de flujo y/o ejemplos contengan una o más de las funciones y/u operaciones, los expertos en la materia entenderán que cada función y/u operación dentro de dichos ejemplos puede  
60 implementarse de manera individual y/o colectiva, mediante una amplia gama de hardware, software, firmware o prácticamente cualquier combinación de los mismos. En una realización, varias porciones del asunto en cuestión descrito en la presente invención pueden implementarse por medio de circuitos integrados de aplicación específica (CIAE), conjuntos de compuertas programables desde el campo (FPGA), procesadores de señales digitales (PSD) u otros formatos integrados. Sin embargo, los expertos en la materia reconocerán que algunos aspectos de las  
65 reivindicaciones descritas en la presente invención, en su totalidad o en parte, pueden implementarse de manera



equivalente en circuitos integrados, como uno o más programas de ordenador ejecutados en uno o más ordenadores (por ejemplo, como uno o más programas ejecutados en uno o más sistemas computarizados), como uno o más programas ejecutados en uno o más procesadores (por ejemplo, como uno o más programas ejecutados en uno o más microprocesadores), como firmware, o prácticamente cualquier combinación de los mismos, y que el diseño de los sistemas de circuitos y/o la escritura del código para el software o firmware estaría bien dentro de la habilidad de los expertos en la materia en vista de esta descripción. Además, los expertos en la materia apreciarán que los mecanismos del asunto en cuestión descrito en la presente invención son capaces de ser distribuidos como un producto de programa en una variedad de formas, y que una realización ilustrativa del asunto en cuestión descrito en la presente invención se aplica sin importar el tipo particular de medio de señal portadora usado para, de hecho, llevar a cabo la distribución. Los ejemplos de un medio de señal portadora incluyen, entre otros, los siguientes: un medio de tipo grabable como un disquete flexible, una unidad de disco duro, un disco compacto (CD), un disco versátil digital (DVD), una cinta digital, una memoria de ordenador, etc.; y un medio de tipo de transmisión como un medio digital y/o de comunicación análoga (por ejemplo, un cable de fibra óptica, una guía de ondas, un enlace de comunicación por cable, un enlace de comunicación inalámbrica, etc.).

