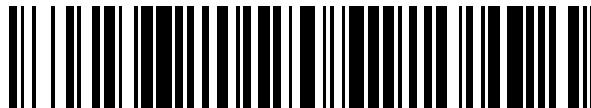


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 878**

51 Int. Cl.:

G01N 23/087 (2006.01)

G01V 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2007 E 07808673 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.10.2014 EP 2041557**

54 Título: **Aparato y método mejorados para la determinación de una composición objetivo**

30 Prioridad:

10.07.2006 NZ 54845606
27.10.2006 NZ 55091306

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.02.2015

73 Titular/es:

AGRESEARCH LIMITED (100.0%)
EAST STREET RUAKURA CAMPUS
HAMILTON, NZ

72 Inventor/es:

PETCH, PHILIP, EDWARD;
BURLING-CLARIDGE, GEORDIE, ROBERT;
ZAVTRAK, SERGUEI, TIMOFEEVICH y
UPSDELL, MARTIN, PETER

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 527 878 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

Aparato y método mejorados para la determinación de una composición objetivo

5 Campo técnico

Esta invención se refiere a un método y aparato configurado para determinar la composición objetivo o al menos la presencia de al menos un material componente dentro de un objetivo. En una implementación preferida la presente invención puede emplear información de absorción del espectro de rayos X derivado de un objetivo, y puede actuar automáticamente o emitir una notificación de detección si uno o más materiales de interés se encuentran presentes dentro de un objetivo.

Técnica anterior

15 En un número de ejemplos es importante detectar o determinar qué son los materiales componentes de un artículo con un proceso no invasivo, rápido y exacto.

Por ejemplo, los sistemas de seguridad de detección enfocada son un equipamiento importante en las industrias de transporte y viajes. Tal equipamiento de detección se emplea para impedir y detectar actividades de contrabando y terroristas. En particular, el equipaje de pasajeros de un avión (ambos, el de mano y el despachado) y la carga aérea necesitan evaluarse rápidamente mediante tales sistemas para mantener un alto movimiento de salidas y llegadas de aviones de un aeropuerto. Los pasajeros de avión en particular no gustan de tener sus viajes en avión retrasados por procedimientos de seguridad.

25 La más efectiva de estas medidas de seguridad es una búsqueda física de la carga o de los pasajeros mismos para detectar la presencia de contrabando, armas y explosivos. Sin embargo, tales búsquedas físicas son lentas y además un proceso invasivo para los pasajeros que se debe evitar si es posible.

El equipo basado en escáner se usa en una extensión limitada en forma de sistemas de absorción de rayos X para escanear el equipaje y la carga. Los rayos X tienen una fuerte potencia de penetración la cual puede usarse para examinar una pieza completa de equipaje rápidamente. Sin embargo, tales sistemas basados en la absorción de rayos X proporcionan solamente información limitada con respecto a la composición objetivo o, en particular, una pieza de equipaje bajo investigación. Tales escáneres de seguridad de rayos X pueden proporcionar información general en términos del contorno físico de un artículo presente dentro de un objetivo el cual absorbe fuertemente los rayos X. En particular, los sistemas de escáner de medición de energía dual se conocen en tales aplicaciones las cuales pueden distinguir entre los rayos X de energía alta y energía baja recibidos. Sin embargo estos sistemas se limitan en su habilidad para distinguir entre diferentes materiales los cuales componen un objetivo. Tales sistemas de energía dual se limitan en particular a evaluar si el material objetivo contiene materiales inorgánicos, orgánicos o metálicos.

40 Tales escáneres de seguridad existentes proporcionan información limitada como una consecuencia de su resolución limitada del nivel de energía. Los sistemas de escáner de rayos X se conocen por entornos de laboratorio los cuales pueden resolver un amplio rango y número de diferentes niveles de energía para los rayos X recibidos. Sin embargo, estos tipos de equipos de laboratorio son relativamente caros para comprar, requieren un alto grado de mantenimiento y además son complicados de usar. Tales equipos del tipo de laboratorio no pueden trasplantarse directamente con facilidad hacia entornos donde se requiere equipamiento de seguridad basado en escáner, y en particular no pueden funcionar en tiempo real para proporcionar resultados rápidamente. Generalmente los sistemas detectores proporcionados en tales escáneres de seguridad de rayos X no diferencian fácilmente los niveles de energía de los rayos X recibidos, sino simplemente indican la cantidad de flujo de rayos X recibida que se ha transmitido a través de un objetivo en cualquier nivel de energía alto o bajo.

50 Esta característica de tales sistemas de detección basados en la absorción de rayos X de energía dual explica por qué esta tecnología se usa principalmente sólo para detectar la presencia de materiales con composiciones inorgánicas. En el caso de los explosivos, los compuestos en cuestión generalmente caen dentro del campo de la química orgánica, donde las características de absorción de rayos X de materiales explosivos pueden ser muy similares a esas de otros materiales orgánicos inocuos. Debido a la habilidad limitada de los sistemas de absorción de rayos X de energía dual para distinguir o resolver el nivel de energía de los rayos X recibidos transmitidos a través de tal objetivo, las distinciones no pueden hacerse fácilmente con respecto a cualquier composición particular de un objetivo.

60 Esta limitación de la tecnología de absorción de rayos X de energía dual explica además por qué no se usa en otras aplicaciones de determinación de composición. La determinación de la composición en tiempo real o en línea tiene muchos y variados usos fuera de las aplicaciones de seguridad tales como, por ejemplo, en el control de calidad para procesos industriales, tomografía diagnóstico para procedimientos médicos o veterinarios, o cualquier otra aplicación adecuada donde la composición exacta de los materiales que hacen un objetivo no se conoce de antemano.

Los expertos en la técnica deberían apreciar que las aplicaciones de seguridad discutidas a lo largo de esta descripción son un uso obvio de un aparato de determinación de la composición objetivo, el cual podría usarse para escanear rápidamente y de forma no invasiva un objetivo y determinar su composición.

5

En un número de aplicaciones sería preferible para tal trabajo de determinación de la composición que se completara en tiempo real, tal como por ejemplo, cuando los productos o artículos de equipaje de avión en una cinta transportadora de línea de producción se mueven a lo largo de o a través de un aparato de escáner. En tales ejemplos sería preferible usar una metodología de escaneo rápida donde los resultados obtenidos a partir del sistema de escaneo pueden procesarse rápidamente para proporcionar automáticamente una indicación de detección mientras el objetivo escaneado está aún en la vecindad del sistema de escaneo.

10

Para operar tales sistemas de detección en tiempo real, se prevé que los sistemas de detección y emisión de rayos X necesitarían operar con tasas de rendimiento relativamente altas cuando se compara con la tecnología de escaneo de rayos X de seguridad existente. En tales ejemplos una sola banda o sistema de emisión de nivel de energía necesitaría iterar a través de múltiples niveles de energía para la misma imagen de resultados que estaría disponible cuando los espectros completos de energías de rayos X se transmiten en una sola emisión estallido en un tiempo.

15

Los sistemas de detección de rayos X existentes pueden emplear además sistemas de detección basados en centelleo, los cuales convierten la radiación de rayos X entrante a energía de luz visible, la cual se recolecta y amplifica subsecuentemente por un componente sensible a la luz. Tales detectores de centelleo son vulnerables a la incertidumbre estadística en las mediciones tomadas, y se limitan en que son capaces de resolver los rayos X recibidos con diferentes pero cercanos niveles de energía.

20

Se conoce para proporcionar un sistema de escaneo de rayos X el cual mide la absorción de energía de rayos X por un objetivo a través de un amplio espectro de energías de rayos X para determinar la composición potencial de un objetivo. En particular la patente de los Estados Unidos núm. US 6950492 describe un sistema de determinación de composición médico enfocado CT el cual emplea un sistema de generación de rayos X para transmitir una sola banda o nivel de energía de rayos X en un momento en un cuerpo objetivo. Tal sistema es inadecuado para las aplicaciones de escaneo en tiempo real en que el enfoque banda por banda iterativo descrito para las emisiones de rayos X no permitiría un rendimiento efectivo de los objetivos a escanear en un marco de tiempo razonable.

25

30

A partir del documento WO 2001/29557 A2 se conoce un método y aparato para la determinación de las propiedades de un medio de alimento o alimentación. Un sistema escanea el medio mediante haces de rayos X que tienen al menos dos niveles de energía, que incluyen un nivel bajo y un nivel alto, detecta los haces de rayos X que han pasado a través del medio por una pluralidad de áreas (pixeles) del medio, calcula un valor para la absorción en cada área en el nivel de energía bajo y el nivel de energía alto. Los valores se aplican a un modelo de calibración.

35

Además, el documento US 6975944 se refiere a un método no destructivo en el lugar para monitorear directamente un dispositivo electrónico por medio de un arreglo multisensor que comprende al menos un sensor de gas de estado sólido, la salida de señal del cual experimenta análisis multivariados para convertir la salida de señal en información representativa de una cualidad del material del dispositivo.

40

El documento US 6018562 se refiere a un aparato y método para el reconocimiento e identificación automática de objetos ocultos y características de los mismos. Los rayos X dentro de bandas de energía fijas se transmiten a través de un objeto, con la cuenta de fotones comparada con la de cuando el objeto no está presente para obtener los factores de atenuación. Los factores de atenuación se hacen coincidir contra los niveles de atenuación de materiales conocidos para identificar el objeto. El documento US 6469562 describe un analizador de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía que hace uso de un método de análisis estadístico multivariado.

45

50

Por lo tanto sería ventajoso tener un sistema de detección basado en la absorción de rayos X mejorado el cual dirige cualquiera o todos los problemas anteriores. En particular, sería ventajoso tener un sistema de detección basado en la absorción de rayos X el cual podría escanear o investigar rápidamente objetivos de interés, ser ellos en aplicaciones de seguridad, o para razones de control de calidad en una aplicación industrial por ejemplo. Además tal sistema de detección de absorción de rayos X el cual podría resolver o distinguir entre diferentes materiales componentes con características de absorción de rayos X similares sería ventajoso además sobre la técnica anterior. En particular sería ventajoso además un sistema de detección el cual podría proporcionar automáticamente una indicación de detección o transmisión específica a un material particular encontrado dentro de un objetivo para accionar una respuesta predeterminada.

55

60

Es un objeto de la presente invención dar solución a los problemas existentes o al menos ofrecer al público una alternativa útil.

Otros aspectos y ventajas de la presente invención se podrán demostrar a partir de la descripción subsiguiente que se brinda únicamente a modo de ejemplo.

