

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 382**

51 Int. Cl.:

G01N 23/04 (2006.01)

G01N 23/20 (2006.01)

G01V 5/00 (2006.01)

G01N 23/207 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2008 E 08750755 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2147297**

54 Título: **Inspección de materiales por evaluación de la contribución de la dispersión de Bragg a los espectros de absorción de Rayos X**

30 Prioridad:

17.05.2007 GB 0709436

08.09.2007 GB 0717498

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

18.12.2015

73 Titular/es:

**KROMEK LIMITED (100.0%)
NetPark, Thomas Wright Way
Sedgefield, Durham TS21 3FD, GB**

72 Inventor/es:

**ROBINSON, MAX;
GIBSON, GARY;
RADLEY, IAN y
BASU, ARNAB**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 554 382 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

Inspección de materiales por evaluación de la contribución de la dispersión de Bragg a los espectros de absorción de Rayos X

Descripción detallada de la invención

5 Esta invención se refiere a un método y a un aparato para la inspección y caracterización de un material en el espacio tridimensional, especialmente mediante la formación de imágenes.

La invención se refiere, en particular, a un aparato y a un método que hacen uso de una radiación electromagnética ionizante de alta energía, tal como los rayos X o los rayos gamma, para explorar objetos en los que es deseable obtener información acerca de su contenido y/o su composición internos. Este principio es ampliamente empleado, por ejemplo, en la industria de la seguridad, pero también se puede emplear en otras áreas como, por ejemplo y sin limitación, la formación de imágenes médicas, la formación de imágenes con fines de control de calidad o con fines de determinar la integridad de una estructura, o similares.

La absorción de rayos X se ha utilizado como base en la representación de objetos para crear alguna forma de imagen representativa del contenido o de los componentes de los mismos en mutua relación en el espacio tridimensional. Cuanto más grueso o más denso sea un objeto, más atenuará entonces un haz de rayos X. Mediante la utilización de unos detectores adecuados y de una fuente adecuada se pueden generar indicaciones de un artículo bajo representación en forma de imágenes, en base a la absorción de un objeto o de un conjunto de objetos.

Típicamente, una fuente de rayos X genera un haz esencialmente bidimensional, y se utilizan detectores de los rayos X transmitidos para componer placas de imágenes sucesivas de una sección transversal en base a los rayos X transmitidos (que se diferencian, por tanto, mediante su absorción). Para generar imágenes de las secciones transversales de un objeto se utiliza un ordenador, y así se pueden observar de una en una. Luego, se juntan las secciones transversales para formar una imagen que refleja, al menos, algunas indicaciones tridimensionales. Se conoce, por ejemplo, el empleo del principio del barrido lineal, en el que se hace que unos objetos tridimensionales se desplacen a lo largo de una zona de exploración, y la información de la formación de imágenes se recoge conforme se desplazan y se compone una imagen a partir de placas lineales sucesivas. También se conoce, por ejemplo, el empleo del principio de la tomografía axial computarizada (TAC o TC), en el que se compone una imagen a partir de una serie de imágenes bidimensionales tomadas alrededor de un solo eje de rotación. La manera precisa en que se puede generar una imagen a partir de la radiación transmitida no concierne a la presente invención.

Estos aparatos y métodos conocidos tienden a proporcionar una información limitada acerca del contenido del material. En esencia, en su forma más simple, tan sólo se mide la transmisividad del objeto a la fuente de radiación. El detector sólo recopila información de la amplitud, y no discrimina espectroscópicamente la radiación transmitida. En los sistemas más prácticos, se mide esto incluso indirectamente. En su forma más simple, un típico detector de rayos X de matriz lineal comprende, en combinación, un material centelleador sensible a los rayos X transmitidos, que luego se hace que emita una radiación de frecuencia inferior, por ejemplo luz en o alrededor de la región visible, en combinación con un detector semiconductor, tal como un detector a base de arseniuro de silicio o galio que es sensible a esta radiación de frecuencia inferior.

Sin embargo, se sabe que la información espectroscópica obtenida a partir de los rayos X transmitidos se puede utilizar para proporcionar información adicional acerca del contenido del material de los objetos o componentes que se exploran. Se sabe que las propiedades de absorción de rayos X de cualquier material pueden variar espectroscópicamente, y que la cuantía con la que varían las propiedades de absorción depende en particular del número atómico. Esto ha conducido al desarrollo de detectores de banda dual o de energía dual, que son capaces de identificar por separado las bandas de baja y de alta energía del espectro completo de emisiones de rayos X. Un sensor de energía dual tal típicamente comprende un par sándwich de rayos de un fotodiodo semiconductor o similar, conjuntamente con un escintilador de alta y de baja energía, de tal modo que los detectores respectivos detectan la transmisión de los rayos X de baja y de alta energía. Mediante el detector de energía dual se hace empleo del efecto de absorción diferencial para diferenciar en general entre los objetos en los que predominan los elementos de número atómico menor y mayor.

Cuando se emplea como parte de un sistema de seguridad o como un sistema de identificación de materiales, se puede hacer la muy grosera aproximación de que los materiales orgánicos tienden a estar en la primera categoría y la mayoría de los materiales inorgánicos en la segunda categoría. Las implicaciones prácticas de esto han conducido a la utilización de tales detectores en la industria de la seguridad, por ejemplo en los escáneres de rayos X de los aeropuertos, ya sea para crear imágenes separadas de artículos metálicos en el interior de los equipajes (para descubrir artículos metálicos ocultos y, especialmente, armas, tales como armas de fuego y cuchillos), o bien para identificar explosivos plásticos.

La mayoría de los explosivos son materiales orgánicos densos, generalmente con un alto contenido de nitrógeno. Por lo tanto, hay una cierta limitada ventaja en la utilización de los detectores de energía dual, pero éstos están lejos

de ser unos detectores de explosivos precisos, ya que otros muchos artículos de los equipajes, tales como los jabones, las cremas, los artículos de cuero, etc., también son materiales orgánicos densos.

5 Un sistema de energía dual sólo proporciona información limitada acerca de la composición. La división entre orgánicos/inorgánicos es grosera y aproximada. Los detectores convencionales no proporcionan ninguna información espectroscópica real acerca del espectro de los rayos X transmitidos, aunque detecten la presencia o no de rayos X dentro de dos bandas distintas del espectro. En última instancia, se toman decisiones en base a la radiografía de atenuación que se basa en la forma de los artículos y su proximidad a otros objetos.

10 El reciente desarrollo de detectores que puedan resolver de una manera más eficaz la información espectroscópica acerca de los rayos X transmitidos, ha conducido al desarrollo de un aparato que discrimina a través de un mayor intervalo de bandas y genera una mayor multiplicidad de imágenes. Por ejemplo, la patente de EE.UU. 5.943.388 describe un sistema que hace uso de detectores de telurio de cadmio para la generación de imágenes a través de al menos tres bandas de energía y genera al menos tres imágenes. Hamamatsu Photonics KK ha desarrollado un sistema de sensores lineales bajo el número de modelo C10413, que hace uso de detectores de telurio de cadmio para generar imágenes a través de cinco bandas de energía. Éstos hacen un mejor empleo del efecto de absorción espectral diferencial por los diferentes materiales y permiten que se haga una mejor aproximación entre la transmisividad y la composición.

15 Incluso con esta solución, tales dispositivos todavía pueden ser confundidos por los objetos que se superponen en la trayectoria de los rayos X, y no proporcionan ninguna información relacionada con la naturaleza cristalina o policristalina del objeto.

20 Los materiales policristalinos dispersan los rayos X, y la imagen de rayos X resultante difícilmente puede detectar un material policristalino tal debido a que se ha dispersado una gran parte de los rayos X que no han sido absorbidos por el material y, por ello, no es captada por el detector. Esto es de lamentar ya que en la detección con rayos X para la seguridad varios de los artículos peligrosos son de naturaleza policristalina, en particular los explosivos plásticos tales como el CP4, RDX, PETN y las formulaciones patentadas de los mismos, los narcóticos y similares, y por lo tanto son difíciles de detectar mediante la utilización de sistemas de rayos X convencionales.

25 La patente de EE.UU. 6.018.562 describe un método para detectar la presencia de una especie diana a ser identificada (por ejemplo, contrabando) en un objeto (por ejemplo, un equipaje) mediante la medición de la transmisión de rayos X a través del objeto a varias frecuencias. Mediante la comparación del espectro del coeficiente de atenuación medido, con los espectros almacenados de varias especies diana, se puede indicar la presencia de una especie diana. Como posibles interacciones físicas, las cuales determinan la forma del espectro del coeficiente de atenuación de los rayos X, la patente menciona el efecto fotoeléctrico, la dispersión Raleigh, la dispersión Compton y la producción de pares.