**[0067]** Si bien la presente técnica ha sido descrita en referencia a varias realizaciones típicas, para los expertos en la materia resultará evidente que los términos se usan con fines ilustrativos y explicativos y no con la intención de limitar. La presente técnica puede practicarse en varias formas sin apartarse del espíritu o la esencia de la presente técnica. Debe entenderse que las realizaciones no se limitan a ninguno de los detalles anteriores, y deben interpretarse en un sentido amplio dentro del alcance según lo definido en las reivindicaciones siguientes. Por lo tanto, las modificaciones y alternativas que caen dentro del alcance de las reivindicaciones deben ser comprendidas por el alcance de la presente técnica, la cual se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de TC que comprende
- 5 una unidad de generación de haces de electrones (2) que comprende un cañón de electrones (7) y una unidad de exploración de desviación, donde el cañón de electrones (7) genera haces de electrones y la unidad de exploración de desviación desvía los haces de electrones con una dirección de desviación que varía con el tiempo a fin de implementar una exploración circular;
- 10 un objetivo de reflejo circular (9) dispuesto para generar rayos X; y
- un conjunto de detectores circulares (11) que se dispone para que se encuentre coaxial con el objetivo de reflejo circular (9) y se configura para incluir una pluralidad de unidades de detección que reciben los rayos X después de que han pasado a través de un objeto (10) a detectar;
- 15 **caracterizado porque**
- un restrictor (16) forma parte de la unidad de generación de haces de electrones (2), donde el restrictor (16) presenta una pluralidad de orificios (17) distribuidos de manera circular, y donde, cuando los haces de electrones exploran a lo
- 20 largo de los orificios (17) distribuidos de manera circular, se emite una pluralidad de haces de electrones distribuidos de manera circular,
- y donde el objetivo de reflejo circular (9) se dispone de manera coaxial con los haces de electrones distribuidos de manera circular y estos últimos bombardean el objetivo de reflejo circular (9) para generar rayos X que cruzan el eje
- 25 de los haces de electrones distribuidos de manera circular.
2. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, que comprende, además, una cavidad de aceleración de resonancia (8) configurada para operar en el modo TM<sub>010</sub> para recibir haces de electrones emitidos desde la unidad de generación de haces de electrones (2) y acelerar los haces de electrones recibidos.
- 30 3. El dispositivo de TC según la reivindicación 2, que comprende, además, un acoplador (14) y una fuente de potencia de microondas (3), donde el acoplador (14) alimenta las microondas generadas desde la fuente de potencia de microondas (14) a la cavidad de aceleración de resonancia (8) para acelerar los haces de electrones.
- 35 4. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, donde la unidad de generación de haces de electrones (2) comprende, además, un mecanismo de accionamiento configurado para accionar el restrictor (16) a fin de que se mueva hacia y desde un cierto grado cuando la unidad de generación de haces de electrones (2) genera los haces de electrones, el grado siendo inferior o igual al ángulo entre dos líneas, una línea que conecta uno de los orificios en el restrictor (16) a un centro de un círculo sobre el cual se posicionan los orificios (17) distribuidos de manera circular, y
- 40 otra línea que conecta un orificio adyacente al centro.
5. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, que comprende, además, una cubierta circular (18) dispuesta al frente de un objetivo de reflejo circular (9) y que presenta orificios (19) correspondientes a la pluralidad de haces de electrones, para restringir los puntos de los electrones de los haces de electrones en el objetivo de reflejo
- 45 circular (9).
6. El dispositivo de TC según la reivindicación 3, que comprende, además, una etapa de oscilación dispuesta entre la cavidad de aceleración de resonancia (8) y el objetivo de reflejo circular (9) y configurada para hacer que los haces de electrones de enfoquen en sí mismos.
- 50 7. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, que comprende, además, una unidad de transmisión configurada para hacer que el objeto (10) a detectar se mueva a lo largo del eje del conjunto de detectores circulares (11).
- 55 8. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, donde el ángulo entre lo normal de la superficie objetiva del objetivo de reflejo circular (9) y la dirección de incidencia de los haces de electrones es mayor a 90 grados.
9. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, que comprende, además, un colimador (12) configurado para colimar los rayos X.
- 60 10. El dispositivo de TC según la reivindicación 1, donde cada unidad de detección en el conjunto de detectores circulares (11) es una unidad de filas de detectores múltiples.
11. Un procedimiento de uso de un dispositivo de TC que comprende las etapas de generar haces de
- 65 electrones desde un cañón de electrones (7);

desviar los haces de electrones con una dirección de desviación que varía con el tiempo a fin de implementar una exploración circular;

5 generar los rayos X mediante el bombardeo del objetivo de reflejo circular (9) por parte de los haces de electrones; y  
detectar los rayos X que han pasado a través de un objeto (10) a detectar, **caracterizado por** las etapas de:

10 restringir los haces de electrones mediante un restrictor (16) que presenta una pluralidad de orificios (17) distribuidos de manera circular, de modo tal que, cuando los haces de electrones exploran a lo largo de los orificios (17) distribuidos de manera circular, se emita una pluralidad de haces de electrones distribuidos de manera circular,

15 donde los rayos X son generados por el bombardeo del objetivo de reflejo circular (9) por parte de los haces de electrones distribuidos de manera circular, y los rayos X cruzan un eje de los haces de electrones distribuidos de manera circular.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende, además, una etapa de acelerar los haces de electrones distribuidos de manera circular en secuencia, por medio de una cavidad de aceleración de resonancia (8) que opera en el modo TM<sub>010</sub>.

20 13. El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende, además, una etapa de alimentar, por medio de un acoplador (14), las microondas generadas por una fuente de potencia de microondas (3) a la cavidad de aceleración de resonancia (8) a fin de acelerar los haces de electrones en secuencia.

25 14. El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende, además, una etapa para accionar el restrictor (16) para que se mueva hacia y desde un cierto grado cuando genera los haces de electrones, el grado siendo inferior o igual a un ángulo entre dos líneas, una línea que conecta uno de los orificios (17) en el restrictor a un centro de un círculo donde se posicionan los orificios distribuidos de manera circular (17), y otra línea que conecta un orificio adyacente al centro.