5 Descripción de la invención

De acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona un aparato de determinación de un componente objetivo como se define en la reivindicación 1, y un método para determinar la presencia de al menos un material componente dentro de un objetivo como se define en la reivindicación 24.

10

La señal o señales de salida del elemento de detección de rayos X proporcionan preferentemente información del espectro de absorción de rayos X para el objetivo.

15

El objetivo para determinar su composición es preferentemente equipaje o carga para llevar en un vehículo.

El elemento de procesamiento usa preferentemente una calibración multivariada preparada para el objetivo.

20

Preferentemente una calibración multivariada se prepara mediante el uso de materiales componentes específicos de interés contra un fondo desconocido de materiales componentes.

25

La presente invención se configura para proporcionar un aparato de determinación de la composición objetivo así como también una metodología para determinar la composición objetivo. Preferentemente la presente invención puede optimizarse o implementarse para permitir que los procesos de composición objetivo se completen en tiempo real en una línea, arreglo o flujo de artículos objetivo. Sin embargo en otros ejemplos, la composición de los objetivos puede determinarse individualmente o procesarse por lotes en tiempo no real.

30

Preferentemente los materiales componentes para identificar y que tienen su presencia determinada pueden ser compuestos, composiciones o materiales conocidos, con su tipo que se determina por la aplicación en la cual se emplea la presente invención. Tales materiales componentes para identificar o que tienen su presencia determinada pueden incluir además compuestos, materiales o composiciones desconocidas, la presencia de las cuales no se espera dentro de un objetivo. Tales materiales desconocidos por lo tanto pueden formar un material componente de interés junto con la presente invención.

35

Preferentemente la presente invención puede usarse para distinguir entre diferentes tipos de compuestos los cuales tienen características de absorción de energía similares para la banda de rayos X de energías electromagnéticas. Como se discutió anteriormente, los rayos X tienen fuertes potencias de penetración y la capacidad de penetrar todo el volumen de un objetivo.

40

La presente invención puede configurarse o adaptarse además para así permitir diferentes tipos de compuestos orgánicos con características de absorción de rayos X similares para diferenciarse unos de otros cuando están presentes dentro de un objetivo. Los sistemas de escaneo de seguridad basados en la absorción de rayos X de la técnica anterior tienen dificultad para diferenciar tales materiales unos de otros.

45

La presente invención puede identificar además los volúmenes, pesos, dimensiones o cantidades de materiales componentes de interés.

50

De acuerdo con la invención, un objetivo para determinar su composición puede ser el equipaje o la carga que se carga sobre un vehículo. En una modalidad preferida adicional los objetivos para investigar mediante el uso de la presente invención pueden ser el equipaje de los pasajeros de avión, y potencialmente los pasajeros de avión mismos. En tales ejemplos la presente invención puede adaptarse preferentemente para enfocar en una serie o línea de equipaje (o posiblemente pasajeros) y para escanear tales objetivos consecutivamente en tiempo real para detectar la presencia de amenazas de seguridad o contrabando.

55

La referencia en general a lo largo de esta descripción se hará a la presente invención que se usa como un sistema de escaneo de seguridad en tiempo real para equipaje de avión. Sin embargo, los expertos en la técnica deberían apreciar que la presente invención puede investigar la composición de otros tipos de objetivos y no debería considerarse como que es útil únicamente en aplicaciones basadas en seguridad.

60

Por ejemplo, los expertos en la técnica deberían apreciar que otros tipos de objetivos tales como (por ejemplo) flujos de leche dentro de conductos en un cobertizo de lácteos, cartas u otras formas de correo de tipo postal, o productos manufacturados presentes en una cinta transportadora de línea de producción pueden investigarse por la presencia de contaminantes y/o variaciones en las composiciones. Los expertos en la técnica deberían apreciar que un rango de materiales biológicos puede formar además un objetivo, que incluye (por ejemplo) queso o carne de animales.

Alternativamente, la presente invención puede usarse para escanear objetivos vivos tales como animales o cuerpos humanos en aplicaciones de diagnósticos veterinarios o médicos para identificar la presencia de compuestos dañinos.

5 Además, la presente invención puede emplearse además dentro de operaciones de escaneo tomográficas asistidas por computadora (CAT) las cuales toman mediciones de absorción de rayos X a través de más de un plano de un objetivo para escanear. Los expertos en la técnica deberían apreciar que un amplio rango de aplicaciones está disponible para el orden de la presente invención a partir de aplicaciones de un plano sencillo a planos múltiples.

10 Preferentemente el aparato de determinación de composición proporcionado incluye al menos un elemento de emisión de rayos X. Un elemento de emisión de rayos X puede usarse para transmitir simultáneamente rayos X con un número de diferentes niveles de energía hacia un objetivo.

15 De acuerdo con la invención, un elemento de emisión de rayos X empleado por la presente invención puede usar cualquier número de técnicas de generación de rayos X modeladas en el tubo de Coolidge. Estos emisores del tipo tubo de Coolidge pueden excitarse para producir potencialmente radiación de rayos X, la cual abarca el espectro completo de energías de radiación de rayos X disponibles.

20 En términos generales la referencia a lo largo de esta descripción se hará además a un rayo X emitido que tiene un "nivel de energía" particular. Los expertos en la técnica deberían apreciar que esta referencia al nivel de energía de un rayo X abarca la resolución del equipo de medición usado y su margen de error, tal que un nivel de energía particular definido por un rayo X puede abarcar las energías de rayos X presentes cercanas pero no directamente en la energía específica de ese nivel particular. Los niveles de energía de los rayos X como se referencian a lo largo de esta descripción no deberían por lo tanto considerarse como valores absolutos sino en cambio un rango de valores en
25 proximidad a un nivel de energía específico.

La presente invención se configura para cotejar un espectro de rayos X para un objetivo escaneado con radiación de rayos X donde todos los rayos X recibidos por un elemento de detección de rayos X el cual ha interactuado con un objetivo tienen sus niveles de energía determinados individualmente. Preferentemente los niveles de energía
30 determinados para cada fotón de rayos X recibido pueden dividirse en un número de bandas de energía esencialmente distintas o sustancialmente que no se superponen. Los expertos en la técnica deberían apreciar que debido a las limitaciones de ingeniería puede existir alguna superposición mínima entre los niveles de energía adyacentes capaces de la asignación a un fotón particular donde esta superposición se minimiza en práctica donde es posible.

35 De acuerdo con la invención, las secciones específicas o selecciones del espectro de energía de rayos X pueden seleccionarse para la transmisión a un objetivo. Estas porciones del espectro pueden seleccionarse para tipos particulares de objetivos para capturar la máxima variabilidad en la información del espectro de absorción disponible, y por consiguiente permitir que la composición objetivo en cuestión se determine con precisión. Además mediante la selección de porciones del espectro de rayos X, el fenómeno de respuesta bien conocida tal como las transiciones de línea K puede evitarse o incluirse deliberadamente en la información de absorción a emplearse.
40

De acuerdo con la invención, la salida del elemento de emisión de rayos X puede filtrarse antes que los rayos X generen el alcance a un objetivo que va a escanearse. En tales modalidades las técnicas anteriores pueden emplearse para investigar únicamente las bandas de energía particular del espectro de rayos X disponible.
45

Sin embargo, de acuerdo con la invención, puede usarse el elemento de emisión de rayos X el cual se energiza, opera o configura para emitir radiación de rayos X las cuales abarcan el espectro completo de niveles de energía disponibles. Por ejemplo, en una modalidad preferida un material de generación de rayos X puede bombardearse con una serie de electrones para inducir la emisión de rayos X para dirigirla hacia un objetivo bajo investigación. El espectro completo de
50 todas las energías de rayos X disponibles puede estar presente con los rayos X transmitidos que se reciben subsecuentemente con un elemento de detección en el otro lado del objetivo. En tales ejemplos los rayos X pueden transmitirse con un elemento de detección que se selecciona potencialmente para evaluar las áreas particulares del espectro de rayos X completo que son de interés.

55 Preferentemente el elemento de emisión de rayos X empleado puede usarse para transmitir simultáneamente rayos X con una pluralidad de diferentes niveles de energía en un objetivo en cualquier momento durante una sola operación o activación del elemento de emisión de rayos X.

60 De acuerdo con la invención, el elemento de emisión puede emplearse para transmitir continuamente una serie de rayos X hacia un objetivo, o una región donde un objetivo se anticipa para estar en algún momento futuro. Sin embargo, en otras modalidades la activación o accionamiento del elemento de emisión puede completarse a través de un sensor de proximidad el cual determina cuando un objetivo se mueve hacia una región dentro de la cual se transmiten los rayos X generados.

5 La referencia en general a lo largo de esta descripción se hará al elemento de emisión de rayos X empleado que transmite una serie continua de rayos X la cual abarca sustancialmente el rango completo de niveles de energías disponibles dentro del espectro de rayos X. Sin embargo, los expertos en la técnica deberían apreciar que una serie de rayos X no necesita emitirse necesariamente, como pulsos de rayos X o alternativamente la activación u operación periódica de un elemento de emisión de rayos X puede emplearse además junto con la presente invención.

10 Los expertos en la técnica deberían apreciar además que las referencias al uso de un solo plano de transmisión para los fotones de rayos X a lo largo de esta descripción no deberían verse de ninguna forma como limitantes. Los expertos en la técnica deberían apreciar que el elemento o elementos de emisión empleados pueden arreglarse o configurarse además para transmitir fotones de rayos X sobre una pluralidad de planos de transmisión si se requiere por la aplicación en la cual se emplea la invención.

15 Preferentemente el aparato proporcionado puede incluir además un elemento de detección de rayos X. Este elemento de detección puede recibir fotones de rayos X los cuales han interactuado con un objetivo y no se han absorbido por el objetivo. Tal elemento de detección de rayos X puede recibir los rayos X transmitidos entrantes y además determinar los niveles de energía de estos rayos X recibidos. El elemento de detección empleado puede determinar o asignar un valor de nivel de energía específico a cada fotón de rayos X que recibe. El elemento de detección puede resolver por lo tanto las energías de los rayos X individuales en una base de fotón por fotón con los niveles de energía determinados que son uno de un rango de bandas o niveles de energía discreta o que sustancialmente no se superponen.

20 De acuerdo con la invención, el elemento de detección de rayos X puede incluir componentes o circuitos de soporte adecuados los cuales permiten resolver las energías individuales de los fotones de rayos X discretos. Por ejemplo, en las modalidades preferidas el elemento de detección de rayos X puede incluir o tener asociado con él un analizador multicanal (MCA) el cual puede usarse con señales generadas por un transductor o transductores expuestos a fotones de rayos X incidentes. Tales componentes MCA pueden hacer frente fácilmente con grandes números de señales de velocidad relativamente alta y por lo tanto pueden emplearse para resolver individualmente las energías de cada fotón de rayos X incidente con el elemento de detección.

