

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 664**

51 Int. Cl.:

G01N 23/20 (2008.01)

G01N 23/046 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2016** E 16186296 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019** EP 3182105

54 Título: **Método y sistema para identificar un líquido**

30 Prioridad:

18.12.2015 CN 201510958981

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

01.04.2020

73 Titular/es:

TSINGHUA UNIVERSITY (50.0%)
Tsinghua Park, Haidian District
Beijing 100084, CN y
NUCTECH COMPANY LIMITED (50.0%)

72 Inventor/es:

CHEN, ZHIQIANG;
ZHANG, LI;
YANG DAI, TIANYI;
ZHAO, JI;
JIN, XIN y
CHANG, MING

74 Agente/Representante:

VÁZQUEZ FERNÁNDEZ-VILLA, Concepción

ES 2 751 664 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

Método y sistema para identificar un líquido

5 **Campo**

La invención se refiere en general a una identificación de sustancia, y más particularmente a un método y un sistema para detección de líquido.

10 **Antecedentes**

En la obtención de imágenes por radiación tradicional, un método primario para conseguir una detección no destructiva es una obtención de imágenes por difracción, que realiza una detección no invasiva de una sustancia líquida basándose en un principio de que sustancias de estructuras moleculares diferentes pueden tener patrones de difracción de rayos X (DRX) diferentes.

Se conocen combinaciones de obtención de imágenes por TC y por DRX a partir de los documentos US 2009/0323889 A1 y US 7.486.760 B2.

20 Se conoce un método para identificar líquidos basándose en datos de dispersión de rayos X a partir del documento US 2012/0133516.

Sumario

25 Se proporcionan en la invención un método y un sistema para detección de líquido, un colimador primario y un colimador de dispersión usados en el sistema para detección de líquido.

El método para detección de líquido según realizaciones de la invención comprende: implementar una obtención de imágenes por TC y una obtención de imágenes por DRX en uno o más planos de líquido de líquido contenido en un recipiente haciendo rotar el recipiente de modo que rayos X procedentes de una misma fuente de radiación exploran una zona completa de cada uno del uno o más planos de líquido; y generar un resultado de identificación de sustancia para el líquido contenido en el recipiente basándose en una imagen de TC y una imagen de DRX, en el que la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX se implementan en un mismo plano de líquido o planos de líquido diferentes.

35 El sistema para detección de líquido según realizaciones de la invención comprende: una fuente de radiación configurada para emitir rayos X; un colimador primario proporcionado aguas abajo de la fuente de radiación y configurado para formar rayos X para una obtención de imágenes por TC y rayos X para una obtención de imágenes por DRX a partir de los rayos X procedentes de la fuente de radiación; un aparato de obtención de imágenes por TC configurado para implementar una obtención de imágenes por TC utilizando los rayos X para una obtención de imágenes por TC; un aparato de obtención de imágenes por DRX configurado para implementar una obtención de imágenes por DRX utilizando los rayos X para una obtención de imágenes por DRX; y un aparato portador configurado para hacer rotar un recipiente que contiene líquido, de modo que los rayos X de la fuente de radiación exploran una zona completa de cada uno de uno o más planos de líquido del líquido contenido en el recipiente, en el que el aparato de obtención de imágenes por TC y el aparato de obtención de imágenes por DRX implementan la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX en el uno o más planos de líquido al mismo tiempo, y una imagen de TC y una imagen de DRX se utilizan para generar un resultado de identificación de sustancia para el líquido contenido en el recipiente; el colimador primario comprende una ranura o aberturas de TC para formar rayos X para una obtención de imágenes por TC; y aberturas de DRX para formar rayos X para una obtención de imágenes por DRX, en el que la ranura o aberturas de TC y las aberturas de DRX están en la misma línea recta dentro de un mismo plano o en dos líneas rectas diferentes a una distancia predeterminada una de otra dentro del mismo plano.

55 El colimador de dispersión usado en un sistema para detección de líquido según realizaciones de la invención comprende: una abertura en un centro; y una pluralidad de ranuras de arco circular que tienen la abertura como su centro, en el que radios de la pluralidad de ranuras de arco circular son los mismos o diferentes.

60 El método y el sistema para detección de líquido según las realizaciones de la invención implementan una detección por TC y una detección por DRX en uno o más planos de líquido al mismo tiempo utilizando la misma fuente de radiación, de modo que sustancias contenidas en el líquido pueden identificarse rápidamente y de manera precisa.

Breve descripción de los dibujos

65 La invención puede entenderse mejor a partir de las siguientes descripciones de las realizaciones de la invención de manera conjunta con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método para detección de líquido según realizaciones de la invención.

5 La figura 2 es un diagrama estructural que ilustra un sistema para detección de líquido según realizaciones de la invención.

La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un colimador de dispersión usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2.

10 La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador de dispersión ilustrado en la figura 3.

15 La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un colimador primario usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2, es decir, el colimador primario que se utiliza cuando una detección por DRX y una detección por TC se implementan en un mismo plano de líquido.

La figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador de dispersión ilustrado en la figura 3 y el colimador primario ilustrado en la figura 5.

20 La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX y una detección por TC que se implementan en dos planos de líquido diferentes.

La figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra un primer ejemplo de un colimador primario que se utiliza cuando una detección por DRX y una detección por TC se implementan en dos planos de líquido diferentes.

25 La figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador primario ilustrado en la figura 8.

30 La figura 10 es un diagrama esquemático que ilustra un segundo ejemplo de un colimador primario que se utiliza cuando una detección por DRX y una detección por TC se implementan en dos planos de líquido diferentes.

La figura 11 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador primario ilustrado en la figura 10.

35 La figura 12 es un diagrama esquemático que ilustra un primer ejemplo de un detector de DRX usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2.

La figura 13 es un diagrama esquemático que ilustra un segundo ejemplo de un detector de DRX usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2.

40

Descripción detallada

45 A continuación se describirán con detalle características y realizaciones a modo de ejemplo de diversos aspectos de la invención. En las descripciones detalladas, se describen varios detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, resulta evidente para el experto en la técnica que la invención puede llevarse a la práctica sin algunos de estos detalles específicos. Las siguientes descripciones de las realizaciones pretenden meramente proporcionar una mejor comprensión de la invención ilustrando ejemplos de la invención. La invención no se limita a ninguna configuración y algoritmo específicos expuestos a continuación, sino que pretende cubrir todas las modificaciones, sustituciones y mejoras de elementos, componentes y algoritmos. En los dibujos y las descripciones a continuación, no se muestran estructuras y técnicas que se conocen bien para evitar complicar innecesariamente la invención.

50 Para una comprobación de seguridad de líquido, cómo identificar sustancias prohibidas contenidas en líquido resulta una parte esencial. Las técnicas de obtención de imágenes prospectivas tradicionales, por ejemplo, la tomografía computarizada (TC) de energía dual/TC multienergía, tienen limitaciones que conducen a una alta tasa de falsas alarmas. Las técnicas de detección por DRX existentes son altamente capaces de identificación de sustancia y pueden mejorar de manera eficaz la precisión de detección en combinación con una TC de energía dual/TC de espectro de energía, pero aún tienen muchos problemas.

60 En un aspecto, las señales de DRX son débiles y la eficiencia de detección de las mismas es relativamente baja. En técnicas de detección por DRX existentes, el empleo de un diseño de estructura de dispersión cónico puede mejorar de manera eficaz la intensidad de señal; sin embargo, puesto que este diseño se basa en detección punto a punto, en la que se requieren movimientos relativos entre un detector y una fuente de radiación en una pluralidad de direcciones con el fin de explorar un plano completo que va a detectarse, la eficiencia de detección es relativamente baja. En otros enfoques para mejorar la eficiencia de detección de una detección por DRX, aumenta la cantidad de detectores y fuentes de radiación que van a usarse, y la dificultad de diseño y procesamiento de colimadores

65

primarios y de dispersión es alta, conduciendo a un coste alto. Actualmente, no existe un sistema de detección por DRX a pequeña escala con alta eficiencia, alta calidad y bajo coste para detección de líquido.

5 En otro aspecto, en técnicas de comprobación de seguridad de líquido existentes, con el fin de mejorar la precisión de detección, puede emplearse una estrategia de detección multifase, en la que se combinan TC/TC de energía dual/TC multienergía y DRX. Esto hace que todo el sistema para detección por DRX adolezca de un funcionamiento complicado, una eficiencia reducida, un tamaño aumentado y al mismo tiempo un alto coste.