30

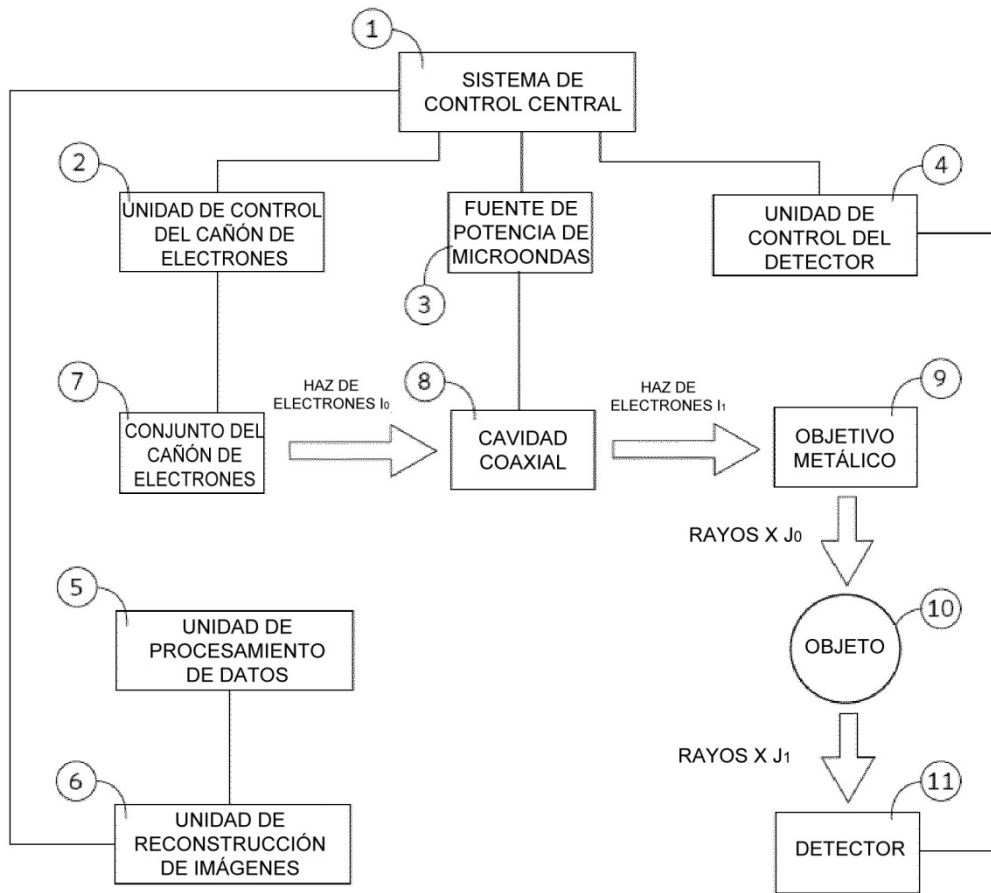


Fig. 1

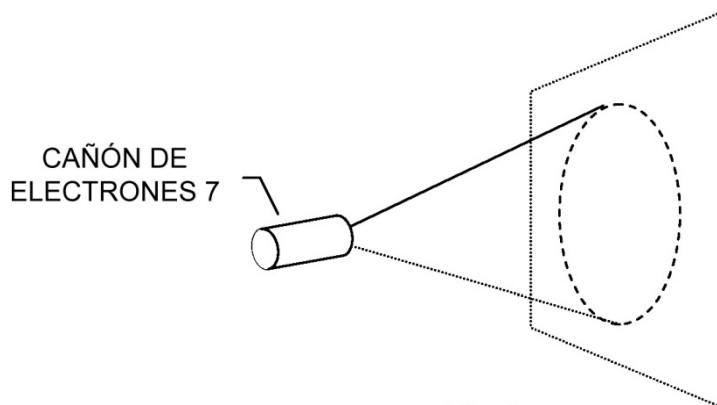


Fig. 2

