

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 855**

51 Int. Cl.:

G01N 23/087 (2006.01)

G01T 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2011 E 11711975 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2545362**

54 Título: **Dispositivo detector, método y aparato de inspección**

30 Prioridad:

12.03.2010 GB 201004121

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

06.03.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 530 855 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo detector, método y aparato de inspección

5 La invención se refiere a un dispositivo detector y su fabricación, y a un aparato y método para la inspección y caracterización de materiales que emplean dicho dispositivo detector.

10 La invención en particular se refiere a un aparato y método de un dispositivo detector que hace uso de la radiación de alta energía, en particular rayos X, para barrar objetos en los que es deseable obtener información acerca de su estructura y composición interna. Este principio puede ser empleado, por ejemplo, para la caracterización o ensayo de estructuras para fines de control de calidad o con la finalidad de determinar la integridad de la estructura, o similar, por ejemplo, en el campo de dispositivos electrónicos, aunque la invención no está limitada a dicho campo de aplicación.

La invención, en particular, se refiere especialmente a un aparato y método que opera mediante o junto con la generación de una imagen, pero no está limitada a dicha generación de imágenes.

15 La atenuación de los rayos x transmitidos incidentes sobre o emergentes de un objeto, en particular como la atribuible a absorción fotoeléctrica, ha sido usada como la base para detección de objetos para obtener alguna forma de datos figurativos representativos de su contenido o de sus componentes unos respecto a otros, y, por ejemplo, para generar una imagen.

20 Los datos pueden dar información a varios niveles. Incluso si el dato de intensidad se recoge monocromáticamente a lo largo de un amplio espectro, se sabe que la atenuación varía tanto con el espesor como con la densidad de un objeto. Mediante el uso de detectores adecuados y de una fuente adecuada, se pueden generar radiografías de un objeto bajo ensayo en forma de imágenes basadas en el comportamiento de absorción de un objeto o de su contenido o componentes.

25 Este método tiende a dar información limitada sobre el contenido del material. En esencia, en su forma más sencilla, todo lo que está siendo medido es la transmisividad del objeto a la radiación de la fuente. El detector meramente recoge la información de la amplitud, y no discrimina la radiación transmitida espectroscópicamente.

30 Sin embargo, se sabe que la información espectroscópica procedente de los rayos x transmitidos se podría usar para dar una información adicional sobre el contenido del material de los objetos o componentes que están siendo barridos. Se sabe que las propiedades de la absorción de rayos X de cualquier material pueden variar espectroscópicamente con la frecuencia/energía de los fotones de rayos X incidentes, y que este efecto depende en particular del número atómico. Esto ha conducido al desarrollo de detectores de doble banda o de doble energía que son capaces de identificar separadamente bandas de baja y alta energía del espectro de emisiones de rayos X de una fuente adecuada. Dichos detectores se describen, por ejemplo, en los documentos US4626688 y EP1063538.

40 Un sistema de doble energía confiere de este modo alguna información limitada sobre la composición. Por ejemplo, una aproximación muy grosera puede hacer que los materiales orgánicos tiendan a estar en la primera categoría y los materiales más inorgánicos en la última categoría, y un detector de doble energía puede hacer de este modo una discriminación orgánica/inorgánica aproximada. Sin embargo, la división orgánica/inorgánica es grosera y aproximada. Los detectores de doble energía convencionales dar una información espectroscópica real limitada sobre el espectro de los rayos X transmitidos.

45 Se pueden usar disposiciones de fuentes y/o filtros y/o detectores múltiples para producir un sistema con la capacidad de resolver en bandas adicionales a lo largo de un espectro de la fuente incluso si los detectores individuales son inherentemente monocromáticos o de doble energía.

50 El reciente desarrollo de detectores que pueden resolver información espectroscópica sobre los rayos X transmitidos más efectivamente ha conducido al desarrollo de aparatos que discriminan inherente y simultáneamente a lo largo de una pluralidad de intervalos más grande de bandas de energía, por ejemplo, para generar imágenes multiespectrales. Por ejemplo, el documento US5943388 describe un sistema que hace uso de la capacidad inherente de los detectores de telurio de cadmio para resolver espectroscópicamente rayos X incidentes a lo largo de un espectro ancho para producir datos de intensidad a lo largo de al menos tres bandas de energía simultáneamente para generar al menos tres imágenes. Esto aprovecha mejor el efecto de absorción espectral diferencial por diferentes materiales y aproxima mejor la transmisividad a la composición pero está todavía limitado a la información que se puede transmitir mediante una imagen expuesta, y por la naturaleza aproximada e indicativa de cualquier relación entre el color en una imagen multiespectral, especialmente basada en bandas de energía relativamente anchas, y a la composición del material en el camino de transmisión.

60 Si se desea adicionalmente generar una información composicional específica a partir del conjunto de datos de intensidad espectroscópicamente resueltos, y en particular para complementar la disponible mediante generación de

imágenes de bandas plurales solo, los datos de intensidad se pueden procesar además numéricamente para ajustar la intensidad espectroscópicamente resuelta medida para conocer las relaciones para la atenuación de rayos X, por ejemplo, con referencia la espectro incidente. En el documento WO2008/142446 se describe un ejemplo de dicho análisis.