10 En vista de una o más deficiencias que existen en las técnicas de detección de líquido descritas anteriormente, la invención proporciona un método y un sistema novedosos para detección de líquido. En el presente documento, con el fin de identificar sustancias contenidas en líquido de manera más precisa, se usarán RD, TC y DRX en combinación. El método y el sistema para detección de líquido según realizaciones de la invención se describirán con detalle a continuación en combinación con los dibujos adjuntos.

15 La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método para detección de líquido según realizaciones de la invención. Tal como se ilustra en la figura 1, el método para detección de líquido incluye: S102, una obtención de imágenes por TC y una obtención de imágenes por DRX se implementan simultáneamente en uno o más planos de líquido contenido en un recipiente haciendo rotar el recipiente de modo que rayos X procedentes de una misma fuente de radiación exploran una zona completa de cada uno del uno o más planos de líquido; y S104, se genera un resultado de identificación de sustancia para el líquido contenido en el recipiente basándose en una imagen de TC y una imagen de DRX, en el que la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX pueden implementarse en un mismo plano de líquido o planos de líquido diferentes. En esta realización, una obtención de imágenes por RD puede implementarse antes de la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX de modo que pueden seleccionarse el uno o más planos de líquido basándose en una imagen de RD. En otras realizaciones, un usuario puede especificar también el uno o más planos de líquido según se requiera. Puesto que se implementan una detección por TC y una detección por DRX en el uno o más planos de líquido, el uno o más planos de líquido también pueden denominarse planos de detección por TC y/o planos de detección por DRX.

30 La figura 2 es un diagrama estructural que ilustra un sistema para detección de líquido según realizaciones de la invención. Tal como se ilustra en la figura 2, el sistema para detección de líquido incluye una fuente 202 de radiación, un sistema 204 de detector, un canal 206 de detección y una plataforma 208 de objeto, en el que: la fuente 202 de radiación puede ser una fuente de radiación de punto único o una fuente de radiación distribuida proporcionada externa al canal 206 de detección; se proporciona el sistema 204 de detector externo al canal 206 de detección en el lado opuesto de la fuente 202 de radiación e incluye una parte de detector de TC y una parte de detector de DRX; el canal 206 de detección se proporciona entre la fuente 202 de radiación y el sistema 204 de detector; la plataforma 208 de objeto se proporciona dentro del canal 206 de detección y se usa para elevar/hacer descender o hacer rotar un objeto que la misma está portando.

40 En particular, la parte de detector de DRX puede usarse para recibir fotones transmitidos y fotones dispersados y puede incluir uno o más módulos de colimación de dispersión/detección por DRX; la parte de detector de TC puede incluir uno o más detectores de TC; se proporciona un colimador primario aguas abajo de la fuente 202 de radiación; el módulo de colimación de dispersión/detección por DRX incluye un detector de DRX y un colimador de dispersión; el colimador de dispersión se proporciona aguas arriba del detector de DRX, de modo que rayos X que satisfacen una condición geométrica determinada pueden detectarse mediante el detector de DRX.

50 El sistema para detección de líquido según realizaciones de la invención puede implementar una obtención de imágenes por RD, una obtención de imágenes por DRX y una obtención de imágenes por TC/TC de energía dual/TC de espectro de energía (por motivos de simplicidad, la obtención de imágenes por TC, la obtención de imágenes por TC de energía dual y la obtención de imágenes por TC de espectro de energía se denominan colectivamente obtención de imágenes por TC), y por tanto, identificar con precisión las sustancias contenidas en el líquido. Específicamente, cuando un recipiente que contiene líquido se coloca en la plataforma 208 de objeto, la plataforma 208 de objeto que porta el recipiente puede descender a lo largo del canal 206 de detección, durante lo cual puede implementarse una obtención de imágenes por RD. Puede seleccionarse automáticamente un plano de líquido intermedio basándose en una imagen de RD, o puede hacerse que un inspector seleccione manualmente un plano de líquido; la plataforma 208 de objeto se ajusta para elevarse/descender, de modo que el plano de líquido seleccionado se ajusta al plano de detección por DRX/TC. En la realización ilustrada en la figura 2, el plano de detección por DRX y el plano de detección por TC son el mismo plano de detección, es decir, el plano de líquido seleccionado. Mientras la fuente 202 de radiación emite rayos X, el sistema 204 de detector recibe datos, y la plataforma 208 de objeto que porta el recipiente rota, de ese modo el plano de líquido seleccionado se explora y se obtienen la imagen de DRX y la imagen de TC. El resultado de identificación de sustancia para el líquido puede generarse combinando la imagen de DRX y la imagen de TC. En este caso, la obtención de imágenes por RD puede implementarse utilizando la parte de detector de TC. El plano de líquido más alto puede identificarse basándose en la imagen de RD, y el plano de líquido intermedio para una detección por DRX y una detección por TC posteriores puede seleccionarse automática o manualmente.

La figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un colimador de dispersión usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2. En cualquier módulo de colimación de dispersión/detección por DRX, se fija una posición relativa del colimador de dispersión y del detector de DRX, estando tanto el colimador de dispersión como el detector de DRX orientados hacia un rayo incidente distribuido dentro del plano de detección por DRX. El colimador de dispersión se fabrica de materiales con alta capacidad de apantallamiento de rayos X, por ejemplo, tungsteno. Tal como se muestra en la figura 3, el colimador de dispersión incluye principalmente dos partes: ranuras y una abertura. La abertura en el centro del colimador de dispersión es opuesta a un rayo transmitido que es colineal con el rayo incidente, y el rayo transmitido puede pasar a través de la abertura para entrar en el detector de DRX, de modo que puede medirse el espectro de energía transmitida. Existen dos arcos circulares con radios diferentes, tomando ambos la abertura como su centro. Radios diferentes corresponden a ángulos de dispersión diferentes, y los dos arcos circulares pueden corresponder al mismo radio o a radios diferentes. Las dos ranuras de arco circular están desconectadas una de otra cerca del eje Y, un motivo es para la conexión del material y el otro motivo es para evitar una interferencia a partir de rayos dispersados de rayos incidentes cercanos. El colimador de dispersión tiene un grosor adecuado para apantallar rayos incidentes indeseados, de modo que el detector de DRX tiene una resolución angular suficiente.

La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra la detección por DRX que se implementa utilizando el colimador de dispersión ilustrado en la figura 3, es decir, una detección por DRX de tipo de cono de haz de lápiz. Tal como se ilustra en la figura 4, con la limitación del colimador primario, un rayo incidente para una detección por DRX procedente de la fuente de radiación forma un rayo de haz de lápiz, irradia el objeto, y se dispersa en el centro de dispersión. Rayos dispersados en un ángulo de dispersión predeterminado forman una superficie de cono con el centro de dispersión como el vértice del cono, el eje central es el rayo incidente, es decir, el rayo transmitido, y los rayos dispersados se distribuyen en la superficie de cono, en el que los rayos dispersados corresponden a generatrices de la superficie de cono. Con la limitación del colimador de dispersión, el detector de DRX puede medir los espectros de energía de los rayos dispersados distribuidos en la superficie de cono y el rayo transmitido, en el que la ranura y la abertura en el colimador de dispersión permiten que el rayo transmitido y los rayos dispersados en el ángulo de dispersión predeterminado entren en el detector de DRX, mientras que otros rayos pueden apantallarse. El centro de dispersión está en una posición fija entre la fuente de radiación y el detector de DRX y la posición fija depende del ángulo de dispersión, el tamaño del colimador de dispersión, el tamaño del detector de DRX, y similares.

La detección por DRX de tipo de cono de haz de lápiz puede mejorar en gran medida la intensidad de señal en comparación con una detección por DRX de haz de lápiz o de tipo de haz de lápiz, en la que el rayo incidente y el rayo dispersado son ambos rayos de haz de lápiz y se intersecan entre sí en un ángulo determinado. El detector de DRX sólo necesita emitir dos clases de datos, es decir, el espectro de energía transmitida y el espectro de energía dispersada. En este caso, el detector de DRX puede o bien emitir una suma derivada al sumar los espectros de energía dispersada de los rayos dispersados en la superficie de cono o bien emitir por separado los espectros de energía dispersada de los rayos dispersados en generatrices diferentes de la superficie de cono. En este caso, el detector de DRX es un detector de resolución de energía pixelada.

La figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un colimador primario usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2, es decir, el colimador primario que se utiliza cuando las detecciones por DRX y por TC se implementan en el mismo plano de líquido. Tal como se ilustra en la figura 5, una ranura (o aberturas) correspondiente a una detección por TC y aberturas correspondientes a una detección por DRX en el colimador primario están en la misma línea recta paralela al eje Y. Aunque las aberturas correspondientes a la detección por DRX están espaciadas de manera equitativa en la dirección del eje Y, también pueden estar espaciadas de manera no equitativa en la dirección del eje Y. El colimador primario se fabrica también de materiales con alta capacidad de apantallamiento de rayos X, y tiene un grosor adecuado para apantallar rayos incidentes indeseados.

La figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador de dispersión ilustrado en la figura 3 y el colimador primario ilustrado en la figura 5. Tal como se ilustra en la figura 6, la detección por TC y la detección por DRX se implementan en el mismo plano de detección. Es decir, el plano de detección por TC se solapa con el plano de detección por DRX, y la detección por TC y la detección por DRX se implementan en el plano de líquido seleccionado. La zona de detección en el plano de detección por TC/DRX se divide en dos partes: una zona de detección por TC en el lado izquierdo en la que se implementa la detección por TC utilizando un método de medición con medio detector, y una zona de detección por DRX en el lado derecho en la que se distribuyen los centros de dispersión. Con la rotación del recipiente que contiene el líquido, pueden obtenerse datos completos de ambos lados.

Debe observarse que aunque una pluralidad de centros de dispersión ubicados en la zona de detección por DRX en el lado derecho del plano de detección por TC/DRX se distribuyan en un arco, la pluralidad de centros de dispersión pueden distribuirse también en una línea recta que pasa a través del centro rotacional de la plataforma de objeto o en otras curvas en la práctica. En este caso, las posiciones específicas de los centros de dispersión dependen de la posición geométrica, la posición relativa y el tamaño de las aberturas correspondientes a la detección por DRX tanto en el módulo de colimación de dispersión/detección por DRX como en el colimador primario. Además, centros de dispersión cercanos (es decir, puntos de medición) pueden estar espaciados o bien de manera equitativa o bien de

manera no equitativa.

Aunque se ilustra en las figuras 2-6 que la detección por DRX y la detección por TC se implementan en el mismo plano de detección, es decir, la detección por DRX y la detección por TC se implementan en el plano de líquido seleccionado, la detección por DRX y la detección por TC pueden implementarse realmente en dos planos de líquido diferentes que están por debajo y por encima respectivamente del plano de líquido que se selecciona basándose en la imagen de RD. En vista de la uniformidad del líquido, puede considerarse que la detección por DRX y la detección por TC se implementan con respecto a la misma sustancia aunque se implementen en planos de líquido diferentes. El plano de detección por DRX puede estar por encima y/o por debajo del plano de detección por TC. Es decir, puede haber uno o más planos de detección por TC y/o uno o más planos de detección por DRX. Si la detección por TC y la detección por DRX se implementan en planos de detección diferentes, los arcos circulares superior e inferior en el colimador de dispersión ilustrado en la figura 3 pueden estar desconectados cerca del eje Z, de modo que puede evitarse de manera eficaz una interferencia de dispersión a partir de rayos incidentes para una detección por TC cuando el plano de detección por TC está cerca del plano de detección por DRX.

La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX y una detección por TC que se implementan en dos planos de líquido diferentes. Tal como se ilustra en la figura 7, los rayos X emitidos desde la fuente de radiación se dividen en dos partes con limitación del colimador primario: rayos que se desvían en la dirección del eje Z y rayos paralelos al eje X. En este caso, los rayos paralelos al eje X son rayos incidentes para una detección por TC y pueden formar un haz paralelo o un haz en abanico. Los rayos que se desvían en la dirección del eje Z son rayos incidentes para una detección por DRX y pueden incluir una pluralidad de rayos de haz de lápiz que pueden formar un haz paralelo o un haz en abanico. Cada rayo incidente para una detección por DRX corresponde a un módulo de colimación de dispersión/detección por DRX. Con limitación del colimador de dispersión, el detector de DRX puede medir los espectros de energía de un rayo transmitido y rayos dispersados en un ángulo de dispersión fijo. Los rayos dispersados en el mismo ángulo de dispersión desde el mismo centro de dispersión forman una superficie de cono y entran en el detector de DRX mediante el colimador de dispersión.

Tal como se ilustra en la figura 7, los centros de dispersión para una detección por DRX y la tomografía para una detección por TC están a una distancia determinada unos de otros en la dirección del eje Z. La distancia puede ser suficientemente grande para garantizar que las líneas que se extienden de los rayos dispersados para una detección por DRX no se intersecan con el rayo incidente para una detección por TC (es decir, el rayo incidente dentro del plano de detección por TC), tal como se ilustra en la figura 3. La distancia puede ser también relativamente pequeña, en este caso los rayos dispersados cuyas líneas que se extienden se intersecan con el rayo incidente para una detección por TC no se utilizarán para una detección por DRX.

Tal como se ilustra en la figura 7, los rayos X se propagan en la dirección del eje Y, y los centros de dispersión para una detección por DRX pueden propagarse también a lo largo de la dirección del eje Y. La plataforma de objeto rota portando sobre la misma el recipiente que contiene el líquido, de esta manera, por un lado pueden satisfacerse los requisitos de una obtención de imágenes por TC, y por otro lado la pluralidad de centros de dispersión pueden explorar el plano de líquido completo de modo que pueden satisfacerse los requisitos de una obtención de imágenes por DRX (es decir, puede obtenerse información de DRX de diversos puntos en el plano de líquido completo).

La figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra un primer ejemplo de un colimador primario que se utiliza cuando una detección por DRX y una detección por TC se implementan en dos planos de líquido diferentes. Tal como se ilustra en la figura 8, rayos incidentes para una detección por TC pueden pasar a través de una ranura en un lugar inferior del colimador primario para formar un haz en abanico. En otras realizaciones, la ranura puede sustituirse por una pluralidad de aberturas, que pueden formar un haz paralelo cuando la fuente de radiación es una fuente de radiación distribuida. Los rayos incidentes para una detección por DRX pueden pasar a través de las aberturas en el colimador primario para formar un haz de lápiz. Las aberturas están en una misma línea recta paralela al eje Y y están, en la dirección del eje Z, a una determinada distancia (h, que puede considerarse una diferencia de altura en la dirección del eje Z o un ángulo de apertura en relación con la fuente de radiación) grande de la ranura en el lugar inferior. Las aberturas están espaciadas de manera equitativa (a, que puede considerarse una distancia lateral en la dirección del eje Y o un ángulo de apertura en relación con la fuente de radiación) en la dirección del eje Y.

La figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador primario ilustrado en la figura 8. Por motivos de simplicidad de descripción y dibujo, se ilustra que rayos incidentes para la detección por DRX son paralelos al plano X-Y, es decir, el plano de rayos incidentes se superpone con el plano de detección por DRX. En la práctica, tal como se ilustra en la figura 7, hay un ángulo determinado entre los rayos incidentes para la detección por DRX y el plano de detección por DRX (es decir, el plano explorado por centros de dispersión), y los centros de dispersión se distribuyen en una línea secante del plano de rayos incidentes y el plano de detección. El principio básico, la idea y la función de sistema en el presente documento son coherentes, y el dibujo de la figura 9 no afectará a la comprensión. Dentro del plano de detección por DRX y con la limitación del colimador primario (el colimador primario se ubica entre la fuente de radiación y la plataforma de objeto, y no se muestra en la figura), los rayos incidentes para la detección por DRX se dividen en varios rayos de haz de lápiz que forman un abanico. En otras realizaciones, puede utilizarse una fuente de radiación distribuida, y

los rayos de haz de lápiz pueden formar un haz paralelo, etc. El colimador de dispersión y el detector correspondiente al colimador de dispersión pueden formar un módulo de detección/colimación de dispersión, en el que cada módulo corresponde a un rayo de haz de lápiz, y el detector de DRX puede medir rayos dispersados en un ángulo determinado (distribuidos en la superficie de cono) y rayos transmitidos con la limitación del colimador de dispersión. Los centros de dispersión se distribuyen en la zona de detección, es decir, el plano de líquido por encima de la plataforma de objeto y paralelo al plano X-Y y entre la fuente de radiación y el detector.

Tal como se ilustra en la figura 9, los centros de dispersión se distribuyen en un arco que pasa a través del centro de la zona de detección. El módulo de detección/colimación de dispersión puede proporcionarse a una distancia determinada de un centro de dispersión correspondiente a lo largo de un rayo incidente correspondiente, en el que la distancia es relevante para los radios de los anillos circulares, el ángulo de dispersión, etc.