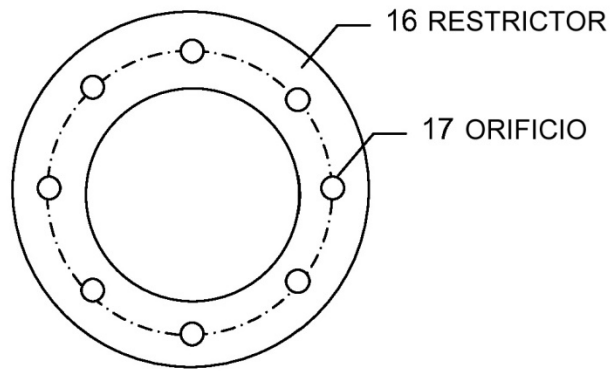


Fig. 3

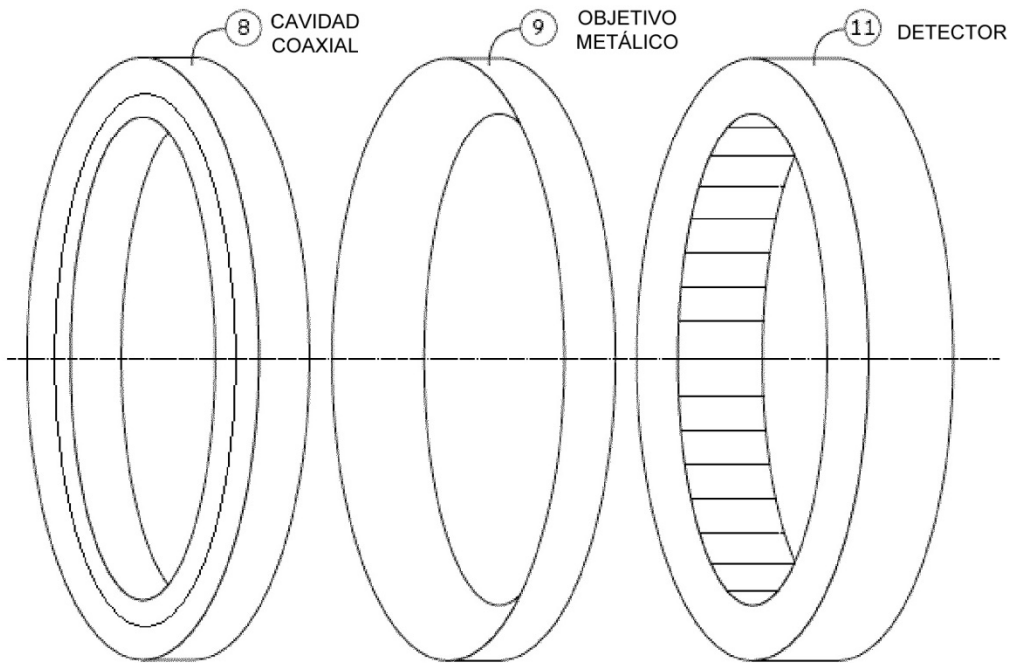


Fig. 4

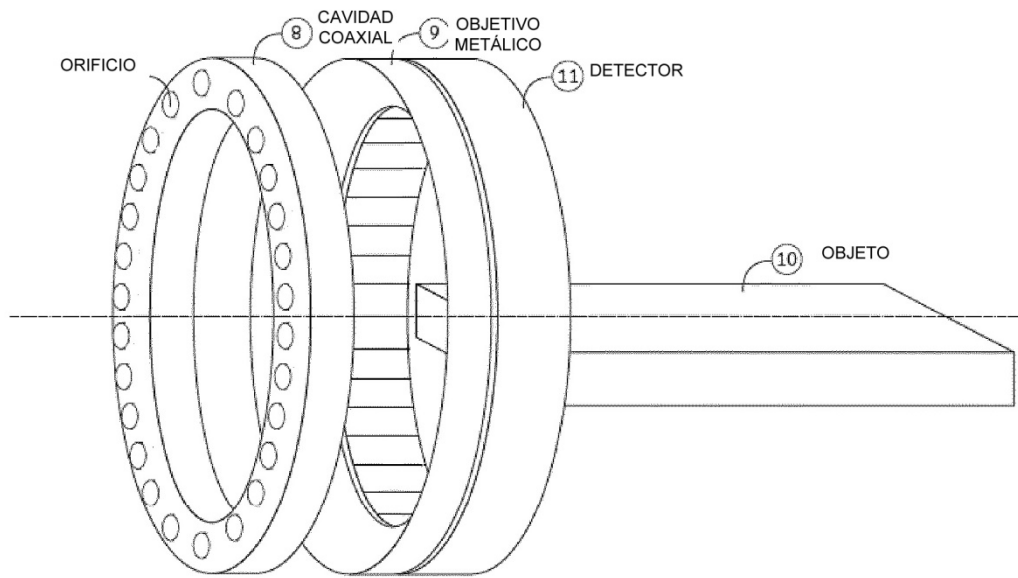