25 Los fotones de rayos X los cuales han interactuado con un objetivo pueden detectarse subsecuentemente por un elemento de detección de rayos X. Tales interacciones pueden incluir un rango de procesos a partir de una transmisión directa de fotones de rayos X a través de un objetivo, hacia adelante o la retrodispersión potencial de rayos X por un objetivo. Los expertos en la técnica deberían apreciar que un rango de tales diferentes tipos de interacciones puede usarse para derivar la información de los espectros de rayos X a partir de la cual puede hacerse una evaluación de la composición objetivo.

30 La referencia en general a lo largo de esta descripción se hará sin embargo a un elemento de detección de rayos X que se emplea para recolectar o cotejar los espectros de absorción de rayos X para un objetivo. Tales espectros de absorción pueden cotejarse a partir de los fotones de rayos X los cuales se han transmitido directamente a través de un objetivo sin desviación, y por consiguiente unos espectros de absorción pueden determinarse por una sustracción de un estado de campo vacío de un campo que contiene un objetivo.

35 De acuerdo con la invención, el elemento de detección puede constar de un rango o arreglo de componentes de detección individuales, con cada componente que se configura para detectar rayos X con un nivel de energía específico, o dentro de una banda de valores de energía. En tales modalidades cada componente de detección puede resolver el flujo de rayos X transmitido a través de un objetivo para una banda particular de energías. En este caso cada componente de detección puede ser capaz de resolver la energía de rayos X para un grado específico de precisión, con cada componente de detección que de esta manera es capaz de indicar que ha recibido un rayo X con un nivel de energía dentro de su banda particular de energías. La resolución de la medición de energía de tales elementos de detección puede adaptarse a la aplicación específica dentro de la cual se usa la presente invención, y en particular al costo del aparato que se va a proporcionar.

40 Sin embargo de acuerdo con la invención, el elemento de detección proporcionado puede ser sensible a recibir rayos X a través de la mayoría de, o al menos una parte sustancial del espectro de rayos X. En tales modalidades los bancos de tales transductores de detección pueden formar un elemento de detección para recibir los rayos X transmitidos a través de un objetivo a lo largo de un número de trayectorias diferentes a través del objetivo. Preferentemente por lo tanto un solo elemento detector puede componerse de una pluralidad de transductores detectores los cuales forman un arreglo para recibir los rayos X.

45 Los expertos en la técnica deberían apreciar además que el elemento de detección de rayos X empleado no necesita ser sensible al espectro completo de energía de rayos X disponible. Por ejemplo en algunos ejemplos las secciones o porciones específicas de los espectros de rayos X completos pueden seleccionarse debido a la alta variabilidad en una

respuesta de los objetivos a estas energías particulares. Los sistemas detectores los cuales son sensibles a estas porciones o secciones del espectro de energía de rayos X por lo tanto necesitan únicamente ser proporcionados.

5 Los expertos en la técnica deberían apreciar que la información de los espectros de rayos X empleados junto con la presente invención no necesita necesariamente estar continua a través de los espectros completos pero podría componerse de porciones seleccionadas de los espectros de uso para distinguir entre materiales componentes con una respuesta de absorción de rayos X similar.

10 Preferentemente el elemento de detección de rayos X proporcionado puede generar al menos una señal de salida la cual indica la energía de rayos X y los flujos de rayos X asociados para estos niveles de energía. En una modalidad preferida adicional donde se proporciona un componente de detección para cada banda de energías de rayos X a considerar el elemento de detección puede generar una señal de salida para cada componente de detección y por consiguiente para cada etapa de nivel de energía específica a resolver. Esta combinación de señales de salida puede proporcionar después la información del espectro de absorción de rayos X a usar para determinar una composición objetivo.

15 De acuerdo con la invención, una señal de salida del elemento detector de rayos X puede componerse de la respuesta del transductor o transductores detectores organizados en términos de un arreglo continuo de períodos de tiempo consecutivos secuenciales. En tales modalidades las respuestas de un transductor pueden agruparse juntas en un período de tiempo preseleccionado el cual define una tasa de recolección y la resolución física resultante de la invención cuando un objetivo se mueve con relación al elemento detector. En tales modalidades los bloques de tiempo consecutivos pueden asociarse con las respuestas o resultados del elemento detector, con la longitud de los períodos de tiempo o la resolución del sistema que se determina por la resolución física deseada para la aplicación de la invención y además la velocidad a la cual se mueven los objetivos con relación al aparato proporcionado.

20 En tales ejemplos, el elemento de detección puede configurarse para recibir y determinar los niveles de energía de suficientes números de fotones por segundo para mantener la resolución espacial requerida a lo largo del eje de movimiento de un objetivo y la precisión suficiente de la medición de la composición. La resolución espacial es una función de la velocidad del objetivo a través de la invención, la geometría del elemento detector y el tiempo requerido para recolectar suficientes fotones para la determinación de la composición objetivo. El tiempo requerido para recolectar suficientes fotones depende del flujo de rayos X a través del elemento detector, el cual se determina por las características del objetivo, la fuente de rayos X y la geometría del elemento detector, y la tasa de emisión de fotones de la fuente de rayos X.

25 De acuerdo con la invención, un elemento de detección de rayos X puede formarse a partir de cualquier transductor o colección de transductores los cuales son capaces de discriminar las energías de los fotones de rayos X.

30 De acuerdo con la invención, un elemento de detección de rayos X puede formarse a partir de un transductor sencillo el cual puede recibir y discriminar las energías de los fotones los cuales han viajado por un número de trayectorias de transmisión diferentes. En tales modalidades este transductor sencillo puede cubrir o abarcar un área de interés adyacente a un objetivo que se escanea. Por ejemplo, en una de tal modalidad un elemento de detección de rayos X puede formarse por un sistema basado en centelleo sencillo configurado para recibir fotones de rayos X sobre un área de interés como se discutió anteriormente.

35 Sin embargo, de acuerdo con la invención, un elemento de detección puede constar de un arreglo de componentes de detección individuales, con cada componente que se configura para detectar los rayos X dentro de una banda de valores de energía que sustancialmente no se superponen.

40 De acuerdo con la invención, el elemento de detección de rayos X puede emplear un arreglo de fotodiodos para convertir los fotones de rayos X recibidos a una señal o señales de salida eléctrica. Los fotodiodos son una forma preferida de componente para emplear ya que proporcionan una medición directa de la energía de rayos X recibida en una señal de salida eléctrica resultante. En aplicaciones de escaneo en tiempo real, tipos particulares de fotodiodos pueden tratar fácilmente con flujos altos de fotones y proporcionar una resolución del nivel de energía clara. Esto puede contrastar con sistemas detectores basados en centelleo los cuales como consecuencia a su operación tienen un nivel de error o ruido estadístico presente en sus resultados y además no resuelven fácilmente los niveles de energía cercanos.

45 El elemento de detección de rayos X puede implementarse a través de un arreglo de fotodiodos de telururo de cadmio (CdTe) o de telururo de zinc de cadmio (CdZnTe). Estos fotodiodos tienen una respuesta relativamente rápida a los fotones de rayos X incidentes y son capaces de capturar los fotones de rayos X a niveles de energía relativamente altos.

50 El elemento de detección de rayos X proporcionado puede incluir un arreglo de fotodiodos de arseniuro de galio (GaAs).

Los fotodiodos de arseniuro de galio pueden configurarse para tener una respuesta muy rápida a los fotones de rayos X incidentes y son capaces además de capturar los fotones de rayos X a niveles de energía relativamente altos.

5 Los expertos deberían apreciar que los tipos de fotodiodos anteriores pueden emplearse para ayudar en la resolución de señales originadas a partir de fotones con niveles de energía cercanos o similares, preferentemente a través del suministro de un sistema de posprocesamiento el cual recibe las señales desde el elemento detector proporcionado.

10 Los expertos en la técnica deberían apreciar además que un rango de otros tipos de fotodiodos pueden emplearse además junto con la presente invención en dependencia de la aplicación específica en la cual se emplea.

15 El aparato de determinación de la composición objetivo puede incluir además un elemento de procesamiento. Tal elemento de procesamiento puede recibir la señal o señales de salida del elemento de detección como una entrada.

20 El elemento de procesamiento puede formarse por al menos un microprocesador, o un arreglo de microprocesadores, el cual tiene sistemas de soporte auxiliares tales como memoria, discos duros, etcétera. El microprocesador o los procesadores proporcionados pueden localizarse dentro de la misma colección del equipo usado para proporcionar el elemento de emisión y el elemento de detección de rayos X. Sin embargo, en otras modalidades un sistema de procesamiento distribuido puede usarse donde el elemento de procesamiento puede localizarse en una localización remota pero estar en comunicación con el elemento de detección si se requiere.

25 La unidad de procesamiento puede recibir las señales de salida desde el detector de rayos X y cotejar las mismas para proporcionar una evaluación inicial del número de fotones de rayos X transmitidos a través de un objetivo durante períodos de tiempo predefinidos, y los niveles de energía de estos rayos X. El elemento de procesamiento puede incluir o asociarse con suficiente memoria para permitir que las señales resultantes del detector se almacenen a partir de una pluralidad de tales períodos de tiempo. Esta instalación de almacenamiento puede permitir que una imagen o ilustración completa de un objetivo completo se construya con el tiempo cuando el objetivo se transporta más allá del detector a lo largo del tiempo.

30 En tales ejemplos los períodos de tiempo predefinidos asociados con una señal detectora pueden cotejar o proporcionar todos los datos que se presentan dentro de un pixel de una imagen de un objetivo completo. En tales ejemplos un objetivo puede moverse con relación al aparato proporcionado, con puntos en la superficie del objetivo que se iluminan por los rayos X solamente una vez cuando el objetivo se mueve a través de o pasado el aparato. Los períodos de tiempo o divisiones asociadas con las señales del elemento detector combinarán por lo tanto con la velocidad de movimiento del objetivo para fijar la resolución física del sistema y por consiguiente la cantidad de datos presentes con respecto a un pixel particular que representa un punto o una región pequeña en la superficie de un objetivo que se escanea.