30 El artículo de C. Q. Tran et al.: "*Absolute determination of the effect of scattering and fluorescence on x-ray attenuation measurements*", del Journal of Physics B, vol. 37 (2.204), p. 3.163, describe la influencia de la dispersión de Laue/Bragg sobre el coeficiente de atenuación de los rayos X para los materiales cristalinos.

Los objetos cristalinos o policristalinos son capaces de difractar un haz de rayos X si se cumplen ciertas condiciones.

La situación se esboza utilizando la Ley de Bragg, que es:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

40 **n** es un entero (orden de difracción).
λ es la longitud de onda del rayo difractado.
d es el parámetro de red atómica.
θ es el ángulo de difracción.

Para la longitud de onda (energía) especificada el efecto es próximo al 100%.

45 Para superar los problemas de detección asociados con la reflexión de Bragg característica se han hecho tentativas mediante la búsqueda del haz difractado. Si se especifica el material peligroso entonces se dispondría de información relativa al ángulo de difracción θ , el parámetro de red d y la longitud de onda λ de los rayos X. Adicionalmente, por lo tanto, se han propuesto escáneres que hacen uso de la difracción característica, que incluyen detectores de dispersión en ángulos de dispersión adecuados para unos materiales diana particulares. Las anteriores patentes GB 2360685 y GB 2329817 sólo se refieren a una tentativa de este tipo. La energía de los fotones difractados viene dada por:

$$E_f = hc/\lambda$$

donde h es la constante de Planck y c es la velocidad de la luz.

Es un objeto de la presente invención mitigar algunas o todas las anteriores desventajas de los sistemas y métodos de exploración de la técnica anterior.

Es un objeto particular de la presente invención proporcionar un método y un aparato para explorar con rayos X, y preferiblemente además para obtener imágenes, de objetos, y especialmente de recipientes de múltiples objetos o de objetos que comprenden múltiples componentes, que proporcione información adicional acerca de su composición.

- 5 Por lo tanto, de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método de obtención de datos de la transmisión de radiación, y preferiblemente de la imagen, de un objeto, tal como se define en la reivindicación 1.

La fuente de radiación comprende una fuente para proporcionar una radiación electromagnética ionizante de alta energía, tal como rayos X y/o rayos gamma, y el sistema de detección se adapta en consonancia para detectar la radiación en este espectro. La fuente de radiación, por ejemplo, es una fuente de banda ancha de rayos X o de rayos gamma capaz de producir una emisión de amplio espectro sobre un amplio intervalo de energías de rayos X o de rayos gamma. Una fuente tal es común y es ampliamente utilizada. El sistema detector se adapta para generar información espectroscópica acerca de la radiación transmitida. Es decir, el detector presenta una respuesta espectroscópicamente variable a través de al menos una parte, y preferiblemente una parte sustancial, del espectro de la fuente de radiación, lo que permite que la información espectroscópica sea recuperada. El sistema detector es capaz de ser utilizado para detectar bandas de frecuencia/energía bastante específicas, cuya expresión, tal como se utiliza en la presente memoria, incluye la detección en forma eficaz a frecuencias/energías individuales discretas. En lugar de colocar los detectores en las posiciones apropiadas para detectar el ángulo θ del haz de difracción de una energía E ; determinada, el sistema detector se utiliza de acuerdo con la invención para mostrar que la energía particular de interés NO está en el haz primario.

20 Se ha observado que muchos materiales diana tienen una estructura cristalina o policristalina. Tales materiales cristalinos presentan una dispersión característica de radiación electromagnética de alta energía, típicamente, en la región de los rayos X. Con el aparato convencional que utiliza una fuente electromagnética de alta energía, y por ejemplo una fuente de rayos X, esto puede representar un problema. El haz principal se puede dispersar a estas frecuencias características, haciendo que sea más difícil la detección. Sin embargo, donde los sistemas de la técnica anterior tratan esto como un problema que se ha de abordar tratando de detectar los haces secundarios dispersos, la presente invención adopta un enfoque profundamente diferente, ya que lo que pretende en su lugar es detectar las ausencias en el haz primario.

Este enfoque confiere una serie de ventajas. Los haces dispersos secundarios pueden ser difíciles de detectar, requiriendo detectores secundarios colocados de forma muy precisa. La presente invención prescinde por completo de la necesidad de tales detectores secundarios. En su lugar, el sistema detector primario detecta los datos transmitidos en el haz primario transmitido y, mediante una técnica apropiada de análisis numérico, resuelve esto de tal manera que se puede identificar la dispersión característica mediante la ausencia en el haz principal de la energía característica, en lugar de por la presencia de un haz secundario en un ángulo de dispersión característico.

De este modo, de acuerdo con el método, para una especie diana determinada se asigna al menos una banda de frecuencia que se corresponde con una condición de dispersión de Bragg característica. En particular, esto se puede corresponder con una dispersión de Bragg de primer orden para una especie diana determinada, aunque adicionalmente (por ejemplo, para proporcionar una confirmación), o alternativamente, una banda de frecuencia se puede asignar a una dispersión característica de un orden inferior.

Los datos de transmisión recogidos se resuelven espectroscópicamente a través de la multiplicidad de bandas de frecuencia. En la, o en cada, banda de frecuencia asignada como característica de una especie diana determinada, la dispersión se produce de acuerdo con la ley de Bragg para una energía característica dentro de la banda de frecuencia, lo que reduce la amplitud de la señal transmitida. Si la banda de frecuencia es suficientemente estrecha para que se corresponda con la suficiente proximidad a la frecuencia de dispersión característica, se resolverá en el detector una reducción sustancial y medible de la amplitud transmitida.

Esta reducción de la amplitud sobre la banda de frecuencia definida específicamente, que abarca la frecuencia de dispersión característica, en relación con los datos de transmisión a través del espectro en su totalidad, es específicamente característica del material diana, o al menos característica de la clase de materiales que tienen las mismas propiedades de dispersión de Bragg que el material diana. De este modo, la ausencia, o la reducción sustancial, característica de la intensidad de la señal transmitida en el haz primario transmitido en la banda de frecuencia se pueden interpretar como la presencia de dicha especie diana, y se puede generar un resultado a tal efecto.

En la práctica, tal reducción de la amplitud se determina numéricamente mediante la comparación con el espectro global transmitido y/o mediante la comparación con el espectro de una fuente conocida, y por ejemplo grabado previamente. Por ejemplo, a partir de la intensidad de una fuente conocida y de la intensidad transmitida medida a través del espectro global transmitido, se puede hacer una predicción general extrapolada de la intensidad específica transmitida esperada a través del espectro de energía global, en base al ajuste de los datos a la ley de atenuación exponencial estándar. La comparación numérica de la intensidad transmitida medida, frente a intensidad transmitida pronosticada extrapolada, proporciona una medida numérica de la reducción de la amplitud para una frecuencia deseada, que se corresponde con una condición de dispersión de Bragg para una especie diana. Si, por

ejemplo, esta reducción supera el nivel de un umbral determinado previamente, se considera identificada la presencia de la especie diana.

Se entiende que, aunque en la presente memoria, por conveniencia, se hace referencia a la exploración de un objeto, no se debe considerar que esto limite la aplicación de la invención a la exploración de objetos homogéneos individuales. De hecho, para muchas de las aplicaciones previstas, es probable que un "objeto" conste de múltiples materiales heterogéneos y/o que sea un recipiente u otra acumulación de múltiples artículos, de modo que es probable que cualquier trayectoria de la radiación transmitida pase a través de múltiples materiales diferentes que tienen propiedades diversas. Una de las ventajas particulares de la invención es que puede facilitar la resolución de tales materiales diversos

El método de la invención no está limitado en su aplicación a la exploración y/o formación de imágenes de objetos que se desplazan a través de la zona de exploración de un escáner. La información concerniente a la dispersión característica inherente en el conjunto de datos transmitidos para un suceso de exploración determinado, y por ello la composición del material de un objeto o de unos objetos en la trayectoria de la transmisión, se pueden obtener mediante un único suceso de barrido, por ejemplo un objeto estacionario que se explora mediante un único haz de una geometría apropiada, por ejemplo un haz de lápiz o un haz cónico. En tal circunstancia, el método simplemente incluye colocar el objeto en la zona de exploración para obtener una exploración individual tal y un conjunto de datos individuales de la intensidad tal.

Sin embargo, en una realización preferida se recoge información relativa a la transmisividad de un objeto bajo ensayo en la zona de exploración, en una multiplicidad de posiciones de exploración entre las que el objeto se hace trasladar y/o rotar. De acuerdo con esta realización del método, el método comprende la etapa adicional de hacer que un objeto se desplace con relación a, y por ejemplo a través de, la zona de exploración conforme se recoge una multiplicidad de tales conjuntos de datos de la intensidad.