5 Dichas técnicas pueden ser muy potentes, particularmente en aplicaciones en las que se desea obtener la caracterización exacta de materiales de objetos que comprenden múltiples materiales componentes, tales como equipaje de líneas aéreas, con el fin de identificar con particular precisión las composiciones del material, por ejemplo, que comprenden compuestos orgánicos de alto peso molecular, lo cual puede ser indicativo de la presencia
10 de materiales de contrabando en el equipaje. Sin embargo, debido a las distinciones composicionales finas que es necesario hacer en dichas aplicaciones, y a la complejidad de los cálculos que, por lo tanto, pueden estar implicados en el ajuste de los datos de intensidad para relaciones numéricas apropiadas, el método puede consumir tiempo relativamente y puede probar el límite de resolución del material detector.

15 Podría ser preferible una aproximación alternativa, que no implique dicho grado de análisis numérico, donde es deseable desarrollar un dispositivo detector, aparato y método para la inspección y caracterización de materiales en otras situaciones, por ejemplo, en las que no es necesario hacer dichas distinciones de materiales complejos y próximos y/o en las que se desea un elevado ritmo de rendimiento.

20 De esto modo, según la invención en un primer aspecto, se proporciona un dispositivo detector según las reivindicaciones adjuntas.

Un detector que encarna los principios de la invención en su primer aspecto está adaptado, de este modo, para
25 hacer uso de información a lo largo de la anchura de un espectro de rayos X relativamente ancho con el fin de extraer información sobre el comportamiento de transmisión de rayos X de un objeto bajo ensayo cuando se coloca adecuadamente en una zona de barrido entre un detector y una fuente adecuada separada del mismo. Sin embargo, no se busca hacer esto resolviendo la información de la intensidad a lo largo del todo el espectro y ajustando esta intensidad espectroscópicamente resuelta totalmente para conocer las relaciones para determinar la composición del material con detalle. En vez esto, cada región separadamente direccionable de la superficie del detector en una
30 pluralidad de subregiones cada una con filtros que presentan bordes de absorción de rayos X específicamente característicos y diferentes a partir de los cuales se pueden obtener lecturas de intensidad separadas y de zonas. Esto permite al detector identificar rápida y efectivamente bordes de absorción característicos equivalentes en un material bajo ensayo.

35 Dicho detector hace posible una identificación particularmente rápida de elementos metálicos tales como cobre, oro y estaño, sin requerir un análisis numérico detallado de todo el espectro de absorción. El comportamiento de transmisión de rayos X de estos elementos y de otros elementos puros muestra un efecto clásico en el que la energía de los fotones de rayos X es igual a la energía requerida para propulsar un electrón desde una capa electrónica particular. A dicha energía, hay un aumento muy abrupto y distinto en el coeficiente de atenuación que es
40 característico de ese elemento. Esto representa un borde de absorción de rayos X para ese elemento.

Este efecto es de particular interés según la invención como se observa cuando los electrones son nuevamente propulsados desde la capa K del átomo. Esto produce un aumento distinto particular en el coeficiente de atenuación, denominado borde de absorción K, y los valores de este borde absorción característico para todos los elementos
45 están muy bien tabulados. De este modo, en el caso preferido, al menos algunas de las capas de filtro de una región separadamente direccionable dada se seleccionan para tener bordes K discretos, definidos y espectroscópicamente separados.

La esencia de la invención es aprovechar este efecto para proporcionar un detector que sea capaz de discriminar
50 rápidamente entre un pequeño número de materiales de propósito discretos con bordes de absorción distintos, y en particular un número pequeño de materiales elementales. Dicho detector encontrará una aplicación particular cuando se sabe que un objeto bajo ensayo, o al menos sus partes críticas, consisten en dicho número relativamente pequeño de materiales discretos. Dicho detector puede, por ejemplo, encontrar aplicación en la inspección por rayos X de dispositivos y circuitos electrónicos. Cada capa de filtro comprende uno o más materiales elementales de
55 propósito seleccionados del grupo de materiales para los que se pretende que el dispositivo permita identificar/discriminar rápidamente. Haciendo referencia a la aplicación preferida mencionada anteriormente, el material de filtro se puede seleccionar del grupo que incluye níquel, cobre, plata, estaño y oro en particular.

Según lo principios de la invención, los materiales que se escogerán para los filtros se seleccionarán para tener
60 distintos bordes de absorción, y en particular distintos bordes de absorción K, y se seleccionará del grupo de materiales para los que se pretende que el dispositivo permita identificar/discriminar rápidamente. Idealmente, los materiales deben tener un borde de absorción distinto en el sentido de que el propio borde representa una discontinuidad distinta en el coeficiente de absorción, y en el sentido de que materiales diferentes tienen bordes de absorción espaciados una distancia sustancial en términos de energía del fotón de manera que cubran una parte
65 sustancial del espectro de rayos X de la fuente. Con respecto a los elementos de interés en la aplicación referida, el borde de absorción K es particularmente distinto. Típicamente, los materiales se seleccionarán para que actúen

como filtros de borde K. Preferiblemente, el material del filtro se seleccionará para presentar una discontinuidad del borde K en el coeficiente de absorción con una relación de al menos 5 a 1. Puede ser tal alta como al menos 10 a 1 o incluso 100 a 1.

5 En una realización más sencilla, cada filtro puede comprender un material elemental sustancialmente puro, por ejemplo, seleccionado de la lista anterior. Se proporcionan filtros discretos para definir al menos dos subregiones de cada región separadamente direccionable, y en un caso preferido, al menos tres. Estos filtros discretos se escogen para tener bordes de absorción distintos espaciados a lo largo del espectro de la fuente y se seleccionan de los materiales que se espera que estén presentes en un objeto de propósito bajo ensayo, entre los que se pretende que el detector discriminará.