35 Tal elemento de procesamiento puede emplearse para implementar la emisión de un indicador de alarma en respuesta a la detección de al menos un material de interés dentro de un objetivo escaneado por radiación de rayos X. Este elemento de procesamiento puede recibir inicialmente al menos una señal de salida desde un elemento detector y después subsecuentemente procesar dicha señal o señales de salida para predecir la presencia de al menos material de interés. Si el elemento de procesamiento no predice que al menos un material de interés está presente este puede emitir subsecuentemente un indicador de alarma.

40 Los expertos en la técnica deberían apreciar que el elemento de procesamiento puede ejecutar un número de procesos individuales diferentes para predecir la presencia de al menos un material de interés, con la forma, arreglo o colaboración de estos procesos que se dictan por la aplicación e implementación individual de la presente invención en un número de modalidades. Por ejemplo, en algunas aplicaciones básicas esta fase de procesamiento puede emplear el uso de calibraciones en aislamiento para detectar la presencia de al menos un material de interés. En otras modalidades los procesos adicionales, tales como un proceso de estandarización de señal previo, o un proceso de detección de patrón y/o validación de procesamiento de imagen subsecuente puede ejecutarse además junto con el uso de una calibración. Los expertos en la técnica deberían apreciar que alguna variabilidad en la implementación se visualiza junto con el procesamiento de señales de entrada.

45 El elemento de procesamiento puede emplearse para implementar una estandarización de las señales de salida resultantes del elemento detector. Este proceso de estandarización puede emplear estándares de longitud de onda de rayos X para mapear las señales resultantes del detector a niveles de energía específicos de rayos X conocidos. Además, el elemento de procesamiento puede en este papel normalizar o estandarizar las señales resultantes del detector para asegurar la reproductibilidad de los resultados para el dispositivo dado y para este dispositivo en comparación con otros dispositivos nominalmente idénticos empleados en otra parte, ambos a corto plazo entre pulsos individuales de rayos X que se generan, y a largo plazo sobre el uso de la invención con varios objetivos diferentes.

Los expertos en la técnica deberían apreciar que los componentes usados para proporcionar el aparato de la presente

invención pueden ser susceptibles al ruido o error. Por ejemplo, los amplificadores de señales eléctricas o los elementos de conversión de señal analógica a digital pueden ser susceptibles a los problemas de distorsión de señal en adición al cambio. Por ejemplo los factores ambientales, tales como la temperatura, los niveles recibidos de flujo de fotones o la edad de los componentes mismos pueden provocar tales problemas. Además el perfil de respuesta de tales componentes puede no ser necesariamente lineal en naturaleza. El uso de estándares de longitud de onda de rayos X puede permitir que las características de los espectros de rayos X conocidos se identifiquen en la respuesta de las señales del sistema y por lo tanto permitir que la respuesta actual del aparato proporcionado se modele y linealice potencialmente. El escaneo de tales estándares periódicamente permitirá que tales fuentes de ruido o error sean tenidas en cuenta y removidas.

Los estándares de longitud de onda pueden emplearse lo cual proporciona al menos dos características conocidas exclusivamente en el espectro de energía grabado. Idealmente, al menos dos características deberían estar cerca de los límites superior e inferior del espectro, y las características adicionales deberían aparecer en intervalos más o menos regulares y conocidos entre los límites superior e inferior. Tomadas juntas, estas características pueden proporcionar un estándar de longitud de onda o un conjunto de estándares.

Los estándares de referencia que comprenden materiales con características espectrales de rayos X conocidos pero se construyen de materiales capaces de resistir el escaneo repetido sin afectar sus espectros de rayos X pueden emplearse, en dependencia de los requerimientos particulares de la aplicación eventual para el dispositivo. Las consideraciones del ambiente de uso (tal como una atmósfera altamente ácida, por ejemplo) pueden dar a entender materiales adecuados para el estándar de longitud de onda, por ejemplo el cobre, no sería adecuado para escaneos regulares a largo plazo, como los estándares de referencia.

Tales estándares de referencia pueden insertarse en el haz de rayos X inmediatamente antes de que se escanee un objetivo y opcionalmente de forma inmediata después. En aplicaciones de flujo continuo los estándares de referencia podrían insertarse en intervalos durante el escaneo, y cualquier atenuación alterada identificada compensarse durante el procesamiento del espectro de absorción. La salida del generador de rayos X y las respuestas específicas del detector podrían monitorearse por lo tanto en todos los momentos para proporcionar realimentación continua a un sistema de restauración de valores iniciales.

Los materiales que pueden usarse convenientemente para crear los estándares de longitud de onda podrían incluir:

- Radionúclidos de varios tipos según sea adecuado para el detector en uso
- Filtros hechos de metales pesados y aleaciones de metales tales como cobre, estaño, oro y plata, y otros metales más pesados los cuales exhiben bordes k y otras características definidas cuando se irradian por una fuente de amplio espectro tal como un generador de rayos X.
- Los picos de radiación del objetivo de un generador de rayos X, tal como un generador objetivo de tungsteno.

Estas características se definen claramente en el espectro resultante. Cuando las energías se definen por las características fundamentales de los elementos o transiciones en cuestión, ellas son invariantes y proporcionan puntos altamente estables y convenientes para calibrar el eje de energía en contra.

Por ejemplo, la selección de los estándares de longitud de onda hechos de molibdeno, estaño, cerio, gadolinio, oro y plomo, y mediante el uso de un generador de rayos X objetivo de tungsteno proporciona una buena distribución de las características a través del espectro desde 13 keV hasta 88 keV.

La mejora adicional puede ganarse además mediante la caracterización de la no linealidad diferencial de cualquier conversor analógico a digital (ADC) usado, por ejemplo mediante la aplicación de una rampa lineal o una onda triangular al ADC y el análisis de un histograma de la salida.

Los materiales que pueden usarse convenientemente para crear los estándares de referencia podrían incluir los anteriores, pero además:

- Materiales sin características espectrales de rayos X definidas particulares, pero con buena estabilidad de rayos X y física, tales como el teflón, aluminio, etc, o
- Materiales que pueden prestarse ellos mismos para los requerimientos de fabricación para crear el mecanismo deseado para insertar y remover el estándar de referencia como se requiere en la trayectoria del haz

La referencia en general a lo largo de esta descripción se hará además a un elemento de procesamiento que realiza un

proceso de estandarización con respecto a las señales de salida recibidas del elemento de detección sustancialmente como se describió anteriormente. Sin embargo los expertos en la técnica deberían apreciar que en otras modalidades tal proceso de estandarización puede no ejecutarse necesariamente y no debería considerarse esencial en la implementación de la presente invención.

5

Preferentemente el elemento de procesamiento puede programarse con las instrucciones adecuadas para aplicar la información del espectro de absorción de entrada a al menos una calibración multivariada preparada previamente para el objetivo. En tales modalidades el elemento de procesamiento puede proporcionar además una unidad de calibración. Una operación mediante el uso de una calibración y los resultados del elemento detector de entrada debería por lo tanto producir una indicación de si un material compuesto particular o seleccionado está presente dentro de un objetivo. En una modalidad preferida adicional una o más de las calibraciones multivariadas usadas puede determinar además cuantitativamente la cantidad, volumen, peso o dimensiones en potencia de un material componente particular de interés presente dentro de un objetivo.

10

15

La referencia a lo largo de esta descripción se hará además a la presente invención que emplea al menos una calibración multivariada. Sin embargo, los expertos en la técnica deberían apreciar que otros tipos de calibraciones y otras técnicas pueden emplearse para determinar si un material particular de interés está presente dentro de un objetivo en otras modalidades.

20

Además, la referencia a lo largo de esta descripción se hará además a una calibración que se usa para detectar la presencia de un material componente de interés conocido. Sin embargo, como se discutió anteriormente, un material componente de interés puede formarse alternativamente por un componente desconocido el cual no se correlaciona con ninguna de las calibraciones preparadas o disponibles para usar en combinación con los espectros de rayos X recolectados para un objetivo. En tal modalidad la presente invención puede emplearse para aislar la presencia de materiales componentes los cuales no se esperan que estén presentes dentro de un objetivo.

25

La presente invención puede hacer una evaluación para la contribución de materiales confusos los cuales pueden estar presentes en un objetivo. Estos materiales confusos pueden tener una respuesta de absorción de rayos X similar a la del material que va a detectarse dentro de un objetivo. Alternativamente, un material confuso puede tener características de absorción de rayos X no similares a las del material componente de interés para el cual se prepara la calibración. Por ejemplo, en una modalidad donde las características de absorción no similares pueden proporcionarse por materiales los cuales absorben o bloquean fuertemente los rayos X.

30

En tales ejemplos los datos espectrales de fondo pueden obtenerse a partir de los objetos escaneados los cuales se conocen que no contienen el material objetivo que va a detectarse. Un conjunto de datos espectrales para un objeto actual bajo investigación puede entonces tener la contribución de un conjunto de datos espectrales de fondo en adición a los patrones de respuesta conocidos de al menos un material confuso abstraído del espectro escaneado recibido. Este proceso de sustracción puede resultar después en cualquier contribución espectral restante que se atribuye a la del material objetivo que va a detectarse.

35

40

Preferentemente la presente invención puede emplear al menos una calibración multivariada preparada para una clase particular de objetivos anterior a la composición de tales objetivos que necesitan determinarse. Los procedimientos de análisis multivariados constan de un conjunto de métodos de análisis de datos estadísticos los cuales correlacionan las respuestas espectrales, sus varianzas y covarianzas contra los niveles de materiales identificados previamente, y/o la presencia de material o materiales desconocidos y/o no deseados.

45

Un tipo particular de análisis multivariado, que es el análisis de componentes principales (PCA), puede usarse para descomponer un conjunto de datos en un número de variables no correlacionadas u ortogonales. Esta técnica puede aislar el número mínimo de variables las cuales pueden usarse para representar la mayor parte de la variabilidad presente dentro de un conjunto de datos. Estas variables definidas recientemente proporcionadas a través de un enfoque de PCA pueden usarse en cambio para los propósitos de mostrar u organizar el conjunto de datos en cuestión.

50

Adicionalmente, como estas variables de componente principal son ortogonales o independientes con respecto unas a otras, ellas pueden rotarse para escoger o seleccionar la respuesta de absorción de un material componente particular de interés el cual tiene su presencia detectada dentro de un objetivo. Cuando estas variables de material redefinidas o seleccionadas se usan como eje para graficar los espectros de absorción que están disponibles, los resultados mostrados pueden proporcionar separaciones claras entre diferentes compuestos los cuales pueden tener respuestas de absorción de rayos X similares. Mediante la selección de un material objetivo particular de interés para derivar uno de los ejes del gráfico resultante requerido, las técnicas de análisis de componente principal pueden usarse, por ejemplo, para diferenciar entre compuestos orgánicos con respuestas de absorción de rayos X similares.