En su forma más básica, la invención permite la identificación de materiales a partir de los datos de transmisión recogidos y resueltos en base a un análisis numérico que proporciona una indicación del contenido del material, con referencia a una adecuada biblioteca de datos de las frecuencias de dispersión características para al menos uno y preferiblemente un intervalo de materiales diana y/o unos objetos que probablemente se han de encontrar en una aplicación determinada. La biblioteca de datos puede comprender información en una forma adecuada cualquiera para que se pueda relacionar numéricamente de manera analítica con los datos recogidos a través de la(s) banda(s) de energía resuelta(s) de acuerdo con la invención. La biblioteca de datos puede incluir materiales de referencia prefijados estándar y/o materiales de referencia por entrada del usuario y/o datos de referencia que se pueden generar a partir de materiales conocidos de acuerdo con el método anterior. Es decir, mediante el sistema se puede construir una biblioteca de datos que con el tiempo puede "aprender", de hecho, las características del material. La biblioteca de datos puede comprender datos almacenados electrónicamente y/o datos almacenados en un medio rígido, tal como un medio impreso, y se puede mantener y acceder localmente y/o remotamente, manualmente y/o automáticamente, ninguno de los cuales es directamente concerniente al funcionamiento del método de la invención.

De este modo, en su forma más básica, la invención permite la identificación de materiales a partir de los datos de transmisión recogidos en base a las reducciones características de la amplitud en puntos característicos del espectro. No se necesita generar una imagen. No se exige una geometría particular del haz de transmisión. Puede ser suficiente una sencilla geometría eficazmente unidimensional del haz incidente sobre un único detector sencillo.

Sin embargo, con fines prácticos puede ser preferible que la invención forme parte de, y complemente la información proporcionada por, un sistema de exploración con formación de imágenes. De acuerdo con esta realización preferida, el conjunto de datos de la información acerca de la incidencia de la radiación recogidos en el detector se utiliza para generar una imagen de un objeto en la zona de exploración. En particular, en un modo preferido de funcionamiento, se genera una sucesión de imágenes, y se resuelve espectroscópicamente cada una de tales imágenes a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente, al menos una de las cuales se corresponde con una frecuencia de dispersión característica de una especie diana, y al menos una de las cuales se utiliza para generar una imagen de una manera convencional. Más preferiblemente, la multiplicidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente se determina por separado que se corresponde con una multiplicidad de frecuencias de dispersión características, y se asigna una multiplicidad adicional de bandas de frecuencia dentro de la fuente para generar una serie de imágenes diferenciadas por energía, por ejemplo de una manera conocida, mediante analogía con los sistemas convencionales de formación de imágenes de energía dual o diferenciada más completamente.

Convenientemente, el método de la invención proporciona además la etapa adicional de representar tal imagen o tales imágenes generadas, y en el caso de múltiples imágenes puede implicar el representar tales imágenes simultánea o secuencialmente.

Para una mayor claridad, se debe entender que cuando en esta memoria se hace referencia a la generación de imágenes es una referencia a la creación de un conjunto de datos de información, por ejemplo en forma de un adecuado archivo de datos almacenado y manejable, a partir del cual se puede producir una representación visual de la estructura subyacente del objeto bajo investigación, y las referencias a la representación de esta imagen son

referencias a la presentación de una imagen generada a partir de un conjunto de datos tal en una forma visualmente accesible, por ejemplo en un medio de representación adecuado.

5 La clave de la invención es que el sistema detector puede generar información espectroscópica acerca de la radiación transmitida, y por ejemplo comprende una matriz de uno o más detectores que pueden generar información espectroscópica acerca de la radiación transmitida. Es decir, el detector presenta una respuesta espectroscópicamente variable a través de al menos una parte del espectro de radiación de la fuente, lo que permite que se recupere la información espectroscópica.

10 La resolución adecuada de la información espectroscópica aporta dos ventajas. Ella proporciona el potencial de la formación de imágenes a través de una serie de bandas relativamente anchas para crear varias imágenes que pueden reflejar, hasta cierto punto, las diferentes respuestas de los materiales y, de este modo, mediante la diferenciación entre cada imagen a través de cada banda relativamente ancha, por ejemplo representándolas de manera diferenciada (tal como en diferentes colores) en una imagen combinada resultante, ayuda a la resolución de los diferentes objetos, componentes o partes de la imagen. Sin embargo, al proporcionar también el potencial para recoger datos a través de bandas relativamente estrechas características de las condiciones de dispersión de Bragg para una o más especies cristalinas diana determinadas, puede efectuar, de acuerdo con la invención, una identificación genuina y mucho más específica de un material diana o de una reducida clase de materiales.

15 En la medida en que se resuelven, el ancho de banda exacto no está directamente involucrado con la invención y se pueden conseguir resultados útiles mediante cualquier enfoque adecuado para dividir el espectro en bandas separadas, bien en su totalidad o bien en parte. Por ejemplo, se puede dividir todo el espectro o una parte sustancial del mismo entre una multiplicidad de anchos de banda tales, y cada elemento de datos puede ser considerado como una medida representativa de la intensidad a través de toda la banda, por ejemplo la intensidad media. Alternativamente, sobre la misma base se puede contemplar y analizar una multiplicidad de bandas relativamente anchas, pero con lagunas discretas entre ellas. Alternativamente, las "bandas" se pueden estrechar hasta el punto en que esencialmente se aproximen a la evaluación de la intensidad para una energía individual. Como se utiliza en esta memoria, el concepto de intensidad en una "banda" de energía incluye la evaluación de la intensidad para la energía individual discreta tal, así como la evaluación de la intensidad para la energía a través de un ancho de banda estrecho o amplio. Sin embargo, generalmente es preferible que las bandas de imagen sean relativamente anchas y que las bandas características sean relativamente estrechas.

20 Similarmente, la fuente puede ser una única fuente de amplio espectro a través de la cual se puede identificar una multiplicidad de anchos de banda o de energías individuales. Alternativa o adicionalmente se pueden proporcionar fuentes que tengan anchos de banda estrechos o que generen una radiación incidente para una o más energías discretas para proporcionar algunas de las energías para la comparación de acuerdo con el método de la invención. En este caso, la fuente de radiación es una fuente múltiple que comprende una combinación de fuentes a diferentes energías para proporcionar la necesaria difusión total del espectro que permite la resolución mediante el detector a través de una multiplicidad de energías/bandas de energía.

25 Por ejemplo, una fuente múltiple puede comprender una fuente de rayos X que tiene un espectro a una energía relativamente baja, por ejemplo que funciona por debajo de 60 keV, y por ejemplo de 10 a 50 keV, y otra u otras fuentes, tales como las fuentes de radioisótopos que generan una radiación a energías más altas, por ejemplo por encima de 100 keV.

30 De acuerdo con una realización preferida de la invención, cada imagen recogida se resuelve espectroscópicamente a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia, dentro del espectro de la fuente, que comprende una multiplicidad de bandas de frecuencia "características" relativamente estrechas, que cada una de ellas se corresponde con, y contiene dentro de la banda, una frecuencia de dispersión característica de una especie diana determinada, y/o una multiplicidad de bandas de "imagen" relativamente anchas destinada cada una de ellas a generar una imagen a través de una parte más ancha del espectro global, de modo que las bandas de imagen juntas permitan la generación de una imagen o una sucesión de imágenes compuestas diferenciadas por energía. El número de bandas de frecuencia características se determina mediante el número de especies diana, y mediante si una especie diana se mapea sobre una, o más de una, frecuencia de dispersión característica. Convenientemente, el número de bandas de frecuencia de imagen está entre 2 y 10, y por ejemplo entre 4 y 8.

35 Los detectores espectroscópicos pueden funcionar de manera selectiva a la energía, dando lugar a la capacidad de presentar una imagen resoluble en un número significativamente acrecentado de bandas de energía de "imagen", en comparación con las dos que están disponibles en los detectores de energía dual convencionales de la técnica anterior. Esta información se puede utilizar para mejorar la resolubilidad de objetos de composición diferente.

40 Esto se consigue de acuerdo con esta realización preferida ya que la resolución espectroscópica de la radiación transmitida en cada una de tales bandas relativamente anchas se representa en la imagen generada. Por ejemplo, la diferenciación espectroscópica de los datos recogidos se representa en la imagen como un color, un sombreado o un marcado diferenciados. Se utiliza un mapeo de bandas ya que el espectro de la fuente se divide en una multiplicidad de bandas, por ejemplo entre cuatro y ocho bandas, y se utilizan diferentes colores para representar

cada una de tales bandas en la imagen representada. Convenientemente, el aparato incluye medios de procesamiento de imágenes adecuados para efectuar este mapeo.