La plataforma de objeto rota portando sobre la misma el recipiente que contiene el líquido en el sentido indicado con la flecha o en el sentido inverso, de modo que tal como se muestra mediante el círculo en línea discontinua en la figura 9, los centros de dispersión exploran el plano de líquido completo y adquieren información de DRX de puntos respectivos dentro del plano de líquido. Pueden usarse espectros de energía de cada rayo que se miden al mismo tiempo para corregir el espectro de energía de la imagen de DRX.

La figura 10 es un diagrama esquemático que ilustra un segundo ejemplo de un colimador primario que se utiliza cuando una detección por DRX y una detección por TC se implementan en dos planos de líquido diferentes. La estructura del colimador primario tal como se ilustra en la figura 10 es similar a la ilustrada en la figura 8, y la única diferencia es la siguiente: en cuanto a las aberturas correspondientes a la detección por DRX, las aberturas en el lado izquierdo y las aberturas en el lado derecho están espaciadas ambas de manera equitativa, mientras que hay un desplazamiento en el lado izquierdo con respecto al lado derecho. Tal como se muestra en la figura, la distancia entre las dos aberturas en el medio es b en vez de a , y el valor de b puede ser 1,5 veces el valor de a , de modo que las trayectorias de exploración de los centros de dispersión pueden estar escalonadas y puede mejorarse la resolución espacial de la detección por DRX.

La figura 11 es un diagrama esquemático que ilustra una detección por DRX que se implementa utilizando el colimador primario ilustrado en la figura 10. Tal como se ilustra en la figura 11, una línea central divide el plano de detección por DRX en dos partes: una parte izquierda y una parte derecha. En la parte derecha, los centros de dispersión son equidistantes entre sí o los rayos emitidos por la fuente de radiación son equiangulares entre sí, y trayectorias de detección tal como se ilustra mediante líneas discontinuas pueden formarse dentro del plano de detección durante la rotación del objeto. En la parte izquierda, los centros de dispersión son también equidistantes entre sí o los rayos emitidos por la fuente de radiación son equiangulares entre sí, y la distancia entre dos centros de dispersión cercanos es igual a la de la parte derecha, pero hay un desplazamiento en el centro de dispersión al lado de la parte derecha, de modo que las trayectorias de detección de los centros de dispersión en la parte izquierda están escalonadas en comparación con las trayectorias de detección en la parte derecha, tal como se muestra mediante los círculos en línea continua en la figura. Este diseño puede reducir los intervalos de muestreo dentro del plano de detección por DRX y mejorar por tanto la resolución espacial de una detección por DRX.

La figura 12 y la figura 13 son diagramas esquemáticos que ilustran respectivamente un primer ejemplo y un segundo ejemplo de un detector de DRX usado en el sistema para detección de líquido ilustrado en la figura 2. En el ejemplo ilustrado mediante la figura 12, el detector de DRX se divide en dos partes: una unidad de detector de transmisión y una unidad de detector de dispersión. La zona circular intermedia es la unidad de detector de transmisión, que está configurada para medir el espectro de energía de un rayo transmitido, en la que la unidad de detector de transmisión puede tener formas distintas de un círculo. La unidad de detector de transmisión puede ser un detector de píxel único, o un detector multipíxeles. La unidad de detector de dispersión se distribuye en el anillo exterior de la unidad de detector de transmisión, e incluye varios píxeles que emiten espectros de energía de rayos dispersados en diferentes direcciones. En el ejemplo tal como se ilustra mediante la figura 13, la unidad de detector de transmisión es la misma que la ilustrada en la figura 12, mientras que la unidad de detector de dispersión es un píxel completo y emite una suma de espectros de energía de todos los rayos dispersados.

En este caso, la uniformidad del líquido se utiliza completamente, se selecciona(n) un(os) plano(s) de líquido de interés mediante irradiación por RD y la detección por DRX y la detección por TC se implementan en el/los plano(s) de líquido seleccionado(s). La fuente de radiación la comparten la detección por DRX y la detección por TC, en la que se completa la exploración del/de los plano(s) de líquido seleccionado(s) haciendo rotar el objeto. Las sustancias contenidas en el líquido pueden identificarse con precisión combinando la imagen de TC con la imagen de DRX, de modo que puede implementarse la comprobación de seguridad de líquido. La detección por TC y la detección por RD pueden implementarse utilizando una misma fuente de radiación y un mismo detector. La fuente de radiación la comparten la detección por DRX, la detección por TC y la detección por RD, de modo que pueden reducirse el tamaño de sistema y el número de fuentes de radiación requeridas en comparación con un sistema de detección de líquido multifase. Además, la detección por TC y la detección por DRX en el sistema para detección de líquido según las realizaciones de la divulgación sólo requieren una columna de (o una pluralidad de) unidades de detector, de modo que puede reducirse la cantidad de detectores en comparación con una matriz plana de detectores, de modo que puede reducirse el coste. El método de detección de superficie cónica de lápiz mejora en

gran medida la intensidad de señal, y puede medirse toda el área de un plano de líquido haciendo rotar el objeto. Una detección por DRX y una detección por TC pueden realizarse simultáneamente, lo que ahorra tiempo de medición para todo el sistema de detección de líquido.

5 La selección del/de los plano(s) de líquido, el procedimiento de utilización de información de RD, información de TC e información de DRX adquiridas por un detector para una obtención de imágenes por RD, una obtención de imágenes por TC y una obtención de imágenes por DRX, y el procedimiento de generación de un resultado de identificación de sustancia para el líquido basándose en una imagen de TC y una imagen de DRX pueden implementarse mediante bloques funcionales no mostrados en las figuras. En el presente documento estos bloques
10 pueden implementarse en hardware, software, firmware o las combinaciones de los mismos. El hardware puede incluir, por ejemplo, un circuito electrónico, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un firmware apropiado, componentes enchufables, tarjeta de función, etc. El software puede incluir, por ejemplo, un programa o un segmento de código para realizar las tareas requeridas. El programa o el segmento de código pueden almacenarse en un medio legible por máquina, o transmitirse en una señal de datos portada por una onda portadora a través de un medio de transmisión o un enlace de comunicación. El medio legible por máquina puede incluir cualquier medio que pueda almacenar o transmitir información. El medio legible por máquina puede incluir, por
15 ejemplo, un circuito electrónico, un dispositivo de memoria de semiconductor, ROM, memoria flash, ROM borrable (EROM), disco flexible, CD-ROM, disco óptico, disco duro, medio de fibra óptica, enlace de radiofrecuencia (RF), etc. El segmento de código puede descargarse mediante redes tales como internet, intranet, etc.
20