10 Si, por ejemplo, una región consistía en dos subregiones se puede escoger un material de filtro de un extremo inferior y un extremo superior del espectro de energía de la fuente. Si, por ejemplo, una región consistía en tres subregiones, se podían seleccionar materiales de filtro separados, con referencia a un material de propósito particular con un borde característico particular de interés, teniendo un filtro un borde de absorción característico por debajo del borde de interés, teniendo un filtro un borde de absorción característico por encima del borde de interés, y teniendo un filtro un borde de absorción con el borde de interés.

15 En principio, se puede usar una comparación de las intensidades detectadas en cada subregión de una región dada, basada en una determinación de si se produce o no la misma señal de rayos X en todas las subregiones, para determinar la presencia o ausencia de un borde particular en la intensidad incidente en esa región y, por consiguiente, la presencia o ausencia de un material que tiene el borde de absorción característico particular en un objeto bajo ensayo. Este resultado se puede obtener simplemente comparando la intensidad medida en cada una de las subregiones plurales simultáneamente, y simplemente de las conclusiones extraídas sobre el borde, sin estar limitado por las limitaciones inherentes de la resolución de energía del detector subyacente.

20 Para conseguir este efecto, el detector puede además comprender o adaptarse para el uso con un comparador para comparar la intensidad en cada una de las subregiones de una región separadamente direccionable dada y producir a partir de la misma durante el uso una indicación de la presencia o no de un material que tiene un borde de absorción particular en un objeto bajo ensayo basado en una determinación de si se produce la misma señal de rayos X en todas las subregiones.

30 Cada subregión comprende un material de filtro que tiene al menos un borde de absorción característico definido y predeterminado, y en particular al menos un borde de absorción K particular definido y predeterminado, utilizándose materiales de filtro diferentes para subregiones diferentes en una región separadamente direccionable dada para definir subregiones con bordes de absorción característicos, particulares y diferentes a lo largo del espectro de la fuente, y seleccionado con referencia a materiales de propósito esperados. En una realización más sencilla, cada material de filtro se puede seleccionar para que consista en un único elemento sustancialmente puro, en particular de manera que de un borde de absorción K particularmente marcado y preseleccionado. En una realización alternativa, un material de filtro dado puede consistir en más de un elemento, seleccionado para definir bordes de absorción K distintos plurales, de manera que una subregión con dicho filtro definiría una parte muy específica del espectro transmitido. Adicional o alternativamente dichos elementos múltiples se pueden incorporar proporcionando más de tres subregiones en una región separadamente direccionable dada de la superficie del detector. Si estas se escogen cuidadosamente, entonces la región separadamente direccionable como un todo llegaría a ser incluso más específica en términos de identificación del material.

45 Un detector según la invención comprende una pluralidad de regiones separadamente direccionables subdivididas en subregiones discretas plurales que llevan materiales de filtro discretos (y ellos mismos individualmente direccionables de manera que se pueden recoger para cada lecturas de intensidad separadas para cada uno).

50 Es deseable para un sistema detector definir de forma familiar un espacio de detección que esté dividido en una pluralidad de zonas discretas en una disposición de zonas. De manera conveniente, esto se consigue ya que el sistema detector define una pluralidad de regiones separadamente direccionables dispuestas en dicha disposición de zonas.

55 Un detector según los principios generales de la invención es fácilmente adaptable según tales principios. Por ejemplo, la estructura del detector de la invención puede comprender un único elemento que define regiones separadamente direccionables plurales y/o puede comprender elementos detectores plurales en una disposición lineal o por zonas cada uno de cuyo elemento detector define regiones sencillas o separadamente direccionables plurales. Según la invención al menos alguna de dichas regiones separadamente direccionables plurales está dividida en subregiones discretas mediante la provisión de materiales de filtro discretos de la manera descrita anteriormente.

60 Adicional o alternativamente un sistema detector puede definir un espacio de detección que tiene dichas regiones discretas plurales mediante adaptación para realizar un barrido de trama adecuado mediante el movimiento

apropiado de los elementos detectores y/o la fuente de radiación, por ejemplo, de la manera descrita en el documento PCT/GB2009/051541.

5 La subdivisión del espacio de detección en zonas discretas plurales (o bien por la provisión de regiones separadamente direccionables en el detector o no), por ejemplo en un disposición lineal o por zonas, encuentra aplicación particular en relación a la generación de imágenes. En dicha aplicación dichas zonas discretas se pueden denominar comúnmente píxeles. La presente invención es adecuada para usar en aplicaciones de generación de imágenes, pero no está limitada a dichas aplicaciones. Por lo tanto, cuando se hace referencia en esta memoria a aplicaciones de generación de imágenes se entenderá que estas son a modo de ejemplo, y el experto en la técnica apreciará que los términos píxel/superpíxel/región separadamente direccionable y los términos subpíxel/subregión se usan esencialmente de manera intercambiable.

15 Se debe apreciar que se posibilita que un detector según los amplios principios de la invención aproveche el espectro de una fuente de espectro ancho por medio de la provisión de materiales de filtro apropiadamente seleccionados, en particular como filtros de borde K, y de este modo se posibilita que discrimine al menos hasta cierto grado entre diferentes partes del espectro ancho de la fuente.