Preferiblemente, en un medio de representación adecuado se representa una imagen o una imagen compuesta o una sucesión de imágenes generadas de esta manera.

- 5 Por analogía, de acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un aparato para la exploración y la obtención de datos de transmisión de radiación, y preferiblemente una imagen, de un objeto, tal como se define en la reivindicación 9.

10 Opcionalmente, el aparato se adapta para recoger, durante su utilización, datos de la intensidad de transmisión con un objeto en una única posición de exploración y, por ejemplo, incluye unos medios para retener el objeto en la posición de exploración, tal como un receptáculo en el que se puede colocar el objeto. Adicional o alternativamente puede incluir un transportador para transportar el objeto dentro y fuera de dicha posición de exploración.

15 Opcionalmente, el aparato se adapta para recoger, durante su utilización, datos de la intensidad de transmisión con un objeto en una multiplicidad de posiciones de exploración conforme el objeto se desplaza con respecto a, y por ejemplo a través de, la zona de exploración, y preferiblemente para recoger, durante su utilización, datos de la imagen de un objeto en la zona de exploración, y preferiblemente una sucesión de imágenes, conforme el objeto se desplaza a través de la zona de exploración, ya que comprende, además, un manipulador de objetos para hacer que el objeto se desplace con relación a, y por ejemplo a través de, la zona de exploración en uso.

20 El aparato de la invención dispone de un aparato de procesamiento de datos, que incluye un comparador, para identificar la ausencia o la reducción sustancial de la intensidad de la señal transmitida en dicha banda de frecuencia, y para producir la misma como indicación de la presencia de dicha especie diana. Se puede contemplar cualquier forma adecuada de aparato de procesamiento de datos c que combine un hardware y un software adecuados y que combine etapas de cálculo automático y por entrada del usuario. Por ejemplo, el aparato de la invención comprende un aparato de procesamiento de datos adecuadamente programado, tal como un ordenador para aplicaciones generales o para aplicaciones especiales, adecuadamente programado.

25 Generalmente se entiende que en el método de la invención se puede implementar una etapa numérica mediante un conjunto adecuado de instrucciones o códigos legibles por máquina. Estas instrucciones legibles por máquina se pueden cargar en un ordenador para aplicaciones generales, un ordenador para aplicaciones especiales u otro aparato programable de procesamiento de datos, para producir un medio de implementar la etapa numérica especificada y, en particular, para producir de este modo un medio de cálculo como se describe en esta memoria.

30 Estas instrucciones legibles por máquina también se pueden almacenar en un medio legible por ordenador que pueda dar instrucciones a un ordenador u otro aparato programable de procesamiento de datos para funcionar de una manera particular, de tal modo que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador produzcan un artículo manufacturado que incluya un medio de instrucción para implementar algunas o todas las etapas numéricas del método de la invención. Las instrucciones del programa informático también se pueden cargar en un ordenador u otro aparato programable para producir una máquina capaz de implementar un procedimiento ejecutado por ordenador de tal modo que las instrucciones se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable, proporcionando etapas para implementar algunas o todas las etapas numéricas del método de la invención. Se entiende que una etapa se puede implementar mediante, y un medio del aparato para realizar una etapa tal disponer en, cualquier combinación adecuada de hardware para aplicaciones especiales y/o instrucciones de ordenador.

40 Opcionalmente, el aparato incluye, además, un aparato de generación de imágenes para generar al menos una primera imagen a partir de la salida del sistema detector; y opcionalmente además una representación de imágenes adaptada para representar al menos la primera imagen.

45 Convenientemente, el medio de representación es una pantalla sencilla de representación en dos dimensiones, por ejemplo una pantalla convencional de representación de vídeo (expresión que se pretende que abarque cualquier sistema de representación directa o de proyección que haga empleo de un tubo de rayos catódicos, una pantalla de plasma, una pantalla de cristal líquido, una pantalla de cristal líquido sobre silicio, una pantalla de diodos de emisión de luz o una tecnología similar). Una ventaja particular es que el método se puede contemplar para su utilización con, y el aparato para la invención incorporar en, las pantallas estándar de representación de sistemas existentes comparables, por ejemplo en los campos de la seguridad o de la producción de imágenes médicas.

50 La fuente de radiación debe producir una distribución de energías a través de un intervalo espectral adecuado para la dispersión característica, y típicamente es una fuente de rayos X. La superficie de emisión más apropiada es el wolframio, pero se pueden utilizar otras.

55 La fuente puede ser una única fuente de amplio espectro a través de la cual se pueda identificar una multiplicidad de anchos de banda (expresión que, como se describió anteriormente, abarca en la presente memoria las energías individuales). Alternativa o adicionalmente, se pueden proporcionar fuentes que tengan anchos de banda estrechos o que generen una radiación incidente para una o más energías discretas, para proporcionar algunas de las energías para la comparación de acuerdo con el método de la invención. En este caso, la fuente de radiación es una

fente múltiple que comprende una combinación de fuentes a diferentes energías para proporcionar la difusión total del espectro necesaria para permitir la resolución mediante el detector a través de una multiplicidad de energías/bandas de energía.

5 Por ejemplo, una fuente múltiple comprende una fuente de rayos X que tiene un espectro a una energía relativamente baja, por ejemplo que funciona por debajo de 60 keV, y por ejemplo de 10 a 50 keV, y una o más fuentes de radioisótopos que generan radiación a energías más altas, por ejemplo por encima de 100 keV.

10 Un sistema detector de acuerdo con la invención puede comprender un único detector o una multiplicidad de elementos detectores discretos que componen un sistema de elementos múltiples. En particular, para las aplicaciones sin formación de imágenes que operan con una intensidad eficazmente cero-dimensional, se puede preferir solamente un análisis con un único detector. Para las aplicaciones de formación de imágenes se puede preferir una matriz lineal o superficial.

15 Es necesario que el sistema detector esté capacitado para detectar radiación de una manera que sea espectroscópicamente resoluble. Preferiblemente, el sistema detector, o algunos o todos los elementos detectores discretos que componen un sistema de elementos múltiples, está adaptado para producir una resolución espectroscópica ya que presenta una respuesta espectroscópica directa. En particular, el sistema o elemento se fabrican con un material seleccionado para presentar inherentemente como una propiedad directa del material una respuesta eléctrica variable directa, por ejemplo fotoeléctrica, en diferentes partes del espectro de la fuente. Por ejemplo, el sistema o elemento detector comprende un material semiconductor de banda prohibida directa ancha. Por ejemplo, el sistema o elemento detector comprende un material o unos materiales semiconductores preferiblemente conformados como un cristal grueso, por ejemplo como un monocristal grueso (donde "cristal grueso" indica en este contexto un espesor de al menos 500 μm , y preferiblemente de al menos 1 mm). Los materiales que constituyen el semiconductor se seleccionan preferiblemente entre telurio de cadmio, telurio de cadmio-cinc (CZT), telurio de cadmio-manganeso (CMT), germanio, bromuro de lantano y bromuro de torio. A este respecto son particularmente preferidos los semiconductores de los grupos II-VI, y especialmente los enumerados. 20 Los materiales que constituyen el semiconductor se seleccionan preferiblemente entre telurio de cadmio, telurio de cadmio-cinc (CZT), telurio de cadmio-manganeso (CMT) y las aleaciones de los mismos, y, por ejemplo, comprenden $\text{Cd}_{1-(a+b)}\text{Mn}_a\text{Zn}_b\text{Te}$ cristalino, donde a y/o b pueden ser cero.

30 La combinación de éstos y de cualquier otro de tales materiales se puede considerar que proporciona una detección espectroscópica de rayos X u otra radiación, en lugar de detectar tan solo la amplitud de la radiación transmitida, y de este modo permite la resolución de al menos las ausencias/reducciones de la amplitud características en la radiación transmitida que indican la presencia de una especie diana característica.

35 El aparato incluye un procesador de datos para procesar el conjunto de datos y, por ejemplo, datos de las imágenes, para resolver espectroscópicamente los datos como anteriormente. El aparato puede incluir un registro de datos en comunicación de datos con el conjunto de datos, para almacenar parámetros para una banda de frecuencia, que puede ser fijada previamente o ser programable por el usuario. El registro de datos puede además almacenar información espectroscópica acerca de la fuente, y se puede proporcionar un comparador para comparar la amplitud en una banda característica con este espectro de la fuente para identificar las ausencias características.