REIVINDICACIONES

1. Método para detección de líquido, que comprende:
 - 5 implementar una obtención de imágenes por TC y una obtención de imágenes por DRX en uno o más planos de líquido contenido en un recipiente al mismo tiempo haciendo rotar el recipiente de modo que rayos X procedentes de una misma fuente de radiación exploran una zona completa de cada uno del uno o más planos de líquido (S102); y
 - 10 generar un resultado de identificación de sustancia para el líquido contenido en el recipiente basándose en una imagen de TC y una imagen de DRX, en el que la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX se implementan en un mismo plano de líquido o planos de líquido diferentes (S104).
2. Método para detección de líquido según la reivindicación 1, que comprende además:
 - 15 formar, mediante un colimador primario, rayos X para la obtención de imágenes por TC y rayos X para la obtención de imágenes por DRX a partir de los rayos X de la fuente de radiación.
3. Método para detección de líquido según la reivindicación 1 ó 2, que comprende además:
 - 20 implementar la obtención de imágenes por DRX utilizando, mediante colimadores de dispersión, rayos dispersados, que se generan cuando los rayos X de la fuente de radiación alcanzan centros de dispersión, en uno o más ángulos de dispersión particulares.
4. Método para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:
 - 25 implementar una obtención de imágenes por radiografía digital (RD) para el líquido contenido en el recipiente utilizando la fuente de radiación, y seleccionando el uno o más planos de líquido basándose en una imagen de RD.
5. Método para detección de líquido según la reivindicación 4, en el que la obtención de imágenes por RD se implementa utilizando los rayos X para la obtención de imágenes por TC.
6. Método para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que cuando la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX se implementan en el mismo plano de líquido, una ranura o aberturas de TC para formar los rayos X para la obtención de imágenes por TC y aberturas de DRX para formar los rayos X para la obtención de imágenes por DRX en el colimador primario están en una misma línea recta dentro de un mismo plano.
7. Método para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que cuando la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX se implementan en planos de líquido diferentes, una ranura o aberturas de TC para formar los rayos X para la obtención de imágenes por TC y aberturas de DRX para formar los rayos X para la obtención de imágenes por DRX en el colimador primario están en líneas rectas diferentes a una distancia predeterminada unas de otras dentro de un mismo plano.
8. Sistema para detección de líquido, que comprende:
 - 45 una fuente (202) de radiación configurada para emitir rayos X;
 - 50 un colimador primario proporcionado aguas abajo de la fuente de radiación y configurado para formar rayos X para una obtención de imágenes por TC y rayos X para una obtención de imágenes por DRX a partir de los rayos X procedentes de la fuente de radiación;
 - 55 un aparato de obtención de imágenes por TC configurado para implementar una obtención de imágenes por TC utilizando los rayos X para una obtención de imágenes por TC;
 - un aparato de obtención de imágenes por DRX configurado para implementar una obtención de imágenes por DRX utilizando los rayos X para una obtención de imágenes por DRX;
 - 60 un aparato portador configurado para portar un recipiente que contiene líquido y hacer rotar el recipiente cuando se coloca el recipiente en el aparato portador, en el que
 - 65 a medida que el aparato portador hace rotar el recipiente, los rayos X de la fuente de radiación exploran una zona completa de cada uno de uno o más planos de líquido del líquido contenido en el recipiente, el aparato de obtención de imágenes por TC y el aparato de obtención de imágenes por DRX implementan la obtención de imágenes por TC y la obtención de imágenes por DRX en el uno o más planos de líquido al

mismo tiempo, y se utilizan una imagen de TC y una imagen de DRX para generar un resultado de identificación de sustancia para el líquido contenido en el recipiente,

5 el colimador primario comprende una ranura o aberturas de TC para formar los rayos X para una obtención de imágenes por TC y aberturas de DRX para formar los rayos X para una obtención de imágenes por DRX, y la ranura o aberturas de TC y las aberturas de DRX están en una misma línea recta dentro de un mismo plano o en dos líneas rectas diferentes a una distancia predeterminada una de otra dentro del mismo plano.

10 9. Sistema para detección de líquido según la reivindicación 8, en el que el aparato de obtención de imágenes por DRX comprende uno o más módulos de colimación de dispersión/detección por DRX, en el que cualquiera del uno o más módulos de colimación de dispersión/detección por DRX comprende:

un detector de DRX configurado para recibir rayos dispersados mediante un colimador de dispersión, y

15 el colimador de dispersión proporcionado aguas arriba del detector de DRX y configurado para permitir que sólo una parte de los rayos dispersados, que se generan cuando uno de los rayos X para una obtención de imágenes por DRX alcanza un centro de dispersión, se reciba por el detector de DRX.

20 10. Sistema para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en el que las aberturas de DRX son una serie de aberturas en la misma línea recta, y cuando la ranura o aberturas de TC y las aberturas de DRX están en dos líneas rectas diferentes a la distancia predeterminada una de otra dentro del mismo plano, hay un desplazamiento predeterminado entre las aberturas de DRX en el primer lado del colimador primario y las aberturas de DRX en el segundo lado del colimador primario.

25 11. Sistema para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que el colimador de dispersión está configurado además para permitir que sólo los rayos dispersados, que se generan cuando uno de los rayos X para una obtención de imágenes por DRX alcanza el centro de dispersión, en uno o más ángulos de dispersión particulares se reciban por el detector de DRX.

30 12. Sistema para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en el que el colimador de dispersión está configurado además para permitir que un rayo transmitido, que se genera cuando uno de los rayos X para una obtención de imágenes por DRX pasa a través del centro de dispersión, se reciba por el detector de DRX.

35 13. Sistema para detección de líquido según cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que el detector de DRX comprende una unidad de detector de transmisión y una o más unidades de detector de dispersión, en el que la una o más unidades de detector de dispersión se distribuyen alrededor de la unidad de detector de transmisión.