Fig. 5

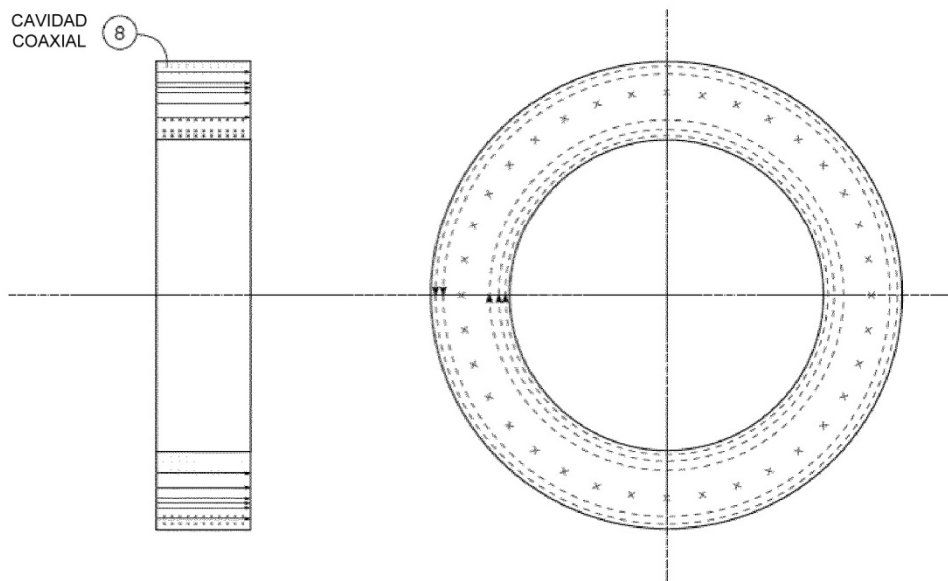


Fig. 6

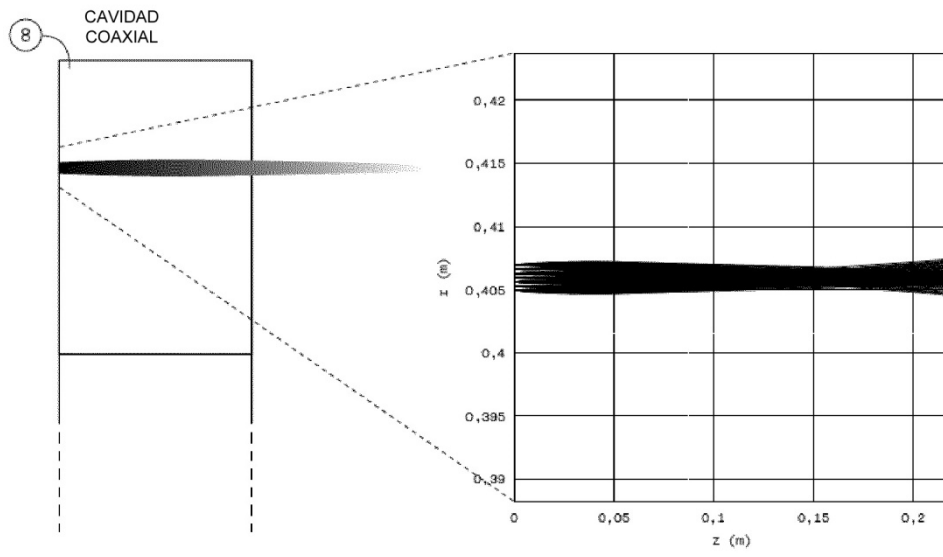