40 Como se ha descrito anteriormente, cada conjunto de datos recogido, y por ejemplo cada imagen recogida, se pueden resolver espectroscópicamente a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente, que comprende una multiplicidad de bandas de frecuencia "características" relativamente estrechas, que cada una de ellas se corresponde con, y contiene dentro de la banda, una frecuencia de dispersión característica de una especie diana determinada, y/o una multiplicidad de bandas "de imagen" relativamente anchas destinada cada una de ellas a generar una imagen a través de una parte más ancha del espectro global, de modo que las bandas de imagen juntas permitan la generación de una imagen compuesta o una sucesión de imágenes diferenciadas por energía de la forma habitual. 45

50 Para generar una imagen tal se puede proporcionar un generador de imágenes. En particular, éste se puede adaptar para recibir desde el procesador de datos una multiplicidad de imágenes resueltas espectroscópicamente a partir de una multiplicidad de bandas de "formación de imágenes", y representar estas imágenes, sucesiva o simultáneamente, para ayudar a la diferenciación de un objeto como se describió anteriormente. Por ejemplo, la diferenciación espectroscópica de los datos recogidos se representa en una única imagen combinada como un color, un sombreado o un marcado diferenciados.

La invención se refiere, en particular, a un aparato y a un método que funcionan sobre el principio del barrido lineal, en el que se hace que los objetos tridimensionales se desplacen a través de una zona de exploración y se recoge la información para la formación de imágenes.

55 El aparato de formación de imágenes que hace empleo del principio del barrido lineal es bien conocido. Típicamente, tal aparato consta de una fuente de rayos X, cuyo haz se puede colimar en forma de cortina, normalmente referido como un "haz de cortina", y luego se detecta mediante un detector de matriz lineal que, por ejemplo, comprende una matriz lineal de fotodiodos. La información de las imágenes se obtiene haciendo que el objeto en cuestión se

desplace linealmente, por ejemplo en ángulos rectos con respecto al haz, y almacenando las exploraciones sucesivas de la información de la transmisión de los rayos X procedentes de la matriz lineal, a partir de las cuales se puede recopilar un fotograma completo de las imágenes.

Por consiguiente, en esta realización, el método comprende:

- 5 proporcionar una fuente de rayos X y un sistema detector de rayos X separado de ella para definir una zona de exploración entre ambos, comprendiendo el sistema detector al menos uno y preferiblemente una multiplicidad de detectores de matriz lineal capaces de generar información espectroscópicamente resoluble acerca de los rayos X incidentes;
- 10 hacer que un objeto se desplace con relación a, y a través de, la zona de exploración;
- 10 resolver los datos transmitidos resultantes de la manera descrita anteriormente.

Por consiguiente, en esta realización, el aparato comprende:

una fuente de rayos X y un sistema detector de rayos X separado de ella para definir una zona de exploración entre ambos, comprendiendo el sistema detector al menos uno y preferiblemente una multiplicidad de detectores de matriz lineal capaces de generar información espectroscópicamente resoluble acerca de los rayos X incidentes.

- 15 De acuerdo con esta realización, preferiblemente la fuente de radiación es una fuente de rayos X de haz de cortina como es habitual en un aparato convencional de barrido lineal. La fuente de rayos X puede comprender una única fuente primaria adaptada para generar un haz, tal como un haz de cortina, alineado para que sea incidente sobre cada detector lineal de la matriz en serie espaciada lateralmente con una separación angular adecuada, por ejemplo mediante un aparato adecuado de división de haces. Se puede generar un único haz. Alternativamente, a partir de
- 20 una única fuente se pueden generar múltiples haces. Alternativamente, se pueden proporcionar múltiples fuentes, cada una de las cuales genera un haz, tal como un haz de cortina, incidente sobre el detector lineal de la matriz en serie. La fuente de rayos X puede comprender una fuente que combina cualquiera o todos los principios anteriores.

- 25 En esta realización se puede seleccionar un sistema de formación de imágenes en base a un detector, para resolver espectroscópicamente una serie de bandas anchas de energía para proporcionar una imagen y para la identificación general de materiales, mientras que uno o más se pueden ajustar más precisamente para detectar la AUSENCIA de ciertas energías del haz difractado que son características de un artículo peligroso, tal como un explosivo plástico que, por ejemplo, comprende PETN, RDX o las formulaciones de los mismos.

- 30 Si estuviera presente un artículo tal, sin duda sería lo suficientemente grande como para afectar a muchos píxeles de una matriz de barrido lineal. Una ventaja importante es que sería capaz de detectar un explosivo en láminas. Este es un problema muy real ya que probablemente en la radiografía no habría información de una forma que indicara su presencia.

En una situación práctica, el dispositivo de barrido lineal se puede disponer para que tenga un conocimiento previo del espectro de rayos X obtenido a partir de la fuente de rayos X, y de este modo poder reconocer la ausencia casi completa de una particular banda estrecha de energía durante una pasada normal de exploración.

- 35 Ahora se describirá la invención a modo de ejemplo solamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un esquema general de un posible aparato para implementar la invención;

La Figura 2 representa un espectro típico de una fuente de radiación, y representa cómo se escinde para implementar la invención;

La Figura 3 es un protocolo esquemático de funcionamiento de la invención;

- 40 La Figura 4 es una vista lateral de una representación esquemática simplificada de un aparato de exploración adecuado para su utilización en una realización de la invención;

La Figura 5 representa el efecto que se puede crear mediante las imágenes generadas por medio de las múltiples trayectorias de los rayos proporcionadas mediante la realización de la Figura 4.

- 45 Con referencia primero a la representación esquemática general de la Figura 1, una fuente 1 de rayos X y una matriz 2 de detectores, espaciada lateralmente, definen conjuntamente una zona de exploración Z entre ellas. Durante su utilización, el objeto que se va a explorar se pone en, y a través de, la zona de exploración de la manera usual, por ejemplo sobre una cinta transportadora adecuada (no mostrada).

- 50 En el ejemplo representado, en la zona de exploración Z se encuentra una muestra de un material cristalino 5. Se representa un haz incidente 11 procedente de la fuente de rayos X. En el ejemplo, un haz difractado 12 se difracta en un ángulo característico de conformidad con la ley de Bragg, reduciendo la intensidad del haz transmitido 13 por encima y más allá de la reducción que sería atribuible únicamente a la absorción. Esto representa el efecto empleado por la invención.

El haz transmitido 13 es incidente sobre una matriz de detectores 21, que en una realización preferida comprende una matriz lineal múltiple de unidades detectoras de telurio de cadmio.

La matriz de detectores 21 está en comunicación de datos con un procesador 22. La matriz de detectores se utiliza para generar una "placa" bidimensional a la manera habitual. La resolución espectral inherente del material situado en la matriz permite que el procesador 22 resuelva diferenciadamente esta imagen a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia/energía establecidas previamente en conformidad con los principios de la invención, mediante la referencia a los límites de las bandas energía almacenadas en el registro de datos 23.

Como se representa con más detalle en las Figuras 2 y 3, algunas de estas bandas de energía resueltas se utilizan para componer una imagen diferenciada por energía para su transmisión al medio de representación 27. A este respecto, el aparato sigue los mismos principios básicos que el aparato convencional de formación de imágenes diferenciadas por energía. Éste difiere en la funcionalidad adicional proporcionada por el comparador 24, que actúa en relación con algunas de las bandas de frecuencia identificadas, cada una de las cuales se asocia con una dispersión de Bragg característica de una especie diana, para identificar las reducciones inusuales de la amplitud transmitida 13 dentro de la banda de frecuencia característica que son indicativas de una dispersión característica. Esto se puede efectuar por comparación con un espectro previamente almacenado para la fuente 1 en el registro de datos 25. Las especies identificadas característicamente pueden ser identificadas por el usuario del sistema de exploración de una manera adecuada cualquiera, ya sea mediante la inclusión en la imagen representada en la pantalla 27 o bien mediante otro sistema de alerta adecuado. Cualquiera de los elementos de procesamiento o almacenamiento de datos del aparato, que por ejemplo incluye uno o más de: el procesador 22, el registro de datos 23, el comparador 24 y el registro de datos 25, se puede dotar de un medio procesador de datos adecuadamente programado, tal como un ordenador para aplicaciones especiales o para aplicaciones generales.

La fuente 1 genera rayos X a través de un espectro de energía relativamente ancho, de modo que se pueda hacer empleo de esta resolución. Ésta puede ser una fuente múltiple, o una fuente única con la necesaria difusión. Preferiblemente, la fuente 1 es una fuente de wolframio, lo que proporciona un gráfico característico de la intensidad de los rayos X (I) frente a longitud de onda (λ), como se representa en la Figura 2. La Figura 2 representa cómo se puede dividir este espectro para hacer funcionar un sistema de acuerdo con los principios de la invención. En la Figura 2a, el espectro global se divide en bandas sucesivas relativamente anchas (b_1 a b_5). Estas bandas de imagen se utilizan para elaborar una imagen diferenciada por energía relativamente convencional. En la Figura 2b el espectro se procesa adicionalmente para dirigirse a ciertas bandas estrechas de frecuencia (c_1 a c_3). Estas bandas son bandas "características" y cada una se asocia con una longitud de onda de dispersión de Bragg característica para una especie diana determinada. Una especie diana determinada puede tener identificada más de una banda característica.