55

60

Este análisis de PCA rotado puede usarse junto con técnicas de análisis de agrupamiento (por ejemplo SIMCA o KNN)

para identificar materiales de composición conocida o desconocida, con relación a los ejes de materiales particulares escogidos, por consiguiente identificar la presencia o ausencia de los materiales considerados.

5 Tales técnicas de análisis de componentes principales pueden extenderse a su vez para proporcionar una calibración de regresión de componentes principales (PCR). En tales ejemplos los componentes principales pueden determinarse por el conjunto de datos de absorción de rayos X en cuestión, y un material componente particular de interés puede seleccionarse para definir uno de los ejes o componentes principales para usarse. Una vez que los componentes principales se han aislado un procedimiento de regresión puede completarse después para proporcionar una calibración para usar junto con los datos de medición entrantes desde el elemento de detección de rayos X.

10 Sin embargo, una calibración multivariada puede prepararse mediante el uso de una regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS). Una calibración de regresión PLS emplea un enfoque similar a un análisis de componente principal. Sin embargo, el enfoque PCA y el subsecuente PCR es más efectivo en ejemplos donde la distribución de las mediciones presentes dentro del conjunto de datos de calibración es relativamente consistente a través del conjunto de datos completo. Una calibración de PCR puede prepararse por lo tanto basada en la variabilidad introducida por los componentes individuales. Por el contrario, en ejemplos donde hay un grado significativo de variabilidad a través del conjunto de datos de calibración, puede emplearse una regresión de PLS. Una regresión PLS introduce además la variabilidad presente dentro de los resultados del conjunto de datos de calibración en la evaluación de los componentes principales para ser definidos por la calibración resultante. Los componentes principales definidos finalmente mediante el uso de una técnica de PLS tomarán en cuenta además, por lo tanto la variabilidad presente dentro del conjunto de datos de calibración y el modelo mismo.

25 Una calibración de regresión PLS puede proporcionar la presente invención con ventajas significativas cuando hay incertidumbre presente con respecto a los componentes los cuales podrían estar presentes dentro de un objetivo. El uso de un conjunto adecuado de objetivos de prueba en la preparación de un conjunto de datos de calibración puede de alguna forma mitigar los problemas presentes en aplicaciones tales como esta que incluyen, por ejemplo, el escaneo de seguridad de equipaje o carga. La calibración multivariada preparada antes para tales conjuntos de objetivos de prueba puede usarse para aislar al menos un componente particular de interés tal como compuestos de contrabando o explosivos, y para resolver esta respuesta de compuestos en el espectro de absorción de rayos X capturado a partir del objetivo escaneado.

35 Los conjuntos de datos recolectados (quizás por los largos marcos de tiempo) pueden ser diversos y suficientemente estructurados como para hacer factibles las técnicas correlativas no lineales, tales como las redes neuronales (NN). Las calibraciones multivariadas basadas en NN pueden identificar potencialmente la presencia de material y/o los niveles de material dentro de un objetivo en un ambiente altamente variable (por ejemplo el equipaje en la aerolínea) o un ambiente más controlado (por ejemplo una línea de producción).

40 Además, como se discutió anteriormente los expertos en la técnica deberían apreciar que otras técnicas para detectar la presencia de un material de interés pueden usarse en lugar de o en adición a las calibraciones multivariadas. Además, las redes neuronales pueden emplearse en tales ejemplos para proporcionar mejoras en la precisión en general del sistema resultante - independientemente de si se emplean calibraciones multivariadas o cualquier otro tipo de calibraciones.

45 En todos los análisis multivariados, existe un amplio número de técnicas espectrales de preprocesamiento que pueden emplearse. Estas pueden incluir, pero sin limitarse a:

- Métodos de corrección de señal multiplicativa extendidos (EMSC);
- Variable normal estandarizada (SNV) para remover o mejorar la dispersión;
- Derivadas para remover o mejorar las desviaciones de los valores iniciales y/o inclinaciones axiales, etcétera;
- Selección de longitud de onda optimizada, para emplear únicamente secciones de los espectros que mejoran la habilidad de detección;
- Corrección de señales ortogonales, para corregir (o mejorar) algunas formas de correlaciones cruzadas entre grupos espectrales.

60 Cualquier calibración multivariada puede emplear cualquiera o un número de tales técnicas para mejorar las características deseables relevantes a la propiedad o material particular que se predice.

La funcionalidad de la unidad de calibración proporcionada puede acceder o usar una pluralidad de calibraciones. Cada

- una de las calibraciones usadas puede configurarse para así predecir la presencia de un material componente particular de interés, tal como por ejemplo, un explosivo orgánico o un tumor maligno. Un número de calibraciones individuales pueden ejecutarse por lo tanto por la funcionalidad de calibración para cada trayectoria de rayos X que atraviesa a través de un objetivo. Las señales del elemento detector resultante pueden emplearse por lo tanto para proporcionar una serie de imágenes de una porción, o preferentemente del cuerpo entero de un objetivo, donde cada pixel de cada imagen proporciona información acerca de la presencia de materiales componentes de interés. Tal hipercubo resultante puede indicar por lo tanto en cada pixel cuál de estos materiales componentes se ha detectado como presente.
- El espectro de rayos X de cada pixel de un objetivo puede compilarse además dentro de un hipercubo para el tratamiento como una sola entidad, quizás para el análisis subsecuente, salvado, o análisis directo.
- Además, en otras aplicaciones donde la presente invención se usa junto con metodologías de escaneo de múltiples planos (tal como el escaneo de CT), cortes de imágenes individuales pueden compilarse juntos para proporcionar imágenes tomográficas las cuales brindan información de detección de la composición.
- La referencia en general se hará a la presente invención que emplea imágenes y en particular imágenes de hipercubo a lo largo de esta descripción. Los expertos en la técnica deberían apreciar que tales referencias a las imágenes no requieren necesariamente la visualización o presentación de gráficos a un observador. Tales imágenes pueden residir en o formarse por la recolección y organización de información pertinente en alguna forma de medios de almacenamiento, tal como por ejemplo, un disco duro u otros componentes de almacenamiento de memoria de un sistema de computarizado. La presente invención no requiere necesariamente que se implemente la visualización física actual de las imágenes, y los expertos en la técnica deberían apreciar que la representación espectral de un objetivo o al menos una porción de un objetivo puede usarse en general por la presente invención.
- Al menos uno de los planos de imágenes del hipercubo resultante puede indicar la masa predicha de cada material componente de interés. En una modalidad preferida adicional uno de tal plano adicional del hipercubo resultante puede representar una estimación de probabilidad para la precisión de la masa predicha. Esta información puede usarse por lo tanto para evaluar si un material componente de interés está realmente presente a lo largo de la trayectoria de transmisión a través de un objetivo el cual se asocia con un pixel.
- La presente invención puede incluir además una unidad de procesamiento de imágenes. Por ejemplo, en tales modalidades las instalaciones de procesamiento de imágenes pueden proporcionarse a través de instrucciones ejecutables ejecutadas por el elemento de procesamiento. Tal unidad de procesamiento de imágenes puede evaluar el hipercubo de espectro de rayos X o el hipercubo resultante de un objetivo. Esta instalación de procesamiento de imágenes puede comparar los pixeles adyacentes o cercanos de la imagen básica para mejorar las predicciones en cuanto a si un depósito de un material de interés está presente dentro de un objetivo.
- Por ejemplo, en aplicaciones de escaneo de seguridad el semtex puede segregarse alrededor del revestimiento de una maleta. En dependencia del ángulo de inclinación del cual se escanea la maleta, puede presentarse una imagen clara de los pixeles adyacentes que predicen la hoja de semtex que indica que hay una alta probabilidad de una masa grande de semtex que está presente con respecto a cada pixel. En tales ejemplos la relación espacial entre los pixeles adyacentes o cercanos puede usarse para validar las predicciones de composición hechas, y aislar las áreas específicas del objetivo donde se localiza un depósito de material de interés.
- Una unidad de procesamiento de imágenes puede completar además un proceso de detección de patrones. Por ejemplo, en tales modalidades la unidad de procesamiento de imágenes puede buscar o detectar formas o artículos conocidos específicos los cuales pueden estar presentes dentro de un objetivo, tal como por ejemplo armas o armas de fuego. En tales modalidades la unidad de procesamiento de imágenes puede utilizar ambos algoritmos de reconocimiento de patrones en combinación con datos de determinación de composición para evaluar si un artículo de interés está presente dentro de un objetivo.
- Sin embargo los expertos en la técnica deberían apreciar que tal unidad de procesamiento de imágenes puede no considerarse necesariamente esencial para la presente invención. Los expertos en la técnica deberían apreciar que el hipercubo resultante derivado como se discutió anteriormente puede emplearse fácilmente para proporcionar una predicción o detección inmediata de la presencia de al menos un material componente de interés. El suministro de una unidad de procesamiento de imágenes puede mejorar en algunos ejemplos la precisión de tales predicciones o la utilidad final del sistema proporcionado en un número de aplicaciones.
- La presente invención puede incorporar además un sistema de alarma de indicación automática. Tal sistema de alarma puede suministrarse con los resultados de la unidad de procesamiento o una unidad de procesamiento de imágenes específica cuando es claro que el sistema ha detectado la presencia de una masa o depósito de un material de interés. Tal unidad de alarma puede emitir un indicador de alarma y/o para accionar un número de acciones diferentes en dependencia de la aplicación particular en la cual se usa la presente invención.

5 Por ejemplo, los resultados del sistema pueden visualizarse gráficamente a un usuario con color, textura, sonido o movimiento en la visualización gráfica presentada que indica que un material de interés se ha encontrado en un objetivo escaneado. Además la funcionalidad automatizada adicional puede accionarse a través de tal sistema de alarma. Por ejemplo, los sistemas de bloqueo o alarmas de audio pueden accionarse por tal funcionalidad.

La presente invención puede proporcionar varias ventajas potenciales sobre los sistemas de determinación de composición de la técnica anterior.

10 La presente invención puede evaluar rápidamente y con precisión si uno o más materiales de interés están presentes dentro de un objetivo en un proceso no invasivo. Los sistemas de emisión y detección de rayos X adecuados pueden usarse para capturar la información del espectro de absorción de rayos X para un objetivo para determinar la composición objetivo.