20 La estructura detectora se adapta por sí sola adicionalmente para resolver la radiación espectroscópicamente a lo largo de una pluralidad de bandas de energía dentro del espectro de la fuente, y preferiblemente a lo largo de al menos tres bandas de energía dentro del espectro de la fuente. La estructura detectora se adapta para resolver espectroscópicamente la radiación incidente en el sentido de que se adapta para diferenciar la radiación incidente de forma simultánea en bandas de energía separadas plurales a lo largo del espectro de la fuente. Por ejemplo, la estructura detectora presenta una respuesta espectroscópicamente variable a lo largo de al menos una parte del espectro de la fuente que permite dicha diferenciación simultánea de radiación incidente en bandas de energía plurales. Preferiblemente, la estructura detectora se puede adaptar para producir la resolución espectroscópica ya que presenta una respuesta espectroscópica directa.

30 En todos estos casos, se puede conseguir la capacidad de diferenciar la radiación incidente simultáneamente en bandas de energía separadas plurales a lo largo del espectro de la fuente mediante la provisión de una única estructura de material o mediante la provisión de una estructura detectora de múltiples componentes con propiedades adecuadas. En un caso particular preferido, se fabrica una estructura detectora a partir de un material seleccionado para presentar inherentemente como una propiedad del material directa, una respuesta eléctrica variable directa y, por ejemplo, una respuesta fotoeléctrica a diferentes partes del espectro de la fuente.

35 Por ejemplo, los sistemas o elementos detectores comprenden un material o materiales semiconductores preferiblemente formados como un cristal en volumen, y por ejemplo, como un cristal único en volumen (donde cristal en volumen en este contexto indica un espesor de al menos 500 μm , y preferiblemente de al menos 1 mm). Los materiales que constituyen el semiconductor se seleccionan preferiblemente de telurio de cadmio, telurio de cadmio zinc (CZT), telurio de cadmio manganeso (CMT), germanio, bromuro de lantano, bromuro de torio. Los semiconductores del grupo II-VI, y especialmente los enumerados, son particularmente preferidos a este respecto. Los materiales que constituyen el semiconductor se seleccionan preferiblemente de telurio de cadmio, telurio de cadmio zinc (CZT), telurio de cadmio manganeso (CMT), y sus aleaciones y, por ejemplo, comprenden $\text{Cd}_{1-(a+b)}\text{Mn}_a\text{Zn}_b\text{Te}$ en la que $a+b < 1$ y a y/o b pueden ser cero.

45 El detector de la invención se adapta, al menos mediante la provisión de los filtros discretos sobre la superficie del detector, para usarse con una fuente de radiación X de espectro ancho capaz de producir la emisión de un espectro ancho sobre un intervalo de energías. Por ejemplo, dicho espectro puede comprender al menos una o más partes del intervalo de 120 eV a 1 MeV, y más particularmente al menos una parte y, por ejemplo, una parte principal, del intervalo de 1 keV a 160 keV o del intervalo de 5 keV a 100 keV. Principalmente, el primero de dichos intervalos abarca los bordes K de los elementos 11 a 103 y el segundo de dichos intervalos abarca los bordes k de níquel, cobre, plata, estaño y oro, que son materiales de propósito particulares en una aplicación útil de la invención para la inspección de dispositivos electrónicos.

55 Los materiales de filtro se seleccionan para presentar bordes de absorción característicos espaciados a lo largo de este espectro de emisión y, en particular, se extienden preferiblemente a lo largo de al menos una parte principal de este espectro de emisión. En el caso en el que la estructura detectora se adapte por sí sola adicionalmente para producir resolución espectroscópica, se adapta similarmente de manera preferida también a lo largo de al menos una parte principal de este espectro de emisión.

60 En un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método de producción de un detector según las reivindicaciones adjuntas en esta memoria.

65 El método es, de este modo, un método para producir el dispositivo del primer aspecto de la invención, y se entenderán las características preferidas adicionales por analogía con las descritas para el primer aspecto de la invención.

En un tercer aspecto de la invención, un aparato para la inspección y caracterización de materiales comprende: un sistema detector compuesto de al menos un dispositivo detector según el primer aspecto de la invención o fabricado según el método del segundo aspecto de la invención; una fuente de rayos X separada del mismo para definir una zona de barrido del objeto entre éstos.

5 En el uso, un objeto que va a ser inspeccionado se introduce en la zona de barrido, por ejemplo, se coloca en la posición estacionaria para un barrido estático o se mueve a través de la zona de barrido para proporcionar un barrido en movimiento. Se produce radiación procedente de la fuente de rayos X para que impacte sobre el objeto. El sistema detector se coloca de manera adecuada remotamente separado de la fuente de rayos X y yuxtapuesto con el objeto bajo ensayo, de manera que se recoja la radiación emergente que se sido transmitida a través del objeto.

15 Se emplean los principios de detector descritos anteriormente. En particular, su capacidad de identificar, mediante una selección apropiada de materiales de filtro y especialmente en los casos en los que se espera en el objeto bajo ensayo un número relativamente limitado de materiales de propósito, bordes de absorción característicos procedentes de la radiación transmitida, permite extraer conclusiones sobre la composición del material en los datos transmitidos de manera sencilla sin requerir análisis numérico a lo largo de todo el espectro de la fuente y sin las limitaciones usuales de la resolución de la propia estructura detectora.

20 Por analogía en un cuarto aspecto de la invención, un método para la inspección y caracterización de materiales comprende:
proporcionar un sistema detector compuesto de al menos un dispositivo detector según el primer aspecto de la invención o fabricado según el método del segundo aspecto de la invención; proporcionar una fuente de rayos X separada del mismo para definir una zona de barrido de objetos entre éstos; irradiar un objeto bajo ensayo en la zona de barrido; comparar la intensidad incidente procedente de cada subregión de una región separadamente direccionable del detector; extraer conclusiones sobre la presencia o ausencia de bordes de absorción particulares en el material del objeto bajo ensayo, y por consiguiente sobre la composición.