Con el espectro resuelto adecuadamente de la manera indicada en la Figura 2 por medio del procesador 22 identificado en la Figura 1, se genera una imagen y se recupera otra información de acuerdo con el procedimiento del diagrama de flujo representado en la Figura 3.

Leyendo de arriba a abajo, el conjunto de datos recogidos se resuelve de la manera representada en la Figura 2, tanto dentro de la serie de bandas de imagen, como dentro de la serie de bandas características. La resolución de las bandas de imagen produce una serie de imágenes b_1 , b_2 , b_3 , b_4 y b_5 que en conjunto representan las intensidades de los rayos X transmitidos a través de anchos de banda relativamente anchos, pero diferenciadas por energía a través del espectro. De esta manera es posible un grado de diferenciación entre objetos de composición diferente. Los objetos de composición diferente, y en particular los de número atómico diferente, tienden a presentar respuestas diversas. Si las diferentes imágenes b_1 a b_5 se representan, por ejemplo, sucesivamente, o, más preferiblemente, se les proporciona coloraciones distintivas y se representan simultáneamente en una única imagen compuesta, se puede proporcionar una resolución adicional de los objetos a partir de la exploración. Este procedimiento es razonablemente convencional.

Donde difiere notablemente la invención es en la resolución adicional de las bandas características c_1 a c_3 . Estas bandas características son relativamente estrechas, y cada una pretende dirigirse a, y corresponderse con, una longitud de onda de dispersión de Bragg característica para una especie diana determinada. Los datos de transmisión resueltos para estos vínculos del registro 25 se procesan mediante un comparador, para identificar, por ejemplo con referencia a un espectro almacenado y/o con referencia a los datos de intensidad en las proximidades de la banda característica, cualquier reducción significativa de la amplitud dentro de la banda característica que sugiera la presencia de la dispersión característica, y por ello la presencia de la especie diana. Luego se representa la presencia o ausencia identificadas de este modo, por ejemplo en combinación con la imagen compleja generada a partir de la resolución de la banda de imagen o como una presentación adicional de información en asociación con la imagen o en una presentación hecha a su medida.

En una realización preferida, el aparato emplea el principio de exploración lineal para generar una imagen de rayos X. En las aplicaciones para la seguridad en aerolíneas, el principio se encuentra, en particular, en relación con los escáneres para el equipaje de mano. La producción de imágenes por rayos X también se puede utilizar en principio como un sistema suplementario para el equipaje de bodega (estando limitada la reducida exploración por TC de la aplicación de detección con respecto a la capacidad de formación de imágenes), pero esto es menos común.

La Figura 4 representa un aparato adecuado. La realización representada utiliza una única fuente de rayos X colimada para producir un haz de cortina incidente sobre los tres detectores lineales 3a a 3c (que, en la realización, cada uno comprende una matriz lineal de elementos detectores). De este modo, en la zona de exploración se genera una multiplicidad de trayectorias de rayos 5a a 5c, por medio de una multiplicidad de haces de cortina incidentes sobre una matriz de tales detectores lineales, espaciada lineal o angularmente. Se muestran las trayectorias de los rayos incidentes 5a a 5c a través de la zona de exploración entre la fuente 1 de rayos X y los detectores 3a a 3c, respectivamente.

En la realización, los detectores de matriz lineal 3a a 3c comprenden un material capaz de la resolución espectroscópica de los rayos X incidentes, y en el ejemplo específico comprenden telurio de cadmio, aunque un experto en la técnica apreciará que pueden ser apropiadas otras selecciones de materiales. Para hacer empleo de esta resolución espectral, la fuente de rayos X emite rayos X a través de un amplio espectro de energía. En el ejemplo se utiliza una fuente de wolframio, aunque un experto en la técnica apreciará que pueden ser apropiados otros materiales.

Un transportador de cinta sin fin 7 hace que el objeto que se va a explorar 9 se desplace en una dirección d con el fin de interceptar las trayectorias de los rayos 5a a 5c en la zona de exploración. La aplicación contemplada de esta realización de la invención es como escáner de seguridad, y el objeto 9 se puede considerar típicamente que es un recipiente que se espera que contenga una variedad de objetos distintos que es útil y deseable caracterizar composicionalmente y observar eficazmente en una tercera dimensión (por ejemplo, un artículo del equipaje de bodega de una aerolínea). Sin embargo, un experto en la técnica apreciará fácilmente que los mismos principios se pueden aplicar, por ejemplo, para la exploración de objetos con fines de examen interno, para la exploración médica y para aplicaciones similares.

Los conjuntos de datos de información de la intensidad transmitida se generan mediante el acopio de la información transmitida desde cada uno de los tres detectores 3a a 3c. Como anteriormente, se lleva a cabo el procesamiento del conjunto de datos de información mediante la resolución, al menos en cierta medida, de la relación entre la energía incidente/longitud de onda y la intensidad transmitida, tanto para el análisis numérico de acuerdo con los principios de la invención, como para fines de formación de imágenes resueltas espectroscópicamente.

Aunque la invención, especialmente en el modo de funcionamiento sin formación de imágenes, requiere solamente una única trayectoria de los rayos, la realización de la Figura 4 presenta múltiples trayectorias de los rayos a través de un objeto. La Figura 5 representa el efecto adicional que se puede crear mediante las imágenes generadas por medio de las múltiples trayectorias de los rayos proporcionadas mediante la realización de la Figura 4, lo que puede mejorar aún más la información proporcionada.

Conforme el objeto 9 pasa a través de las trayectorias de los rayos incidentes 5a a 5c (véase la Figura 5a), se generan tres imágenes en las que el objeto está orientado de manera diferente con respecto a la fuente 1 de rayos X. La representación sucesiva de estas imágenes hace que parezca que el objeto rota, tal como se representa en la Figura 5b.

Esta capacidad de hecho de obtener una vista del objeto que sea de hecho rotativa en una tercera dimensión, puede ser considerada en algunos aspectos como análoga a la exploración por TC. En un escáner por TC convencional, el movimiento rotativo relativo entre el escáner y el objeto explorado (normalmente, mediante el movimiento orbital del escáner) permite que se recoja una imagen rotativa. La imagen múltiple generada en este ejemplo proporciona algunas de estas características como consecuencia de las múltiples trayectorias de los rayos proporcionadas por el aparato, pero con una geometría menos compleja, y por ejemplo sobre un transportador lineal simple, tal como típicamente se utiliza en los sistemas de exploración de seguridad. Esto proporciona una funcionalidad adicional de las imágenes.

De esta manera, de acuerdo con la invención, se describe un aparato y un método que pueden proporcionar una caracterización específica de un material en base a la detección de la energía resuelta y al procesamiento de los datos, para identificar materiales mediante la ausencia o la reducción de la banda de dispersión característica. Toda esta información se obtiene a partir del haz primario transmitido, mediante la resolución espectroscópica y el procesamiento del conjunto de datos primarios recogidos y sin necesidad de una detección específica de las señales dispersas características.

REIVINDICACIONES

1.- Un método de obtención de datos de transmisión de la radiación de un objeto, que comprende las etapas de:

proporcionar una fuente (1) de radiación electromagnética ionizante de alta energía y un sistema detector de radiación (21; 3a, 3b, 3c) separado de ella para definir una zona de exploración (Z) entre ambos, siendo el sistema detector capaz de detectar y recoger información espectroscópicamente resoluble acerca de la radiación incidente; recoger un conjunto de datos de información acerca de la radiación incidente en el detector, y por ello de la transmisividad de un objeto en la zona de exploración, en al menos una y preferiblemente en una multiplicidad de posiciones de exploración a partir de la radiación transmitida a través del objeto y recibida en el sistema detector (21; 3a, 3b, 3c);

resolver espectroscópicamente cada uno de tales conjuntos de datos a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia (b1 a b5; c1 a c3) dentro del espectro de la fuente;

en donde al menos una de dicha multiplicidad de bandas de frecuencia se corresponde con una longitud de onda de dispersión de Bragg característica de una especie diana a ser identificada, y en donde la reducción de la amplitud de la intensidad de la señal transmitida en la banda de frecuencia característica se determina numéricamente mediante su comparación con el espectro de una fuente conocida y/o con referencia a los datos de la intensidad transmitida en la proximidad de la banda de frecuencia característica, y como consecuencia se genera un resultado que indica la presencia de dicha especie diana.