15 La presente invención puede usarse para determinar las composiciones de los objetivos donde hay cierta variabilidad presente con respecto a otros tipos de materiales o componentes presentes dentro del objetivo. En el caso de los sistemas de escaneo de seguridad para equipaje o pasajeros puede existir un grado significativo de variabilidad con respecto al contenido del equipaje y por consiguiente las técnicas de la presente invención pueden optimizarse para hacer frente a tales variables desconocidas.

20 La presente invención puede emplearse además para considerar la información de los espectros de absorción de rayos X para distinguir entre diferentes compuestos orgánicos los cuales tienen características de absorción de rayos X relativamente similares. A través del enfoque en las secciones variables útiles de los espectros de rayos X disponibles para un objetivo tales compuestos orgánicos pueden diferenciarse fácilmente unos de otros. Tal diferenciación puede completarse ya sea a través del uso de calibraciones multivariadas o cualquier otra técnica de generación de calibración aplicable relevante.

25 La presente invención puede configurarse para el uso en operaciones de escaneo de seguridad básicas donde un material objetivo (tal como un artículo de equipaje) se transporta a través de o más allá de la invención. En tales aplicaciones las mediciones pueden hacerse a través de un plano sencillo del objetivo para proporcionar los datos de imágenes usados para evaluar la presencia probable de las masas de materiales componentes particulares de interés.

30 Además, la presente invención puede configurarse además para el uso en aplicaciones de escaneo de rayos X de CT las cuales recogen datos de imágenes a partir de más de un plano de transmisiones de rayos X a través de un objetivo. Los sistemas de emisión y detección de rayos X empleados junto con la presente invención pueden configurarse para el uso con sistemas de escaneo de CT los cuales pueden mover arreglos emisores/detectores, o proporcionar múltiples conjuntos de arreglos emisores y detectores posicionados alrededor de la circunferencia de un objeto que va a escanearse.

40 Breve descripción de los dibujos

Otros aspectos de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción dada por medio de ejemplos solamente y con referencia a los dibujos complementarios en los que:

45 Las Figuras 1a, 1b muestran diagramas de bloques esquemáticos de elementos componentes usados para implementar un aparato de detección de composición objetivo de acuerdo con una modalidad, y

La Figura 2 muestra un gráfico de ejemplo de un espectro de detección de rayos X completo para un objetivo, y

50 La Figura 3 muestra un gráfico de ejemplo de las separaciones de los componentes las cuales pueden hacerse entre compuestos orgánicos mediante el uso de técnicas de análisis multivariadas y la información de los espectros de absorción de rayos X, y

55 Las Figuras 4a, 4b muestran diagramas de flujo consecutivos que ilustran datos e información manejada en varias etapas a través de la operación de la presente invención en una modalidad adicional.

Mejores modos para llevar a cabo la invención

60 Las Figuras 1a y 1b muestran diagramas de bloques esquemáticos de elementos componentes usados para implementar un aparato de detección de composición objetivo de acuerdo con una modalidad.

El aparato mostrado incluye un elemento de emisión de rayos X (1) el cual se configura para transmitir una serie de rayos X (2) con una pluralidad de diferentes niveles de energía en un objetivo (3). El objetivo (3) se soporta por un

sistema de cinta transportadora (4) usado para transportar una serie o flujo de objetivos a través del aparato con el tiempo. El aparato mostrado se configura para operar y escanear objetivos en tiempo real y preferentemente puede usarse en una aplicación de escaneo de seguridad.

- 5 Los rayos X (2) transmitidos desde el elemento de emisión (1) se absorben o dispersan al menos parcialmente por el objetivo pero cierto flujo de rayos X lo hace a través del objetivo, sobre un colimador (5) y después subsecuentemente hacia un elemento de procesamiento y detección de rayos X (6). Estos dos elementos se muestran en detalle adicional con respecto a la figura 1b.
- 10 La Figura 1b muestra un elemento de detección de rayos X (7) el cual se configura para recibir los rayos X transmitidos a través del objetivo (3). El elemento de detección de rayos X (7) se usa para determinar los niveles de energía de los rayos X que recibe y para generar un número de señales de salida las cuales indican el número de fotones de rayos X los cuales se reciben en adición a los niveles de energía de estos rayos X.
- 15 El elemento de detección de rayos X (7) se forma a partir de un arreglo o línea de componentes de fotodiodo individuales con cada uno que se diseña para registrar la transmisión de rayos X a través de una amplia banda de energías de rayos X.
- 20 Las señales de salida (8) del elemento de detección de rayos X (7) se suministran subsecuentemente a una etapa de filtrado y preamplificación (9) y después se convierten a formato digital por un conversor analógico digital o ADC (10) en el MCA.
- 25 Las señales digitales generadas por el ADC (10) se suministran a un arreglo de compuerta lógica programable (FPGA) (11) y un microprocesador que forma un motor de procesamiento de señales digitales (DSP) (13). El FPGA (11) y el DSP (13) componen un elemento de procesamiento el cual se usa para indicar la presencia de al menos un material componente dentro del objetivo (3). El FPGA (11) se conecta además a un circuito de sensado de nivel (13) el cual proporciona un lazo de realimentación a través de la etapa de amplificación (9) para ajustar los niveles de amplificación y compensación aplicados a las señales analógicas originales en bruto del elemento de detección de rayos X (7).
- 30 En la modalidad mostrada con respecto a las figuras 1a y 1b, el FPGA (11) se usa para analizar los datos digitalizados entrantes y preparar una estructura de datos del histograma de salida para suministrar al motor de DSP (13). Este histograma indica el flujo de rayos X por nivel de energía de interés para un período de tiempo particular durante la operación de escaneo.
- 35 El motor de DSP (13) realiza las operaciones actuales requeridas en la información de los espectros de absorción de entrada formados por la estructura de datos del histograma del FPGA para indicar si un tipo particular de material componente está presente dentro del objetivo (3).
- 40 El motor de DSP (13) usa una calibración multivariada en combinación con la información espectral de entrada que recibe para hacer esta determinación. Las calibraciones se preparan antes para la clase particular de objetivos bajo investigación y para los materiales componentes específicos de interés. El DSP usa una calibración y los valores de intensidad del flujo de entrada para cada nivel de energía para hacer una determinación en cuanto a si un material componente particular de interés (tal como por ejemplo contrabando o explosivos) está presente dentro del objetivo (3).
- 45 Los expertos en la técnica deberían apreciar que en otras modalidades las calibraciones multivariadas pueden no emplearse necesariamente. Por ejemplo, en otros ejemplos unos espectros de objetos escaneados pueden diseccionarse para remover el efecto de los materiales de fondo en combinación con los patrones de respuesta de los materiales confusos para resultar en una contribución procedente únicamente a partir de un material objetivo que va a detectarse.
- 50 El motor de DSP (13) se conecta además a un sistema de visualización (14) el cual puede proporcionar preferentemente una representación gráfica de la composición o identidad de cada material componente que se encuentra presente dentro del objetivo (3). El motor de DSP puede indicar o estimar además la cantidad de tales materiales componentes presentes dentro del objetivo (3). El sistema de visualización (14) puede usarse para presentar o mostrar tales resultados en adición (en algunas modalidades) a proporcionar una visualización de imagen gráfica de los datos espectrales originales recibidos por el DSP (13) a partir del FPGA (11).
- 55 La Figura 2 muestra un gráfico de ejemplo de un espectro de detección de rayos X completo para un objetivo.
- 60 La Figura 2 ilustra claramente que los espectros de energía alta disponibles para el objetivo proporcionan muy poca información y en particular poca variación en los resultados. Un número de picos de emisión de transición de banda k desde un generador de rayos X objetivo de tungsteno se ilustran a aproximadamente 60 keV.

- 5 La mayor parte de la variabilidad de la respuesta de este objetivo particular está presente entre 0 y 100 keV del espectro mostrado. La presente invención puede en efecto "escoger y elegir" secciones o trozos del espectro completo para áreas objetivo con alta variabilidad (tal como entre 0 y 30 keV), y además para excluir las regiones que ilustran el fenómeno de absorción no relevante, tal como las transiciones de banda K a aproximadamente 60 keV. Esta optimización particular puede resultar a su vez en bajas cargas de procesamiento de datos.
- 10 La Figura 3 muestra un gráfico de ejemplo de las separaciones de los componentes las cuales pueden lograrse entre compuestos orgánicos mediante el uso de técnicas de análisis multivariadas y la información de los espectros de absorción de rayos X.
- 15 La Figura 3 ilustra el uso de los datos modelados en un caso donde el semtex explosivo se ha seleccionado para definir uno de los componentes principales usados en tal análisis, y por consiguiente el eje X del gráfico de respuesta de componente mostrado. Las técnicas de análisis de componentes principales pueden usarse para proporcionar tales gráficos preferentemente para objetivos de un tipo particular de material componente de interés. En efecto cualquier resultado a partir de la información de los espectros de absorción de entrada recibidos que aparecen graficados en el eje X indica la presencia de semtex dentro del objetivo el cual se ha acabado de escanear.
- 20 Las Figuras 4a y 4b muestran diagramas de flujo consecutivos que ilustran datos e información manejada en varias etapas a través de la operación de la presente invención en una modalidad adicional.
- 25 Las Figuras 4a y 4b muestran la operación de un conjunto similar de componentes discutidos con respecto a las figuras 1 a y 1 b, y en particular muestran detalles adicionales con respecto al procesamiento de imágenes y aspectos de evaluación de la invención ilustrada en la modalidad mostrada.
- 30 Como se puede ver a partir de la figura 4a un arreglo de detectores de rayos X se emplea para capturar la información del espectro de rayos X. La cuenta de fotones recibida desde un campo vacío es sustancialmente mayor que la recibida cuando un objetivo está dentro de la banda o serie de rayos X emitidos. Un espectro de absorción puede calcularse para un objetivo mediante la comparación del espectro de campo vacío (sin objetivo en el haz de rayos X) con el espectro transmitido a través del objetivo cuando está dentro del haz de rayos X. La diferencia entre un campo vacío y la medición de campo no vacío proporcionará por lo tanto un espectro de absorción de un objetivo.
- 35 Estos resultados se cotejan juntos por un analizador multicanal (MCA) donde cada "depósito" se asocia con uno de un número consecutivo de períodos de tiempo durante los cuales se reciben los fotones de rayos X.
- 40 En esta etapa las señales de salida del detector se estandarizan a través del uso de estándares de longitud de onda. Un modelo preparado para los detectores puede usarse además para predecir las variabilidades en las respuestas del detector aportadas a partir de factores aparte de la composición objetivo que se escanea.
- 45 Una etapa de corrección de longitud de onda puede emplearse además para brindar realimentación al MCA con respecto a los cambios detectados en el espectro reportado por los componentes del detector. En esta etapa puede completarse un proceso de restauración de los valores iniciales el cual puede controlar además la amplificación aplicada a los resultados finalmente proporcionados por el MCA.
- 50 Una vez que estas señales de salida se han estandarizado una imagen de un objetivo puede compilarse con cada pixel de la imagen que brinda un espectro de información de absorción de rayos X. En la modalidad mostrada una series de cortes o planos de imágenes pueden compilarse juntos por la invención como datos de absorción de rayos X capturados durante la travesía de un objetivo pasado el arreglo de detectores de rayos X. La información de absorción de cada uno de estos planos o cortes a través de un objetivo puede compilarse después para proporcionar una imagen completa que consta del número de pixeles compuestos a partir de este conjunto en general de cortes o planos. Todos los pixeles proporcionados proporcionarán por lo tanto una imagen hiperespectral de un objetivo representado en términos de la información del espectro de absorción de rayos X.
- 55 Seguidamente se emplea una unidad de calibración para completar una fase de análisis de material, que proporciona una imagen de hipercubo resultante de un objetivo escaneado en términos de la composición predicha. Tal hipercubo resultante puede tener una multitud de capas en dependencia del número de materiales componentes de interés para el cual se analiza el hipercubo de espectro de absorción original.
- 60 Esta imagen de composición de hipercubo se suministra después a una unidad de procesamiento de imágenes la cual completa una validación de las detecciones de composición a través de una comparación relativa al pixel de la imagen. Los pixeles adyacentes o cercanos pueden tener sus composiciones predichas comparadas para validar o eliminar las mismas de los resultados proporcionados por el sistema. Tales procesos de comparación de validación pueden incluir además;