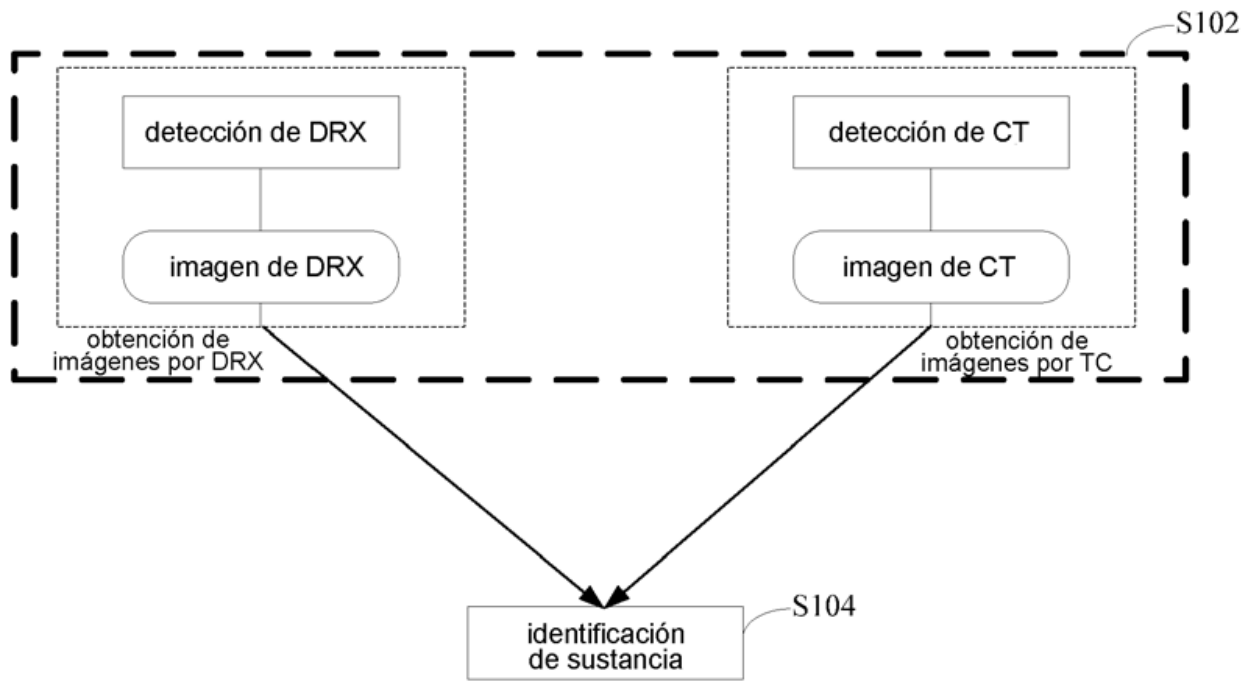


FIG. 1

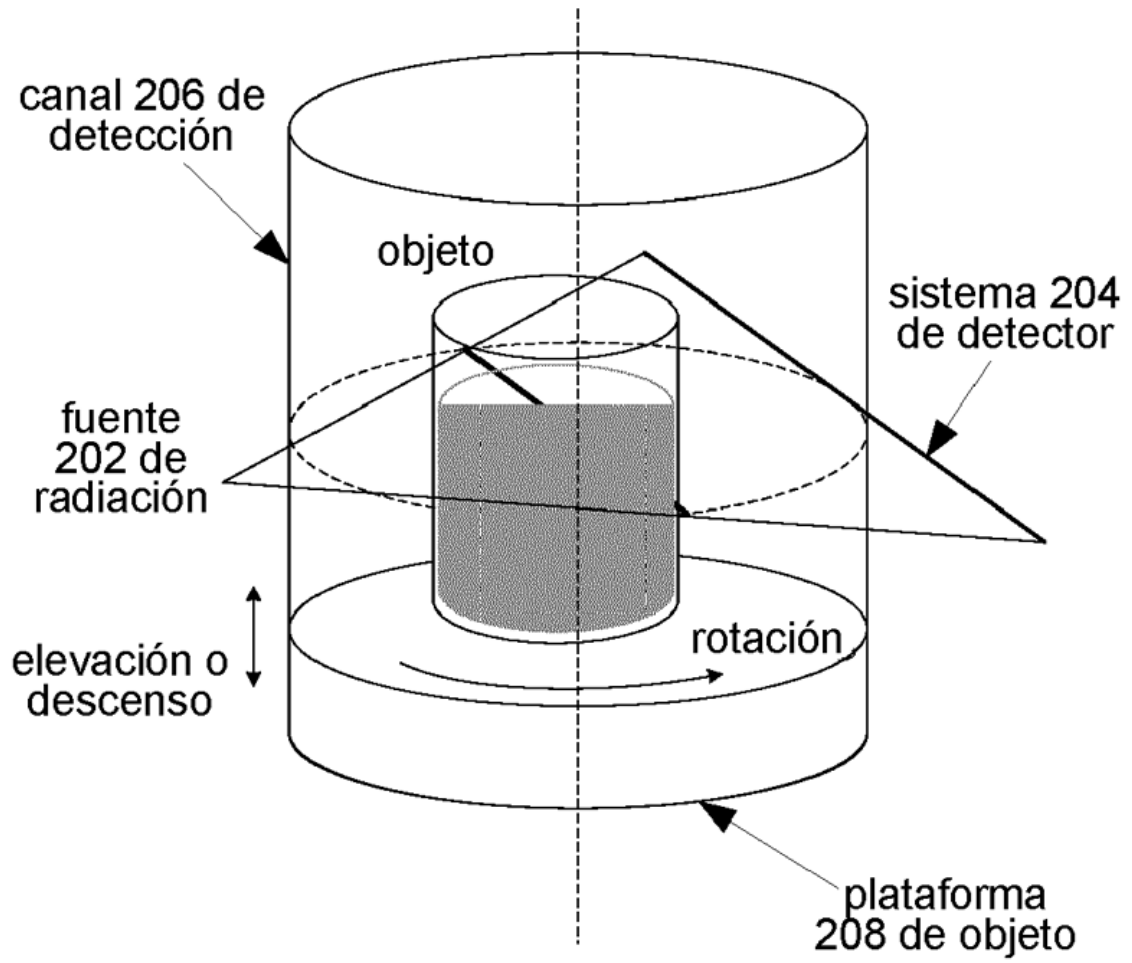


FIG. 2

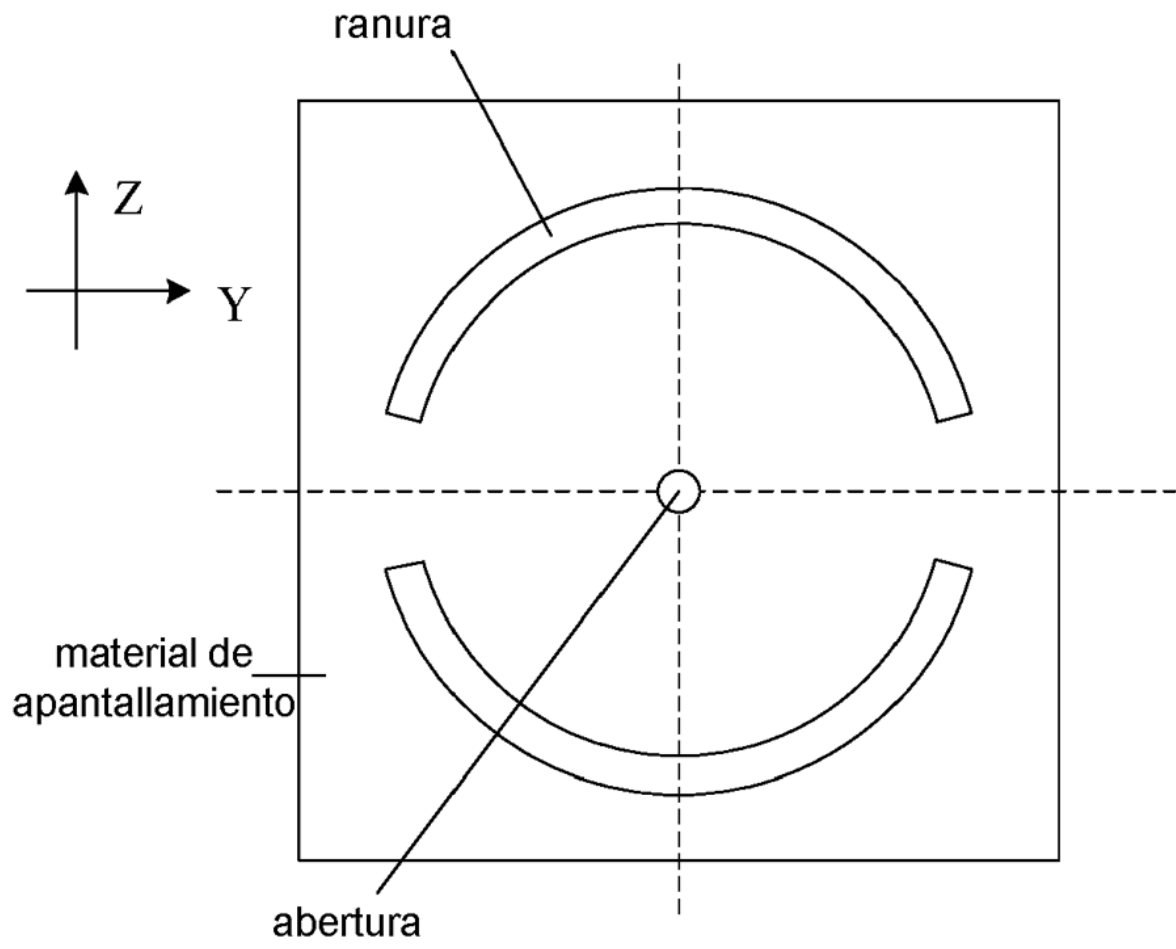


FIG. 3

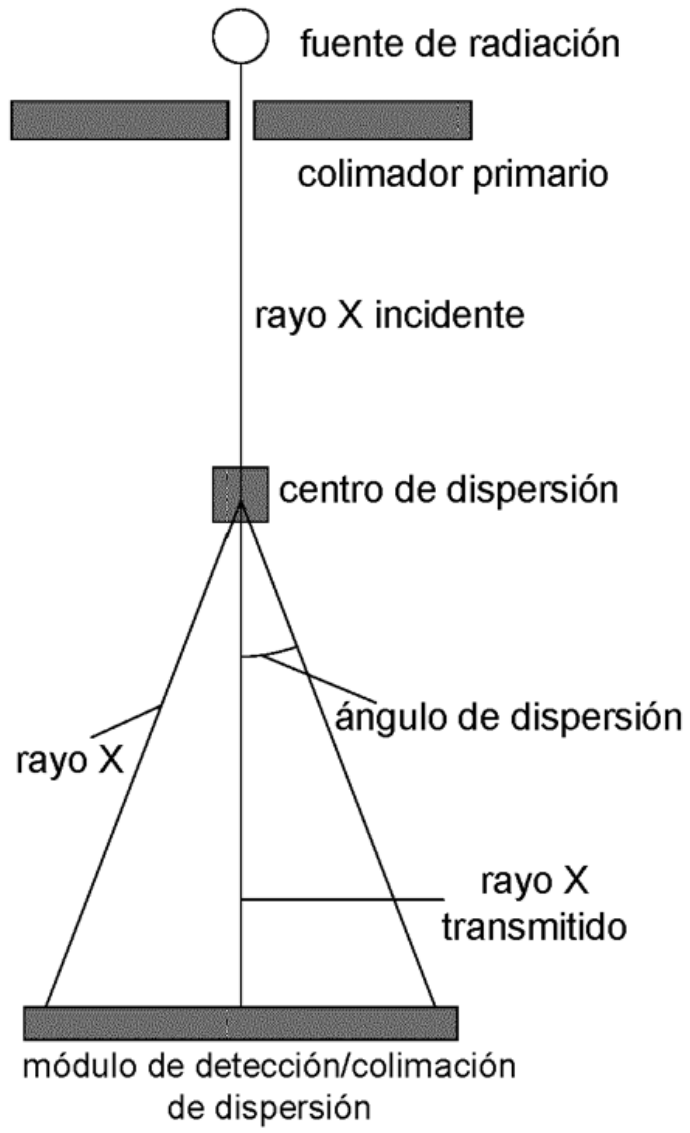


FIG. 4