2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se asigna a una especie diana determinada al menos una banda de frecuencia que se corresponde con una condición de dispersión de Bragg de primer orden característica.

3.- Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde la reducción de la amplitud en una banda de frecuencia característica se determina numéricamente mediante la comparación con el espectro de una fuente grabado previamente, y como consecuencia se genera un resultado que indica la presencia de dicha especie diana.

4.- Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde el conjunto de datos de información acerca de la incidencia de la radiación recogida en el detector (21; 3a, 3b, 3c) se utiliza para generar una imagen, o unas imágenes, de un objeto en la zona de exploración; y el método comprende la etapa adicional de representar la imagen o las imágenes generadas.

5.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde se genera una sucesión de imágenes, y cada una de tales imagen se resuelve espectroscópicamente a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente, al menos una de las cuales se corresponde con la frecuencia de dispersión característica de una especie diana, y al menos una de las cuales se utiliza para generar una imagen.

6.- Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde se define por separado una multiplicidad de bandas de frecuencia (c1 a c3), dentro del espectro de la fuente, para corresponderse con una multiplicidad de bandas de frecuencia características, que cada una de ellas se corresponde con, y contiene dentro de la banda, una frecuencia de dispersión característica de una especie diana determinada, y se asigna una multiplicidad adicional de bandas de frecuencia (b1 a b5) dentro del espectro de la fuente para que generen una serie de imágenes diferenciadas por energía.

7.- Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el número de bandas de frecuencia de imagen está entre 2 y 10.

8.- Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que funciona según el principio del barrido lineal, que comprende:

proporcionar una fuente de rayos X (1) y un sistema detector de rayos X (21; 3a, 3b, 3c) separado de ella para definir un zona de exploración entre ambos, comprendiendo el sistema detector al menos uno y preferiblemente una multiplicidad de detectores de matriz lineal capaces de generar información espectroscópicamente resoluble acerca de los rayos X incidentes;

hacer que un objeto se desplace con relación a, y a través de, la zona de exploración;

resolver los datos transmitidos resultantes de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.

9.- Un aparato para la exploración y obtención de datos de transmisión de radiación desde un objeto, que comprende:

una fuente (1) de radiación electromagnética ionizante de alta energía y un sistema detector de radiación (21; 3a, 3b, 3c) separado de ella para definir una zona de exploración (Z) entre ambos y para recoger durante su utilización un conjunto de datos de información acerca de la radiación incidente en el detector, y por ello de la transmisividad de un objeto en la zona de exploración, en al menos una y preferiblemente en una multiplicidad de posiciones de exploración;

- un aparato de procesamiento de datos (22) para procesar y resolver espectroscópicamente cada conjunto de datos tal a través de una multiplicidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente, en donde al menos una de dicha multiplicidad de bandas de frecuencia se corresponde con una longitud de onda de dispersión de Bragg característica de una especie diana a ser identificada;
- 5 que incluye un comparador (24) para determinar numéricamente la ausencia, o la sustancial reducción, de la intensidad de la señal transmitida en dicha banda de frecuencia mediante la comparación con el espectro de una fuente conocida y/o con referencia a los datos de la intensidad transmitida en la proximidad de dicha banda de frecuencia, y producir una señal de salida de la misma como indicación de la presencia de dicha especie diana.
- 10 10.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9, que incluye un medio para retener un objeto en una posición de exploración y/o un transportador (7) para trasladar el objeto dentro y fuera de dicha posición de exploración.
- 11.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, que incluye un manipulador de objetos para hacer que el objeto se desplace con relación a, y a través de, la zona de exploración durante su utilización.
- 12.- Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 11, que incluye además un aparato de generación de imágenes adaptado, en colaboración conjunta con el detector, para recoger durante su utilización los datos de al menos una imagen del objeto en la zona de exploración y para generar al menos una primera imagen a partir de la señal de salida del sistema detector, y que incluye además un medio de representación de imágenes (27) adaptado para representar al menos la primera imagen.
- 15 13.- Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12, en donde el detector (21; 3a, 3b, 3c) se adapta para producir una resolución espectroscópica ya que se fabrica con un material seleccionado para presentar intrínsecamente, como una propiedad directa del material, una respuesta eléctrica variable directa para diferentes partes del espectro de la fuente.
- 20 14.- Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13, en donde el detector comprende un material semiconductor seleccionado entre telurio de cadmio, telurio de cadmio-cinc (CZT), telurio de cadmio-manganeso (CMT), germanio, bromuro de lantano y bromuro de torio.
- 25 15.- Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 14 que funciona según el principio del barrido lineal, que comprende:
- 30 una fuente de rayos X (1) y un sistema detector de rayos X (21; 3a, 3b, 3c) separado de ella para definir una zona de exploración (Z) entre ambos, comprendiendo el sistema detector al menos uno y preferiblemente una multiplicidad de detectores de matriz lineal capaces de generar información espectroscópicamente resoluble acerca de los rayos X incidentes.
- 16.- Un aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la fuente de radiación (1) es una fuente de rayos X de haz de cortina.