- umbral de evaluación del tamaño significativo mínimo.
- 5 – procesos de suavizado en 2D.
- procesos de detección de bordes.
- mejora de la nitidez y/o suavizado.
- 10 – ajustes gamma y otros no lineales de la imagen final preparada.

Una vez que este proceso de validación se ha completado la amenaza automática o las notificaciones de alarma pueden generarse (si se requiere) por un sistema de alarma de indicación automática. Este sistema puede emitir un indicador de alarma para accionar una respuesta de alarma automática, tal como bloquear las salidas del edificio o accionar las sirenas. Este sistema puede accionar además la visualización de imágenes del objetivo escaneado que ilustran la figura, forma o posición de un material componente de interés dentro de un objetivo escaneado.

Los aspectos de la presente invención se describieron a modo de ejemplo solamente y se apreciará que se pueden realizar modificaciones y adiciones a estos sin apartarse del alcance de los mismos como se define en las reivindicaciones que se anexan.

Reivindicaciones

- 5
1. Un aparato de determinación de la composición objetivo el cual incluye:
- 10 un elemento de emisión de rayos X (1) configurado para transmitir simultáneamente fotones de rayos X con diferentes niveles de energía que abarcan el espectro de rayos X en un objetivo (3);
un elemento de detección de rayos X (7) configurado para recibir fotones de rayos X los cuales se han transmitido a través del objetivo y para determinar los niveles de energía de cada uno de dichos rayos X recibidos, dicho elemento de detección de rayos X (7) que se configura para generar al menos una señal de salida indicativa del número de rayos X que se han transmitido a través del objetivo (3) y los niveles de energía determinados para cada uno de dichos rayos X, en donde la señal o señales de salida del elemento de detección de rayos X (7) se agrupan en un período de tiempo preseleccionado para definir la resolución física del aparato de componente objetivo cuando el objetivo (3) se mueve con relación al aparato; y
- 15 un elemento de procesamiento (11,13) configurado para:
- recibir dicha señal o señales de salida;
aplicar al menos una calibración multivariada preparada para una clase particular de objetivos para relacionar los datos al número de rayos X que se han transmitido a través del objetivo (3) y los niveles de energía determinados para cada uno de dichos rayos X cuando se derivan de la señal o señales de salida, para determinar la presencia de al menos un material componente dentro del objetivo (3), en donde la calibración multivariada correlaciona los datos, sus varianzas y covarianzas contra uno o más de: los niveles de material identificados previamente, la presencia de un material desconocido, o la presencia de un material no deseado; e
- 20 indicar la presencia de al menos un material componente dentro del objetivo.
2. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior el cual determina además los volúmenes, dimensiones y/o pesos de los materiales componentes presentes dentro del objetivo (3).
3. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde los puntos sobre una superficie del objetivo (3) se iluminan por los rayos X únicamente una vez cuando el objetivo (3) pasa el aparato.
- 35 4. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde los fotones de rayos X emitidos por el elemento de rayos X (1) se filtran antes de alcanzar el objetivo.
5. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de emisión de rayos X (1) transmite series continuas de rayos X.
- 40 6. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior el cual incluye al menos un elemento de emisión de rayos X (1) configurado para transmitir los fotones de rayos X sobre una pluralidad de planos de transmisión.
- 45 7. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de detección (7) consta de un solo transductor capaz de recibir los fotones de rayos X que se han transmitido a través del objetivo.
- 50 8. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de detección (7) consta de un arreglo de componentes de detección individuales, con cada componente que se configura para detectar los rayos X dentro de una banda de valores de energía.
- 55 9. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de procesamiento (11,13) recibe y coteja al menos una señal de salida del elemento de detección de rayos X (7) para indicar el número de fotones de rayos X que se transmiten a través del objetivo a niveles de energía específicos durante un período de tiempo predefinido.
- 60 10. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de procesamiento (11,13) completa un proceso de estandarización en una señal de salida recibida del elemento de detección (7) el cual usa estándares de longitud de onda los cuales proporcionan al menos dos características únicamente conocidas dentro del espectro de energía de rayos X.

- 5
11. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de procesamiento (11,13) se configura para emplear una calibración multivariada de material componente diferente para cada material componente para tener su presencia determinada dentro del objetivo (3).
- 10
12. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde el elemento de procesamiento (11,13) se configura para indicar que el objetivo (3) incluye un material no identificado si el material no se correlaciona con la calibración multivariada usada.
- 15
13. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde la calibración multivariada se prepara para el material componente mediante el uso de materiales componentes específicos de interés contra un fondo desconocido de materiales componentes.
- 20
14. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior en donde la calibración multivariada se prepara mediante el uso de un conjunto de datos espectrales de fondo en adición a los patrones de respuesta conocidos de al menos un material confuso.
- 25
15. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en la reivindicación 14 en donde el material confuso tiene características de absorción de rayos X similares a las del material componente para el cual se prepara la calibración multivariada.
- 30
16. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en la reivindicación 14 en donde el material confuso tiene características de absorción de rayos X no similares a las del material componente de interés para el cual se prepara la calibración multivariada.
- 35
17. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior el cual define además al menos una porción de una imagen del objetivo (3), en donde un pixel de la porción de la imagen se define por la señal o señales del elemento de detección de rayos X recibidas dentro de un solo período de tiempo.
- 40
18. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 16 el cual define una representación espectral de al menos una porción del objetivo (3) mediante el uso de una señal o señales del elemento de detección de rayos X recibidas dentro de un solo período de tiempo.
- 45
19. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en la reivindicación 17 o la reivindicación 18 en donde la porción de la imagen o representación espectral se proporciona por un hipercubo el cual indica una masa predicha de cada material componente asociado con cada pixel de la imagen.
- 50
20. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en la reivindicación 17 o la reivindicación 18 en donde la porción de la imagen o representación espectral se proporciona por un hipercubo el cual indica una estimación de probabilidad para la masa predicha de cada material componente asociado con cada pixel de la imagen.
- 55
21. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 17 a la 20 el cual incluye además una unidad de procesamiento de imágenes (14) configurada para comparar los pixeles adyacentes o cercanos de la porción de la imagen.
- 60
22. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en la reivindicación 21 en donde la unidad de procesamiento de imágenes (14) completa un proceso de detección de patrones.
23. Un aparato de determinación de la composición objetivo como se reivindica en cualquier reivindicación anterior el cual incluye además un sistema de alarma de indicación automática.
24. Un método para determinar la presencia de al menos un material componente dentro de un objetivo (3), dicho método que se **caracteriza por** las etapas de:
- i) transmitir simultáneamente los fotones de rayos X con diferentes niveles de energía que abarcan el espectro de rayos X en el objetivo;
 - ii) recibir, en un elemento de detección (7), los fotones de rayos X que se han transmitido a través del objetivo;

iii) recibir al menos una señal de entrada desde el elemento de detección (7), dicha señal o señales de entrada que indican el número de fotones de rayos X que se han transmitido a través del objetivo (3) y los niveles de energía determinados para cada uno de dichos fotones de rayos X;

5

iv) agrupar la señal o señales de entrada por un período de tiempo preseleccionado para definir la resolución física del aparato de composición objetivo cuando el objetivo (3) se mueve con relación al aparato;

10

v) aplicar al menos una calibración multivariada preparada para una clase particular de objetivos para relacionar los datos al número de rayos X que se han transmitido a través del objetivo (3) y los niveles de energía determinados para cada uno de dichos rayos X que se derivan de la señal o señales de salida para determinar la presencia de al menos un material componente dentro del objetivo, en donde la calibración multivariada correlaciona los datos, sus varianzas y covarianzas contra uno o más de: los niveles de los materiales identificados previamente, la presencia de un material desconocido, o la presencia de un material no deseado; y

15

vi) indicar la presencia de al menos un material componente dentro del objetivo (3).