30 La fuente de radiación ha de ser capaz de generar un espectro de radiación suficientemente ancho para permitir el aprovechamiento de los principios de la invención. La fuente debe generar un espectro suficientemente ancho para cubrir bordes de absorción típicos, y especialmente bordes de absorción K de materiales posiblemente previstos. La fuente puede ser una única fuente de espectro ancho con un espectro suficientemente ancho. De manera alternativa, la fuente puede ser una fuente plural que comprende una combinación de fuentes a diferentes energías para proporcionar la extensión del espectro total necesaria.

35 Preferiblemente, la fuente genera radiación a lo largo de al menos una o más partes del intervalo de 120 eV a 1 MeV, y más preferiblemente a lo largo de al menos una parte, y, por ejemplo, una parte principal del intervalo de 1 keV a 160 keV o del intervalo de 5 keV a 100 keV. Especialmente, el primero de dichos intervalos abarca los bordes K de elementos 11 a 103 y el segundo de dichos intervalos abarca los bordes K de níquel, cobre, plata, estaño y oro, son materiales de propósito particulares en una aplicación útil de la invención para la inspección de dispositivos electrónicos.

45 Se puede proporcionar un colimador para producir un haz emitido de geometría adecuada desde la fuente. La geometría del haz emitido determinará la geometría más útil del sistema detector. No es necesaria una geometría del haz particular.

El aparato y método de la invención se puede adaptar para producir barridos de objetos estacionarios o de objetos en movimiento a través de la zona de barrido.

50 En una posible realización del primer caso el método comprende así colocar una muestra bajo ensayo en la zona de barrido y sostenerla en la zona de barrido sobre un portaobjetos y el aparato comprende dicho portaobjetos. En una posible realización del segundo caso la información se recoge con respecto a la transmisividad de un objeto bajo ensayo en la zona de barrido en una pluralidad de posiciones de barrido entre las que el objeto se traslada y/o rota. Según esta realización, el método comprende la etapa adicional de hacer que un objeto se mueva con respecto a y, por ejemplo, a través de la zona de barrido a medida que se recogen una pluralidad de conjuntos de datos sucesivos de información sobre la radiación incidente en el detector. Según esta realización, el aparato comprende un transportador de objetos adecuado adaptado para hacer que el objeto se mueva durante el uso.

60 En su forma más básica, la invención permite que se extraigan conclusiones sobre la presencia o ausencia de bordes de absorción particulares en un material de propósito, y por consiguiente sobre la composición. No es necesario generar una imagen para hacer esto. Sin embargo, la invención no excluye la posibilidad de que dicha invención forme parte de y complemente la información ofrecida por un sistema de generación de imágenes de barrido, y ciertamente se adapta fácilmente a dicho sistema.

65 Preferiblemente, el método comprende además la generación de una imagen a partir de un dato de la intensidad transmitida. La imagen es preferiblemente una imagen que incluye una representación de las conclusiones extraídas

a partir de la comparación de los datos de intensidad procedentes de cada subregión de cada región separadamente direccionable (que en este contexto se puede considerar cada subpíxel o cada píxel en la superficie del detector). Es decir, se genera una imagen en la que cada región separadamente direccionable comprende un píxel de imagen y en la que la imagen incluye una representación de las conclusiones extraídas de la comparación de los datos de intensidad procedentes de cada subregión. Por ejemplo, se puede representar una respuesta del borde de absorción identificado diferente con colores y/o intensidades y/o tonalidades diferentes. El aparato comprende preferiblemente un módulo de generación de imágenes para generar dichas imágenes a partir de los datos de intensidad recogidos en el detector.

Adicional o alternativamente, en el caso preferido en el que la estructura detectora resuelve inherentemente el espectro de la fuente en una pluralidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente, se puede producir una imagen que está espectroscópicamente resuelta a lo largo de una pluralidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente que están asignadas para generar una serie de imágenes diferenciadas en energía según los principios convencionales. El aparato comprende preferiblemente un módulo de generación de imágenes para generar imágenes basadas en los conjuntos de datos resueltos en energía plurales y, en particular, para generar dichas imágenes de combinación.

El método de la invención proporciona convenientemente además la etapa adicional de mostrar dicha imagen o imágenes generadas, y en el caso de múltiples imágenes debe implicar mostrar dichas imágenes simultánea o secuencialmente. El aparato comprende preferiblemente un monitor de imágenes adecuado.

El método de la invención proporciona además convenientemente la etapa adicional de mostrar dicha imagen o imágenes generadas, y en el caso de imágenes múltiples debe implicar mostrar dichas imágenes simultánea o secuencialmente.

Como aclaración, se debe entender que cuando en esta memoria se hace referencia a la generación de imágenes se refiere a la creación de un conjunto de datos de información, por ejemplo, en forma de un fichero de datos almacenado y manipulable adecuado, a partir del que se podría producir una representación visual de la estructura subyacente del objeto bajo investigación, y las referencias a mostrar esta imagen son referencias a presentar una imagen generada a partir de dicho conjunto de datos en una forma visualmente accesible, por ejemplo, un medio de exhibición adecuado.

La invención se describirá ahora a modo de ejemplo sólo con referencia a las Figuras 1 y 2 de los dibujos que se acompañan en los que:

la Figura 1 es un esquema general de un borde de absorción característico de un material elemental; la Figura 2 es una ilustración en una vista en planta de una posible disposición de filtros pixelados en un detector que encarna los principios de la invención.