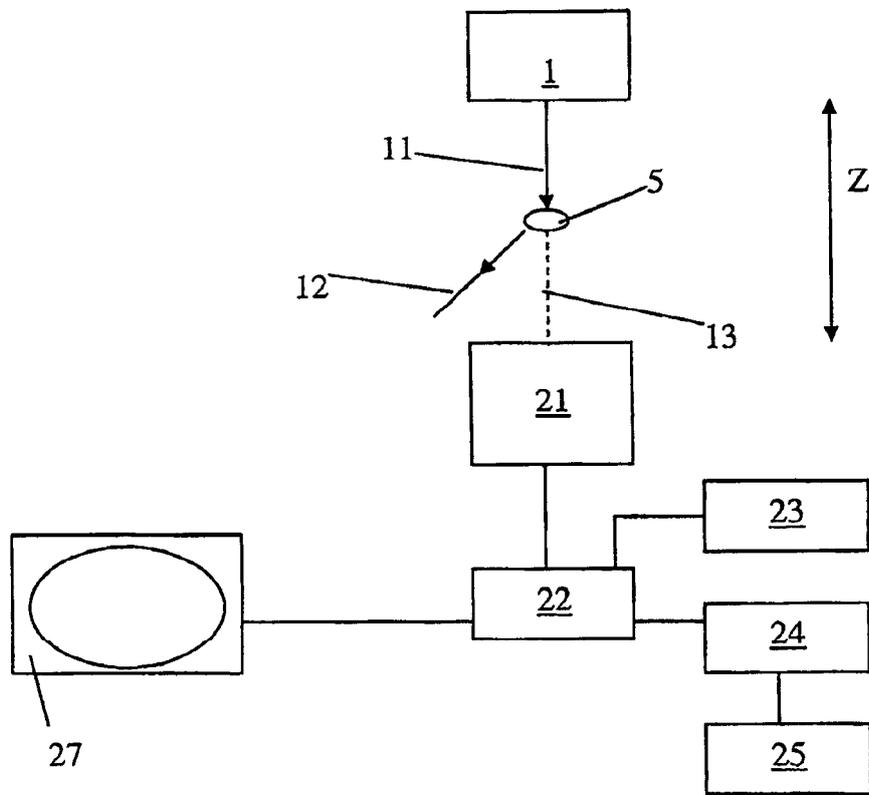


Figura 1

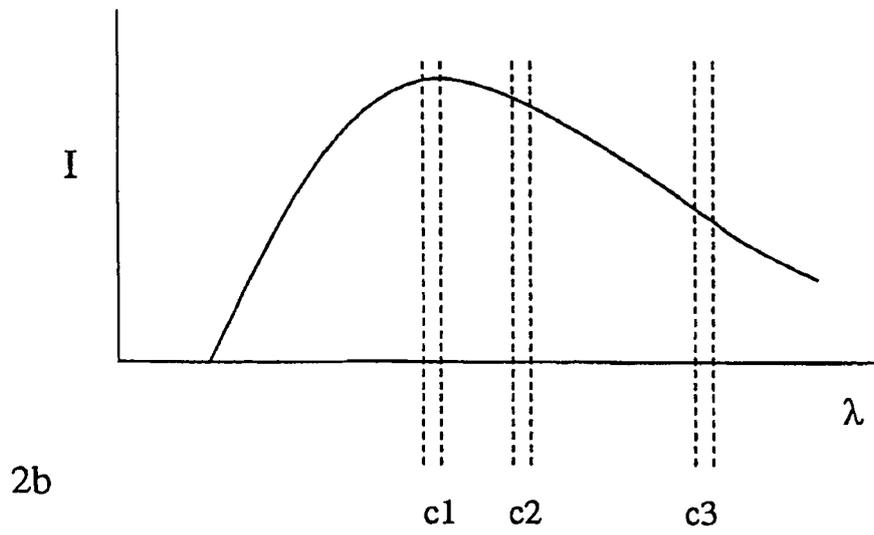
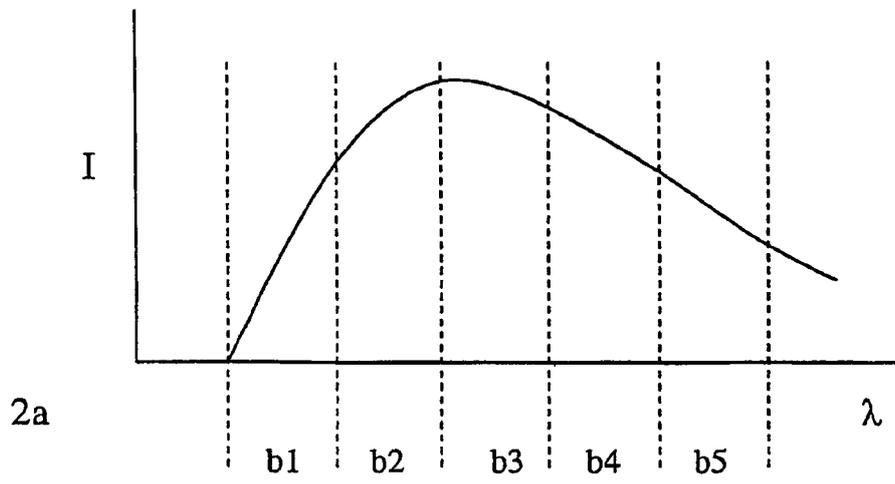


Figura 2

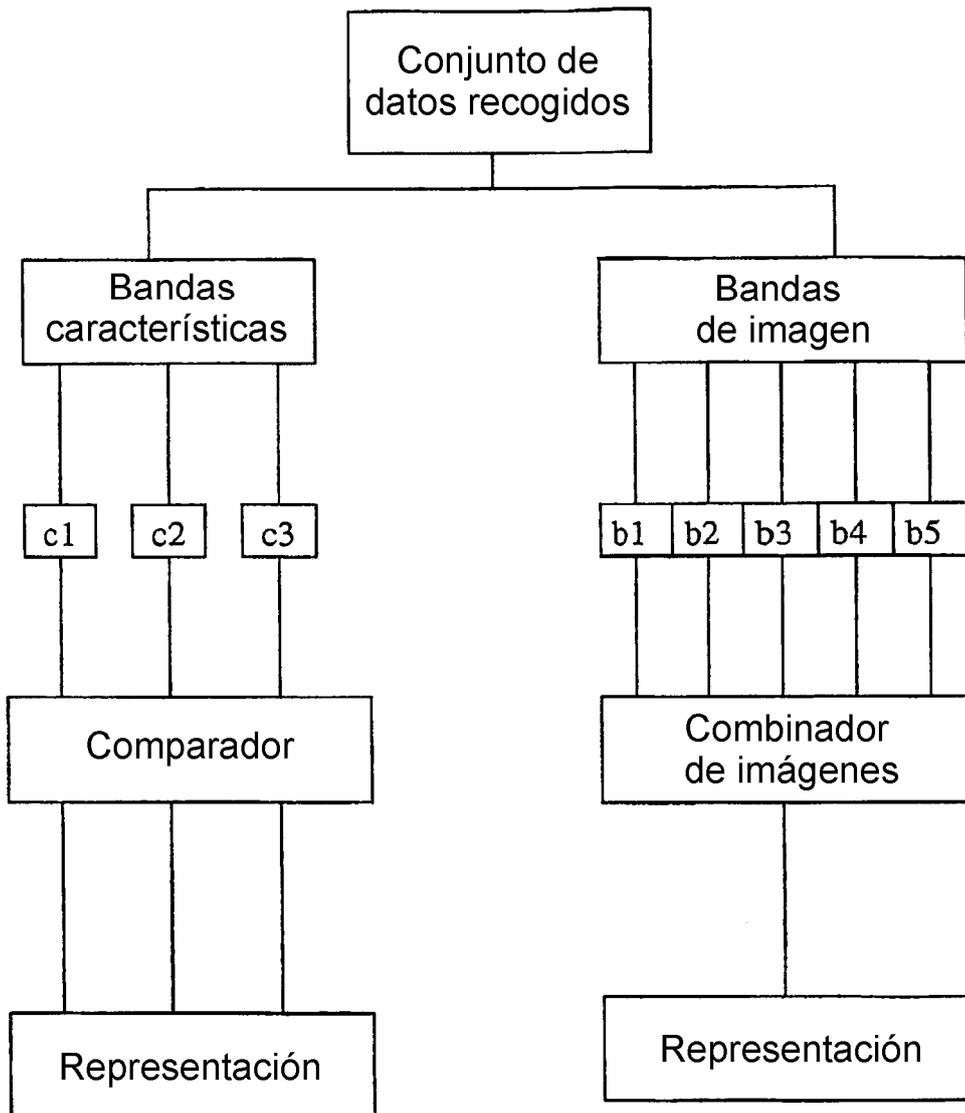


Figura 3

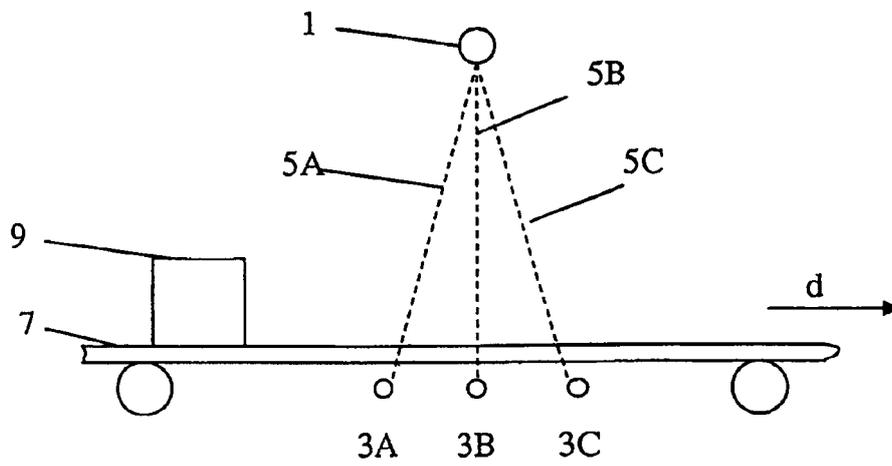


Figura 4

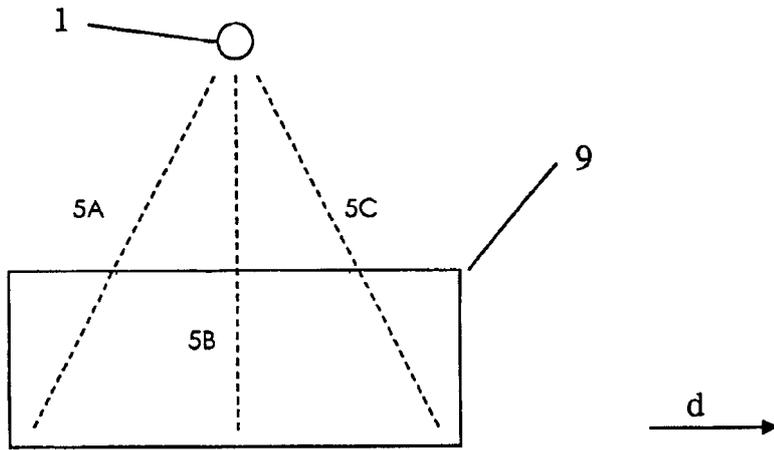


Figura 5a

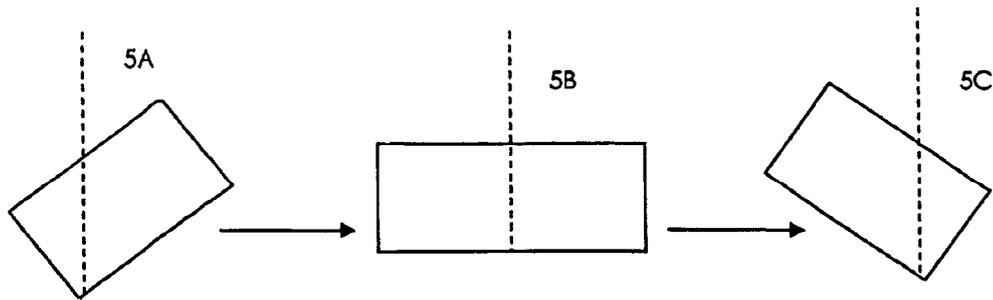


Figura 5b