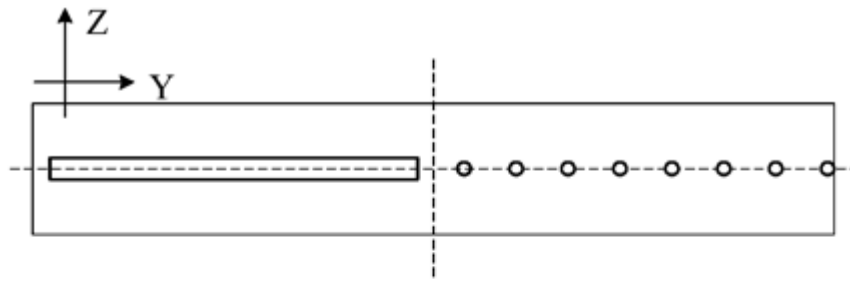


FIG. 5

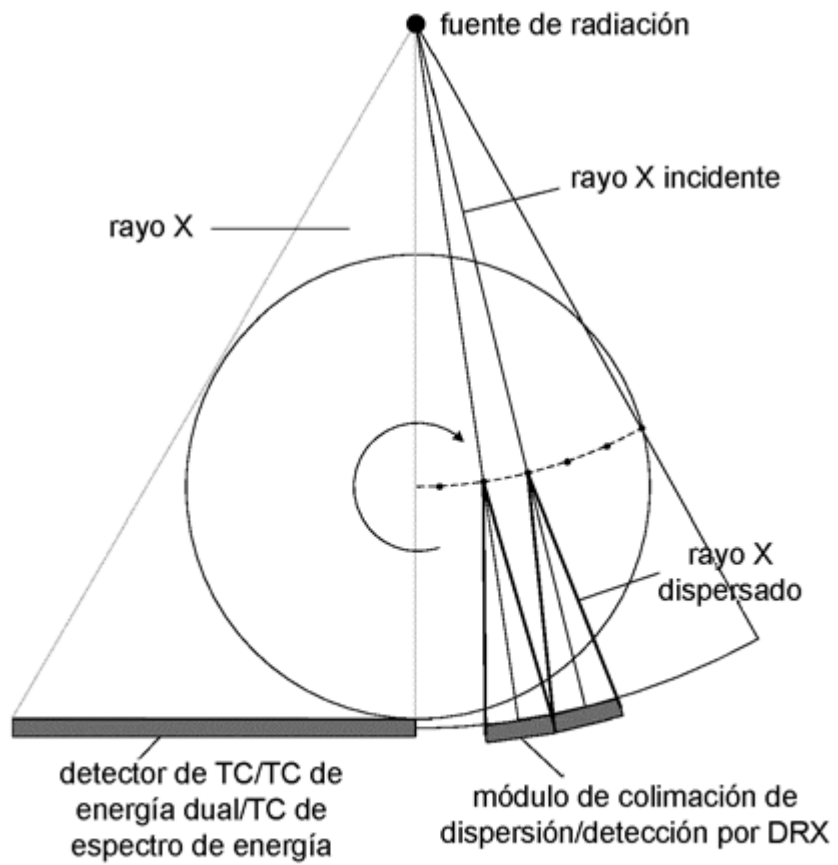


FIG. 6

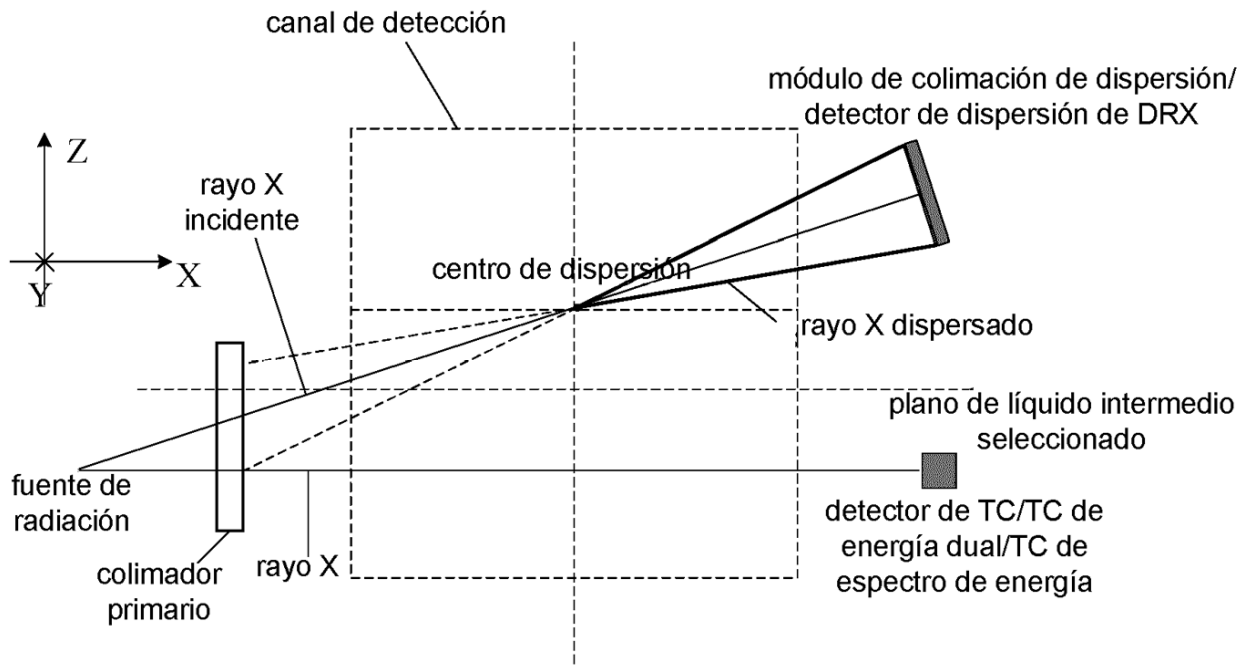


FIG. 7

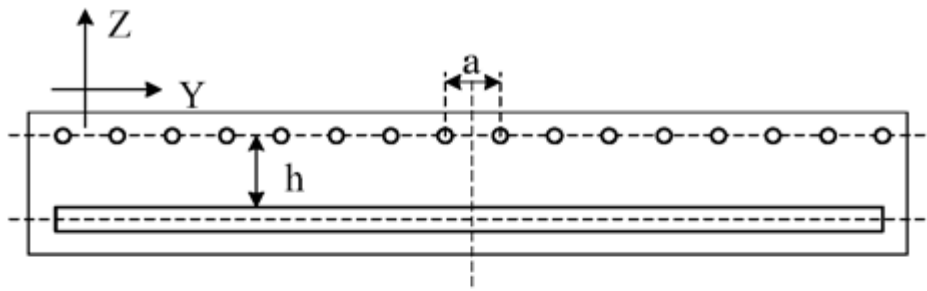


FIG. 8

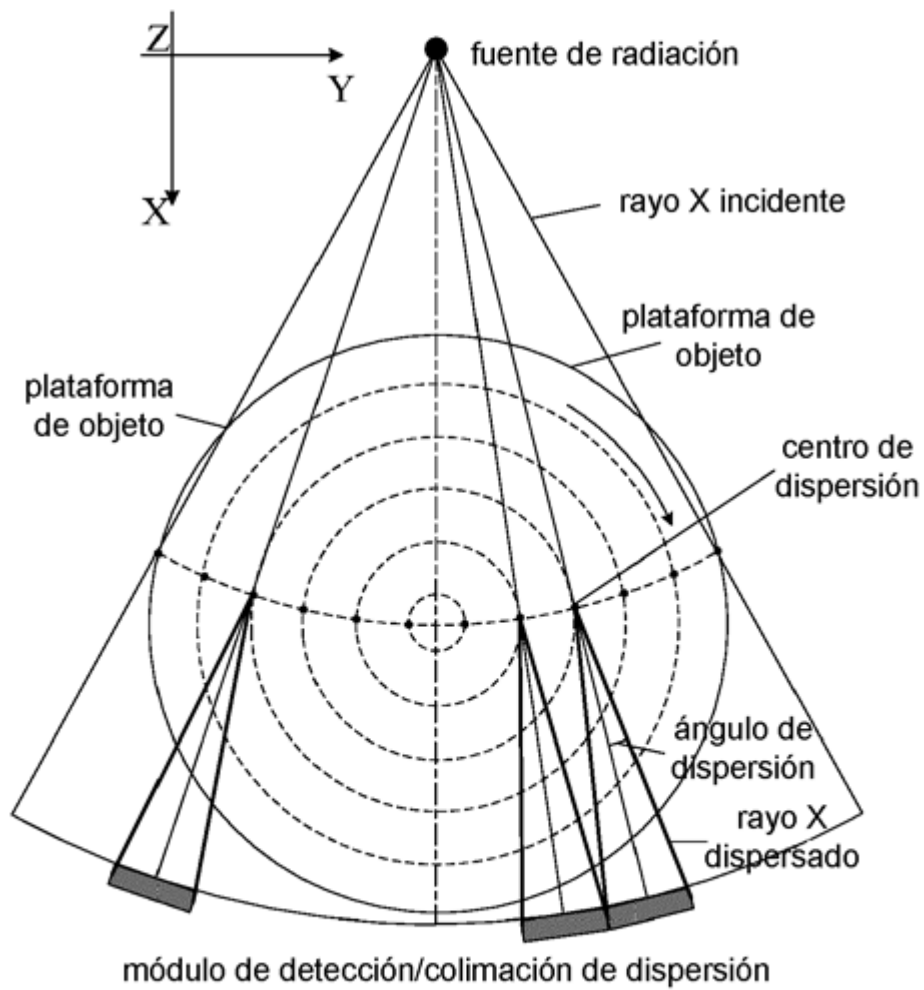