La Figura 1 ilustra en una forma esquemática general un gráfico típica del coeficiente de absorción frente a energía del fotón para un material elemental, para ilustrar esquemáticamente la presencia de un borde de absorción. Sólo se muestra un único borde 11 por claridad. Este borde puede ser, por ejemplo, el borde K. La gráfica no está en escala, ya que la posición de este borde varía con la energía del fotón de elemento a elemento.

Está bien establecido que para un elemento dado, la tendencia global del coeficiente de absorción de rayos X a disminuir cuando aumenta la energía del fotón de los rayos x incidente está representada por un aumento muy abrupto y distinto que es característico del material en un punto en el que la energía del fotón es igual a la energía de enlace de un electrón en una de las capas del átomo. De particular interés en esta invención es este efecto que se observa cuando los electrones son nuevamente propulsados desde la capa K del átomo. Este borde se denomina el borde de absorción K.

Tanto la forma general de la curva de la Figura 1 como los bordes característicos tales como el borde K 11 son específicamente característicos del elemento en cuestión. Por lo tanto, en principio es posible, como se ha analizado en alguna técnica anterior a la que se hizo referencia anteriormente, resolver un espectro de radiación transmitida de la radiación emergente de un objeto barrido espectroscópicamente a lo largo de la anchura total de las energías del fotón y, mediante diversas técnicas de análisis numérico, para ajustar estos datos a relaciones conocidas para diversos componentes composicionales diferentes y para obtener información detallada sobre la composición de un objeto bajo barrido. Sin embargo, las técnicas de análisis numérico requeridas pueden ser complejas, y pueden requerir altas resoluciones del detector.

Se puede sugerir una aproximación alternativa para identificar los componentes elementales específicos en particular, que se basa en la energía característica del borde 11 solo. Esto es base de la presente invención.

El borde k es de elementos que están muy bien tabulados, y en particular se han presentado en la tabla 1 los bordes K de elementos metálicos que son de particular interés respecto a los componentes electrónicos,

65

5 Como se puede observar de la Figura 1, el borde de absorción se caracteriza por un diferencia sustancial entre una región de absorción relativamente baja 13 justo por debajo del borde (en términos de energía del fotón), y una región de absorción relativamente alta 15 justo por encima. Esta diferencia proporciona un modo de identificar un material elemental, identificando la presencia o ausencia del borde en la radiación transmitida a través de un material bajo ensayo, lo que no requiere métodos numéricos particulares o una resolución particularmente alta para el detector. Es este principio es que se aprovecha en la invención.

Elemento	Borde K (keV)
Níquel	8,339
Cobre	8,993
Plata	25,531
Estaño	29,251
Oro	80,729

10 Tabla 1: bordes K de elementos metálicos seleccionados

15 En la Figura 2 se ilustra un detector que encarna los principios de la invención. El detector comprende una estructura detectora capaz de detectar los rayos X incidentes después de la transmisión a través de un objeto. La estructura detectora puede hacer esto inherentemente por medio de una interacción fotoeléctrica dentro del material, o por la provisión de múltiples capas, por ejemplo, ya que incluye una capa escintiladora que genera fotones de otra energía en respuesta a los fotones de rayos X incidentes y una capa detectora para detectar los fotones secundarios. En un caso preferido el detector detecta inherentemente fotones de rayos X, y en particular, de una manera que permite resolverlos espectroscópicamente y es, por ejemplo, de teluro de cadmio o de un material similar.

20 La superficie del detector está dividida en píxeles plurales. Cada píxel es separadamente direccionable de manera que permite la recogida para cada píxel de un conjunto de datos discretos de información de la intensidad incidente. Un píxel se puede definir como un elemento detector discreto o, como ocurre en la realización ilustrada, se puede definir virtualmente como una región sobre la superficie y separadamente dirigida por medios electrónicos de control adecuados. En la realización, los píxeles plurales 25 se muestran en dos disposiciones dimensionales sobre la superficie 23 del detector 21. La forma, tamaño y distribución precisos de los píxeles variará dependiendo de la aplicación.

30 Según los principios de la invención, cada píxel está subdividido en una pluralidad de subpíxeles. Cada subpíxel está provisto de una capa de filtro que comprende un material seleccionado para tener al menos un borde de absorción particularmente característico. En principio, se puede obtener información significativa simplemente dividiendo un píxel en dos subpíxeles, pero preferiblemente cada píxel está subdividido, como en la alternativa superior de la Figura 2, en al menos tres subpíxeles 27. Un número mayor de subpíxeles, por ejemplo, la disposición de nueve 29 también ilustrada en la alternativa inferior de la Figura 2, cada uno de un material de filtro diferente, daría una resolución más potente.

35 El detector se adapta particularmente para usarse cuando se sabe que un objeto de propósito que se va a someter a ensayo, o al menos sus componentes más críticos, consiste en un número relativamente pequeño de elementos identificados. El principio de la invención es que cada subpíxel se recubrirá con un filtro de borde K que se escoge del grupo que se requiere que sea identificado rápidamente. Por ejemplo, puede resultar deseable identificar uno o más de los componentes níquel, cobre, plata, estaño y oro. En esas circunstancias, estos materiales se usarán también para los filtros. Se puede ver, en el ejemplo anterior, que si un píxel consiste en tres subpíxeles, se podría escoger un material diferente para cada filtro de los enumerados en la Tabla 1. Se pueden extraer entonces conclusiones dependiendo de si aparece la misma señal de rayos X en todos los tres píxeles, uno con un filtro por debajo del borde de interés, uno con un filtro por encima del borde de interés, y teniendo el tercer un filtro en el borde de interés. Estos se puede determinar son cálculos complejos y sin las limitaciones de la resolución de energía del detector.