FIGURA 1b

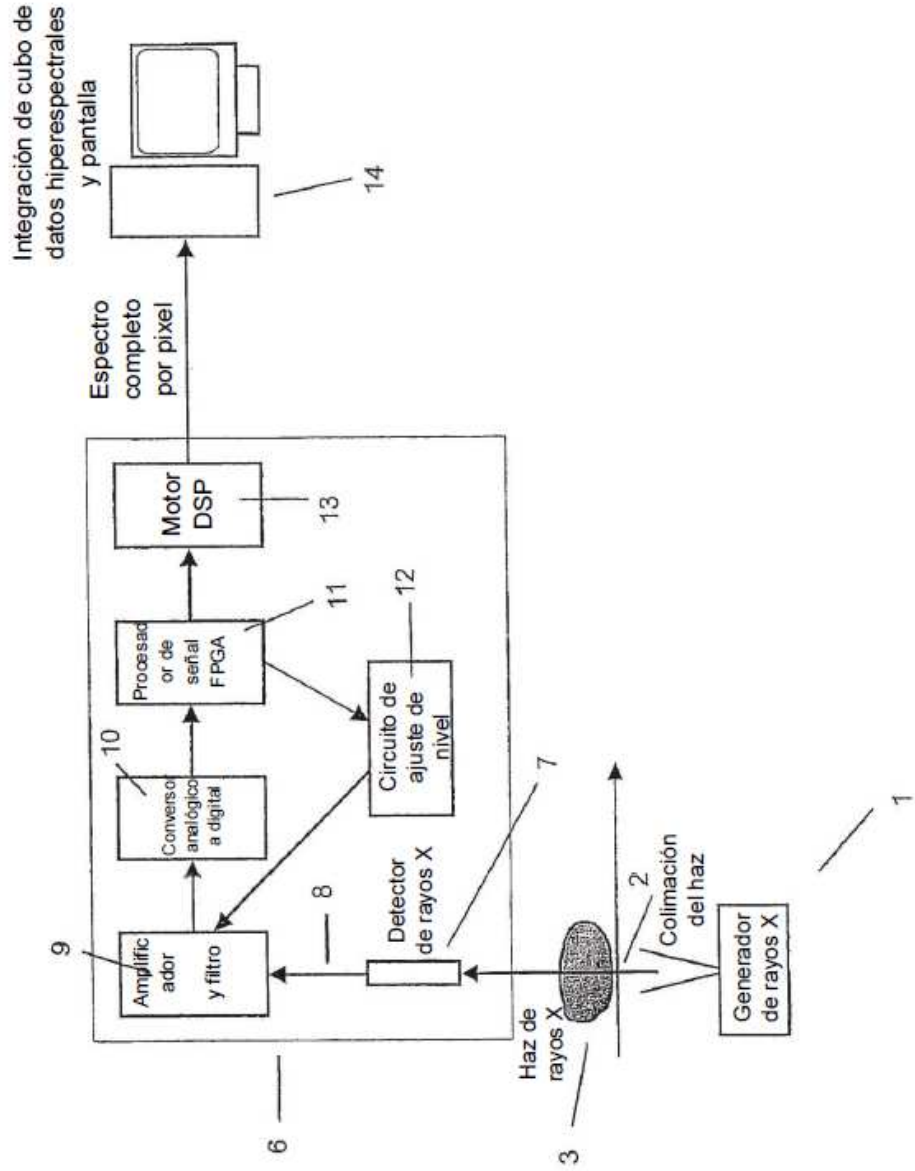


FIGURA 1a

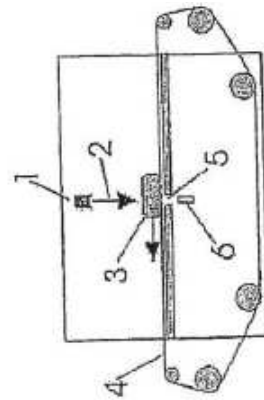


FIGURA 2

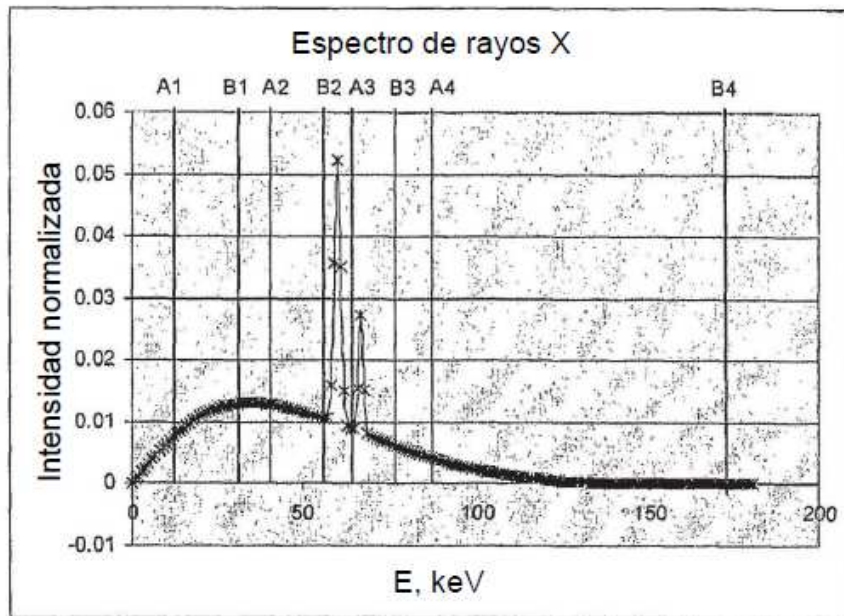


FIGURA 3

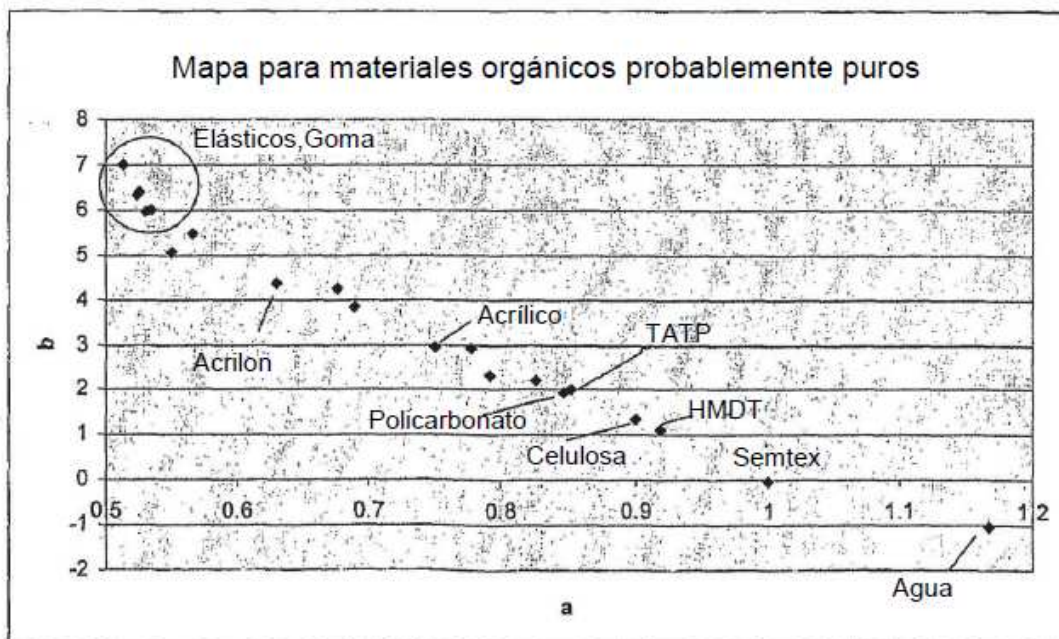


FIGURA 4a

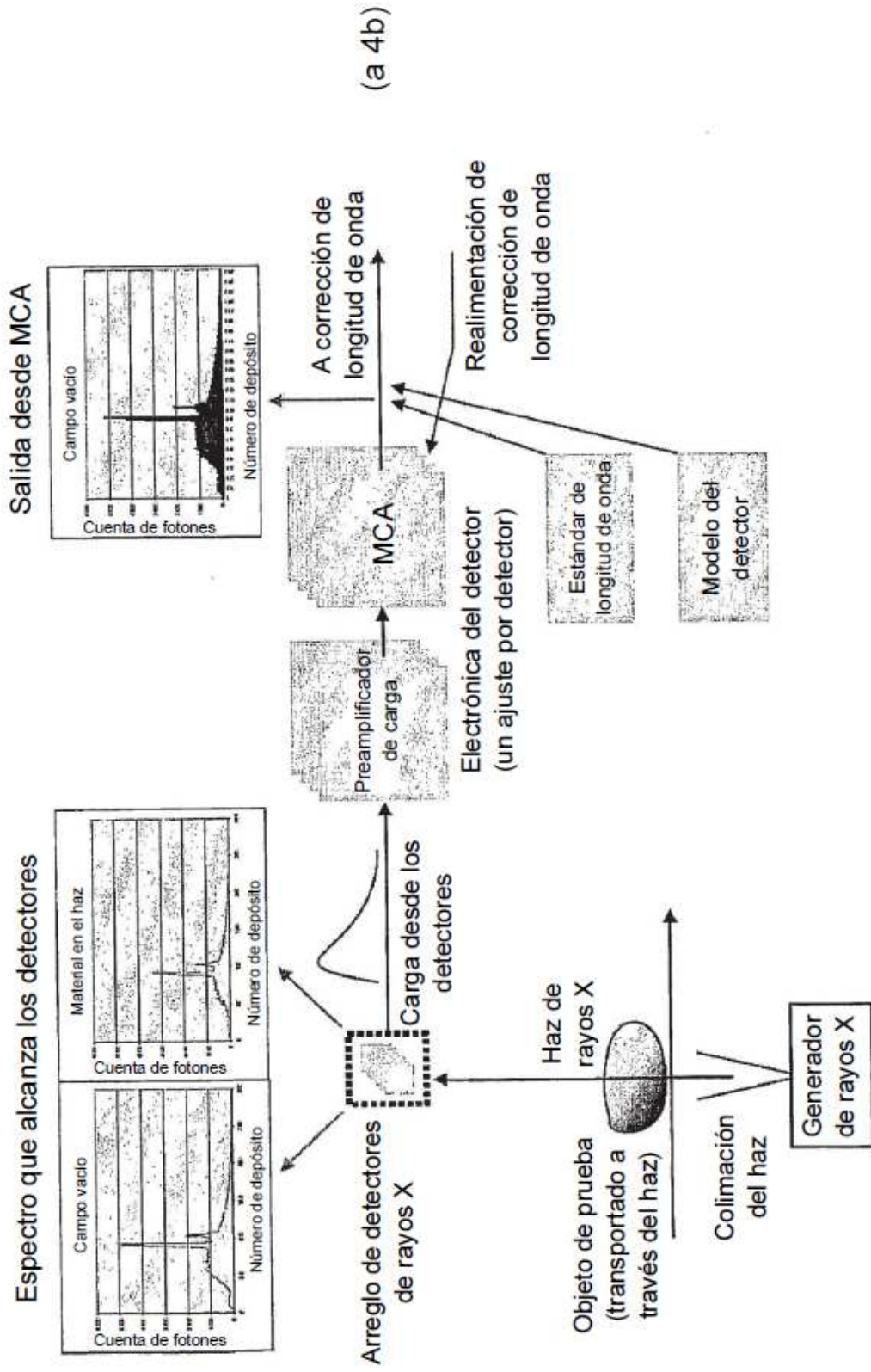


FIGURA 4b