Fig. 7

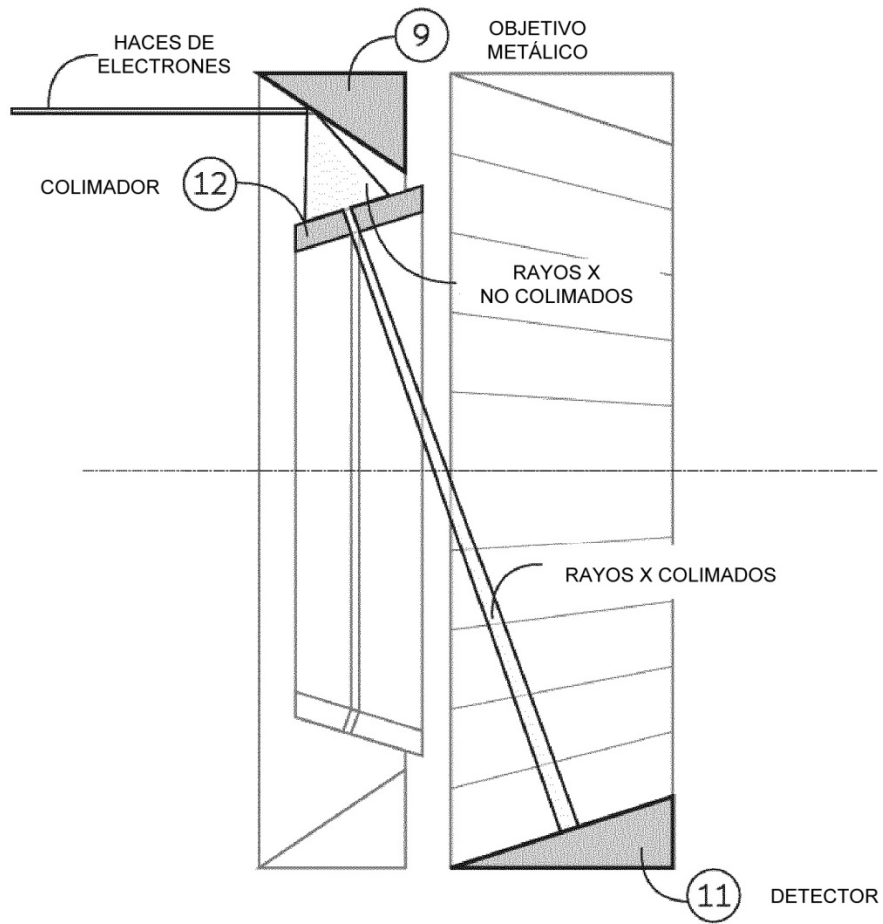


Fig. 8

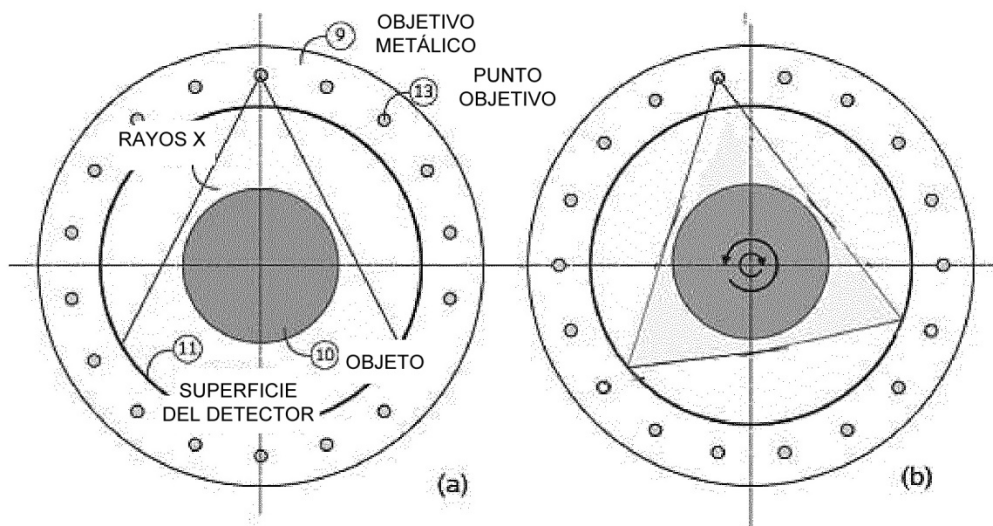


Fig. 9