45 En una realización sencilla, cada uno de los subpíxeles está definido por un filtro que comprende solo uno de los elementos indicados. De manera alternativa, puede ser posible usar un filtro que consiste en más de un elemento, por ejemplo, como una mezcla o en múltiples capas.

50 En una realización sencilla, se usa un filtro para definir un borde. Adicionalmente, en el caso preferido en el que se usa un detector que resuelve espectroscópicamente tal como el detector de CdTe en la realización ejemplo, esta característica se puede usar de forma complementaria. Las características multispectrales de los detectores del tipo CdTe se podrían usar para determinar el borde de energía inferior de la región de baja absorción (13) y/o el borde de energía superior de la región de alta absorción (15). Esto podría tener un uso particular cuando se usa más de un filtro en un píxel particular, podría tener el efecto de definir mejor los límites de las diversas regiones de energía filtradas.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un dispositivo detector que comprende una estructura detectora de rayos X (21) que tiene una superficie de detección (23) que define una pluralidad de regiones separadamente direccionables (25) dispuestas en una disposición de zonas para detectar la intensidad de la radiación de rayos X incidente en la misma, caracterizado porque la región separadamente direccionable (25) está dividida en una pluralidad de subregiones (27; 29) dispuestas de forma espaciada a lo largo de la superficie de detección de la región separadamente direccionable cada una provista de una capa de filtro sobre la superficie de detección, comprendiendo las capas de filtro de cada subregión de una región separadamente direccionable materiales discretos y diferentes con bordes de absorción de rayos X discretos, definidos espectroscópicamente espaciados, y además porque la estructura detectora se adapta por si sola para resolver espectroscópicamente la radiación incidente simultáneamente a lo largo de al menos tres bandas de energía dentro del espectro de una fuente.
- 10 2.- Un detector según la reivindicación 1, en el que las capas de filtro de una región separadamente direccionable dada se seleccionan para tener bordes K discretos, definidos y espectroscópicamente separados.
- 15 3.- Un detector según la reivindicación 1 o 2, en el que cada capa de filtro comprende uno o más materiales elementales de propósito seleccionados del grupo de materiales que se pretende que el dispositivo permita identificar/discriminar rápidamente.
- 20 4.- Un detector según cualquier reivindicación precedente, en el que cada capa de filtro comprende un único material elemental sustancialmente puro seleccionado del grupo que consiste en níquel, cobre, plata, estaño y oro.
- 25 5.- Un detector según cualquier reivindicación precedente en el que la región separadamente direccionable (25) está dividida en al menos dos subregiones (27;29) ya que comprende al menos dos capas de filtro seleccionadas respectivamente para presentar un borde de absorción en un extremo inferior y un extremo superior del espectro de energías de una fuente prevista.
- 30 6.- Un detector según cualquier reivindicación precedente en el que la región separadamente direccionable (25) está dividida en al menos tres subregiones (27; 29) ya que comprende la menos tres capas de filtro seleccionadas con referencia a un material de propósito con un borde característico particular de interés de manera que comprende una capa de filtro que tiene un borde de absorción característico por debajo del borde de interés, una capa de filtro que tiene un borde de absorción característico por encima del borde de interés, y una capa de filtro que tiene un borde de absorción con el borde de interés.
- 35 7.- Un detector según cualquier reivindicación precedente, que comprende además un comparador para comparar la intensidad en cada una de las subregiones de una región separadamente direccionable dada y producir a partir de la misma durante el uso una indicación de la presencia o no de un material que tiene un borde absorción particular en un objeto bajo ensayo basado en la determinación de si se produce la misma señal de rayos X en todas las subregiones.
- 40 8.- Un detector según cualquier reivindicación precedente, en el que la estructura detectora se adapta para producir resolución espectroscópica ya que se fabrica a partir de un material seleccionado para presentar inherentemente, como una propiedad del material directa, una respuesta eléctrica variable directa, por ejemplo, fotoeléctrica a diferentes partes del espectro de la fuente.
- 45 9.- Un detector según la reivindicación 8, en el que la estructura detectora comprende $Cd_{1-(a+b)}Mn_aZn_bTe$, en la que $a + b < 1$ y a y/o b pueden ser cero.
- 50 10.- Un método de producción de un detector que comprende las etapas de: proporcionar una estructura detectora de rayos X (21) y definir una pluralidad de regiones separadamente direccionables (25) dispuestas en una disposición de zonas sobre una superficie de detección (23) de la misma para detectar la intensidad de radiación de rayos X incidente sobre la misma durante el uso; caracterizado por depositar sobre la superficie de detección de cada región separadamente direccionable (25) una pluralidad de capas de filtro discretas definiendo cada una una pluralidad de subregiones (27; 29) espaciadas a lo largo de la superficie de detección de la región separadamente direccionable (25), comprendiendo las capas de filtro de una región separadamente direccionable dada materiales discretos y diferentes con bordes de absorción de rayos X discretos, definidos y espectroscópicamente espaciados, y caracterizado además porque la estructura detectora se adapta por si sola para resolver espectroscópicamente la radiación incidente simultáneamente a lo largo de al menos tres bandas de energía dentro del espectro de una fuente.
- 55 60 11.- Un aparato para la inspección y caracterización de materiales que comprende: un sistema detector compuesto de al menos un dispositivo detector según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10; una fuente de rayos X separada del mismo para definir una zona de barrido de objetos entre los mismos.
- 65

12.- Un aparato según la reivindicación 11, que comprende además un módulo de generación de imágenes para generar un conjunto de datos de imágenes a partir de los datos de intensidad transmitida incidente en el detector durante el uso.