FIG. 9

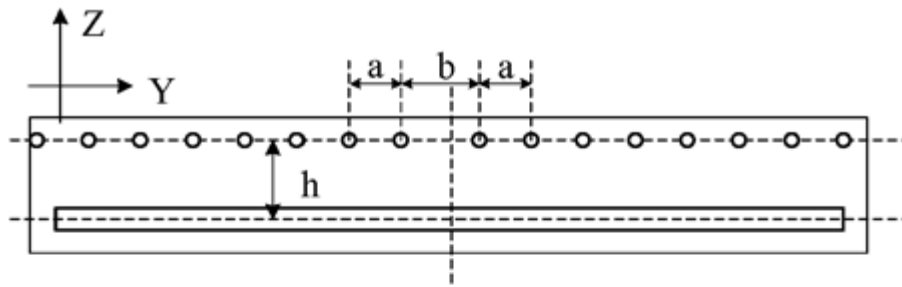


FIG. 10

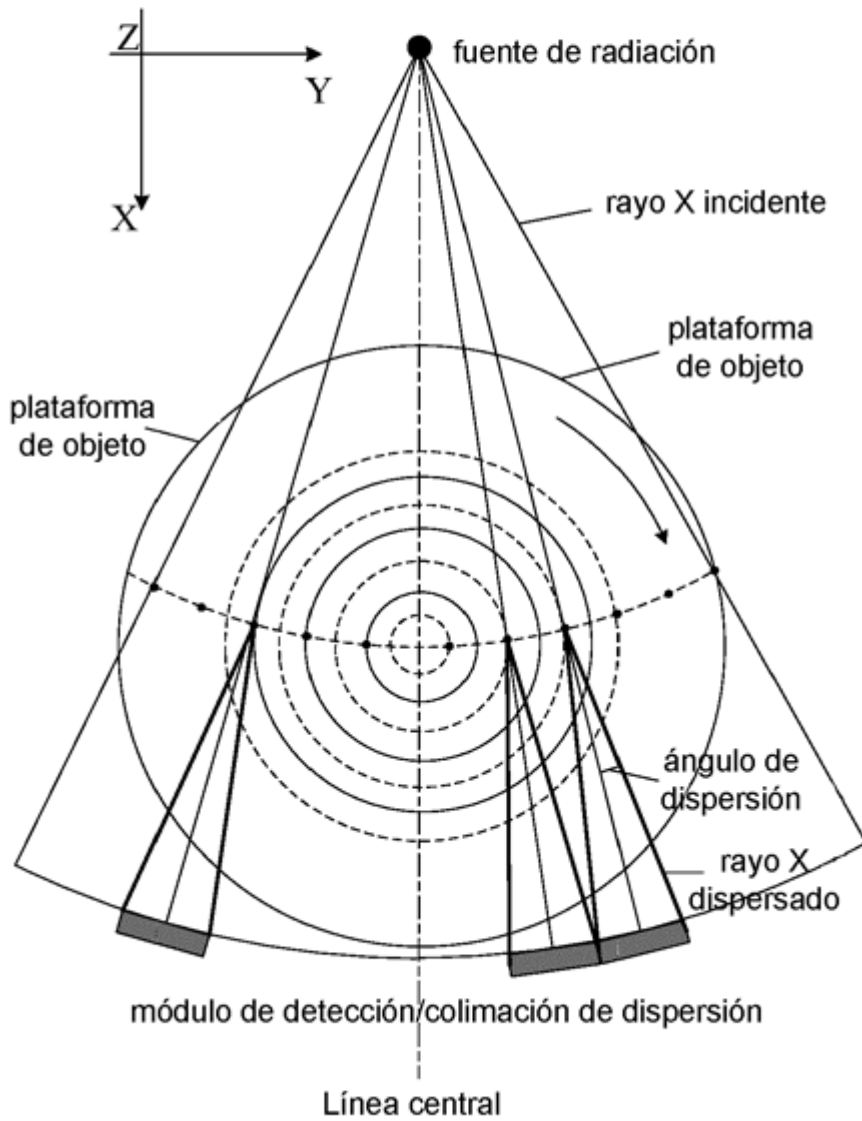


FIG. 11

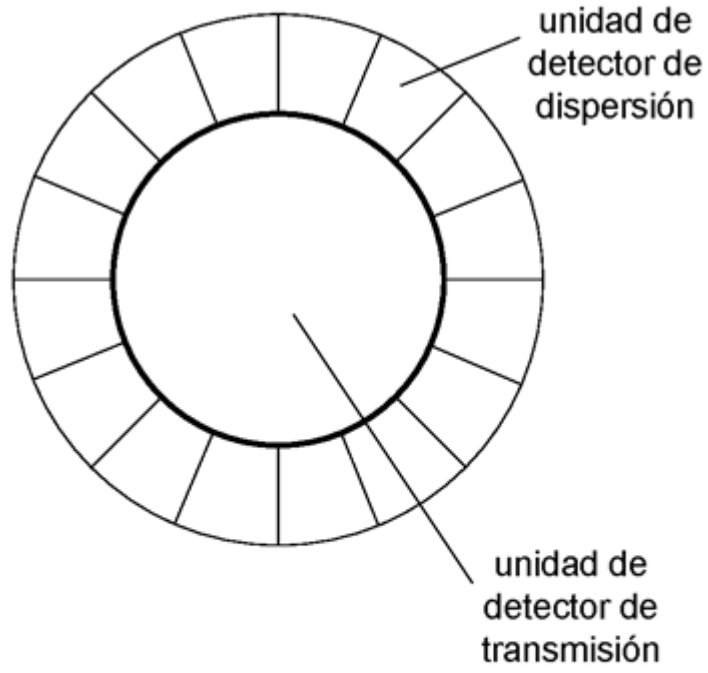


FIG. 12

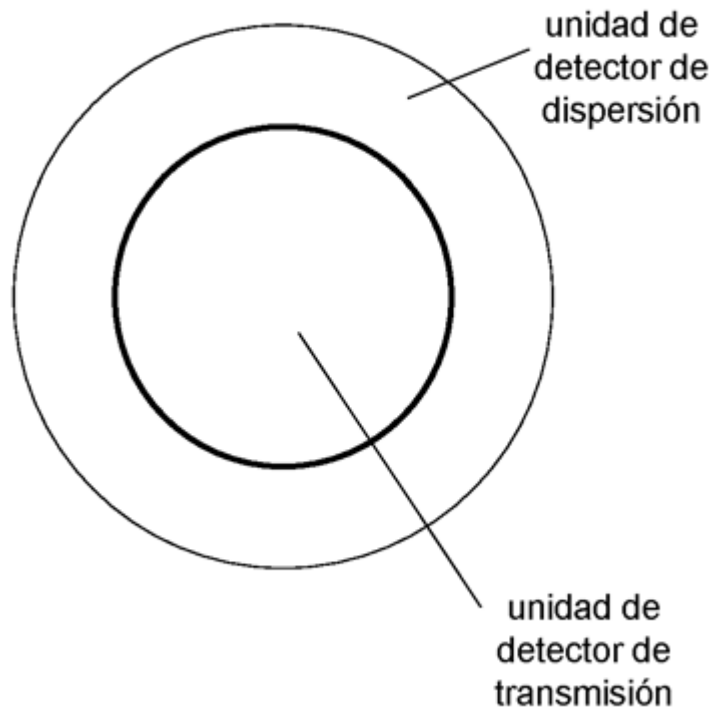


FIG. 13