5 13.- Un método para la inspección y caracterización de materiales que comprende: proporcionar un sistema detector compuesto de al menos un dispositivo detector (21) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10; proporcionar una fuente de rayos X separada del mismo para definir una zona de barrido de objetos entre éstos; irradiar un objeto bajo ensayo en la zona de barrido; comparar la intensidad incidente procedente de cada subregión de una región separadamente direccionable del detector; extraer conclusiones sobre la presencia o ausencia de
10 bordes de absorción particulares en el material del objeto bajo ensayo, y por lo tanto sobre la composición.

14.- Un método según la reivindicación 13, que comprende además la etapa de generación de una imagen a partir de datos de intensidad transmitida en la que se genera una imagen en la que cada región separadamente direccionable comprende un píxel de imagen y en la que la imagen incluye una representación de las conclusiones
15 extraídas de la comparación de los datos de intensidad procedentes de cada subregión.

15.- Un método según la reivindicación 14, en el que se representan las respuestas de bordes de absorción identificados diferentes en una región separadamente direccionable dada presentando el píxel con diferentes colores y en el que la estructura detectora se selecciona de manera que resuelva inherentemente el espectro de la fuente en una pluralidad de bandas de frecuencia dentro del espectro de la fuente; y el dato de intensidad
20 espectroscópicamente resuelto a lo largo de dicha pluralidad de bandas de frecuencia se asigna para generar una serie de imágenes con energías diferenciadas.

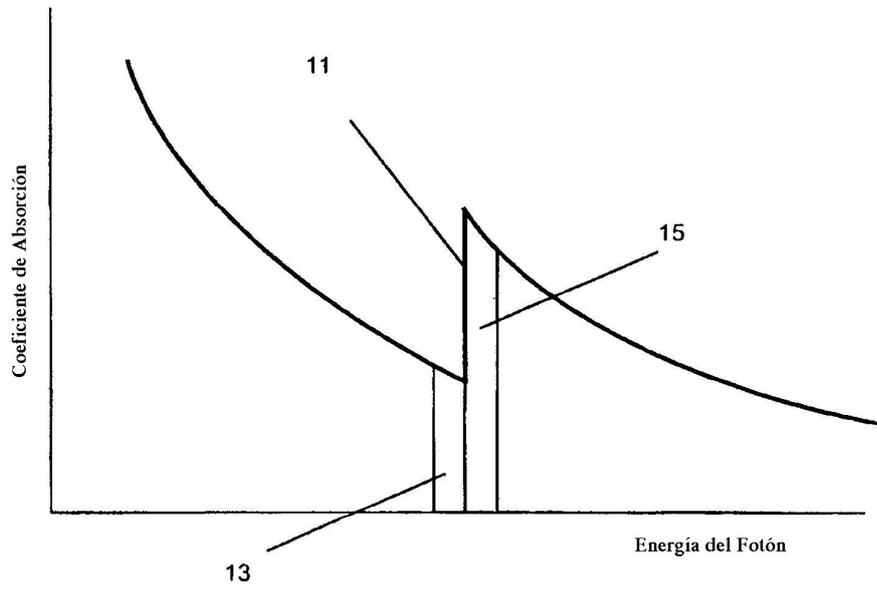


Figura 1

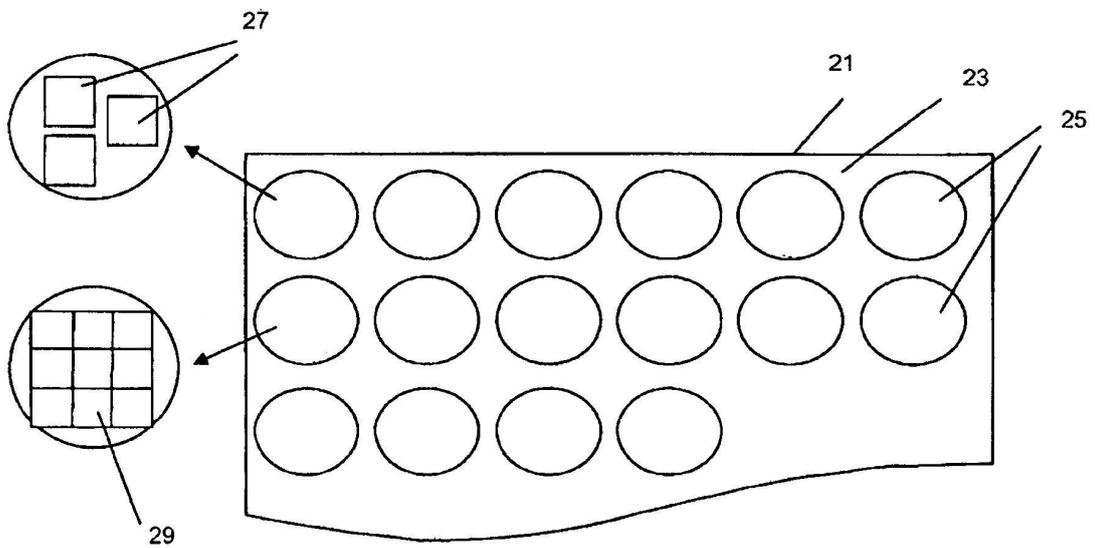


Figura 2