(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 398 508**

(51) Int. Cl.:

***G01N 23/04*** (2006.01)
***G01V 5/00*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2009** **E 09785652 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012** **EP 2329253**

(54) Título: **Interpretación de datos radiográficos**

(30) Prioridad:

**24.09.2008 GB 0817487**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**19.03.2013**

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**ROBINSON, MAX**

(74) Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 398 508 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

Interpretación de datos radiográficos

El invento se refiere a un método y a un aparato para la recogida e interpretación de datos radiográficos, y especialmente de datos de interacción con rayos X, usando una información espacial y sobre energía resuelta. Por lo tanto, el invento se refiere a un método y a un aparato para la inspección y la caracterización de objetos en un espacio tridimensional, por ejemplo cuando es deseable obtener información acerca de un contenido interno y/o de una composición. El invento puede referirse además a un método y a un aparato que funcionan por, o en conjunción con, la generación de una imagen del material, pero no está limitado a dicha generación de imágenes.

El principio de explorar objetos con una radiación de alta energía, tal como la de los rayos X o los rayos gamma, se emplea ampliamente en unas circunstancias en las que puede ser deseable obtener información acerca del contenido interno y/o de la composición de un objeto, incluyendo por ejemplo explorar con finalidades de identificación, con finalidades de control de existencias, para vigilar cambios y especialmente la degradación en el transcurso del tiempo, en una situación de seguridad o similar para la detección de materiales peligrosos o prohibidos, por ejemplo para explorar personas o equipajes para su entrada en, o su salida de, una zona restringida, para finalidades de control de calidad o para finalidades de determinación de la integridad de la estructura, o similares.

La mayor parte de los objetos que son sometidos a la acción de rayos X consisten en una diversidad de materiales, tejidos compuestos, etc. Ellos, usualmente, son también de naturaleza tridimensional pero, a pesar de esto, las radiografías ordinarias son simplemente imágenes de sombras radiográficas planas que contienen solamente una información monocroma sobre la intensidad. Las fuentes de rayos X son casi siempre emisoras de radiación de amplio espectro. Sin embargo, la mayor parte de los tipos de detectores son incapaces de resolver esta información sobre energía. Las radiografías producidas de esta manera tienen por lo tanto toda la información espacial y toda la información de energía colapsada dentro de un único plano en 2-D (bidimensional). Esto significa que si alguien está interesado en ver solamente una información en el interior de un objeto a una profundidad particular y que se compone de un cierto tipo de material, ésta siempre será ajustada frente a un telón de fondo en desorden en la imagen, causado por objetos en la misma región de x,y, y que se compone de otros tipos de materiales.

El reciente desarrollo de unos detectores que pueden resolver una información espectroscópica acerca de los rayos X transmitidos de una manera más eficaz, ha conducido al desarrollo de un aparato que discrimina a lo largo de una pluralidad de bandas de energía para generar una pluralidad de imágenes diferenciadas según la energía. Por ejemplo, el documento de patente de los EE.UU. US5943388 describe un sistema que hace uso de unos detectores de telururo de cadmio para generar una imagen a lo largo de por lo menos tres bandas de energía y generar por lo menos tres imágenes. Las radiografías producidas de esta manera tienen alguna diferenciación de la información sobre energía pero toda la información espacial permanece colapsada en único plano en 2-D.

Se han propuesto un método y un aparato en la solicitud de patente nº PCT/GB 2008/001103 para la producción de imágenes de rayos X con paralaje de movimiento monocular. La arquitectura del sistema debe ser tal que la serie de imágenes producidas de esta manera contenga solamente información sobre disparidades en la dirección horizontal (es decir en la dirección de la separación de los ojos humanos). El hecho de presentar esta secuencia de imágenes a un observador humano proporcionará el mismo efecto que hacer girar al objeto. Esta serie de imágenes en perspectiva tiene contenidos dentro de éstas unos datos de coordenadas tridimensionales. De un modo muy similar a como la fotogrametría puede ser aplicada a pares de imágenes estereoscópicas por medición de la disparidad entre unas vistas en perspectiva, esto puede ser aplicado también a la serie de imágenes con paralaje de movimiento monocular. Una gran ventaja de hacerlo de esta manera reside en que cuántas más imágenes haya y mayores sean las disparidades implicadas, entonces tanto mayor será la exactitud con que se puede calcular la profundidad o coordenada z. Una limitación del hecho de usar pares estéreos consiste en que hay un límite controlado muy estrechamente sobre la disparidad que se puede usar, el cual limita de una manera efectiva la resolución de la profundidad que se puede obtener.

No obstante, sigue siendo deseable desarrollar un método y un aparato para la recogida e interpretación de datos radiográficos que haga un uso efectivo tanto de la información espacial como de la información sobre energía recogida por medios radiográficos mediante unos detectores de energía selectivos de una manera coordinada y resuelta. Dicho sistema ha sido presentado por J.P.O. Evans y colaboradores en la Conferencia Europea sobre Seguridad y Detección de 1997 (Publicación de la Conferencia de IEE nº 437).

De acuerdo con el invento, en un primer aspecto, se proporciona un método para la recogida e interpretación de datos radiográficos a partir de un objeto, que comprende las etapas de:

proporcionar una fuente de radiación y un sistema detector de radiación distanciado de aquella, para definir entre éste y ésta una zona de exploración, de una manera tal que se definen por lo menos unas posiciones de exploración primera y segunda, distanciadas lateralmente, siendo el sistema detector capaz de detectar y recoger una información resoluble espectroscópicamente acerca de la radiación incidente sobre él;

dar lugar a que un objeto se mueva con relación a, y a través de, la zona de exploración a lo largo de las posiciones de exploración distanciadas lateralmente; y de esta manera generar por lo menos un primer conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la primera posición de exploración;

generar por lo menos un segundo conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la segunda posición de exploración;

resolver cada uno de los conjuntos de datos sobre perspectivas para dar por lo menos tres bandas de energía espectroscópica;

para cada una de dichas bandas de energía espectroscópica resueltas:

realizar un análisis numérico de imágenes de datos procedentes de cada conjunto de datos sobre perspectivas con el fin de identificar unos correspondientes puntos en diferentes conjuntos de datos sobre perspectivas;

obteniéndose de esta manera unos datos numéricos concernientes a la disparidad entre cada conjunto de datos sobre perspectivas;

obteniéndose de esta manera una información sobre la coordenada z usando una triangulación y usando la información sobre la coordenada z para dividir cada conjunto de datos sobre perspectivas en cada banda de energía para dar una pluralidad de rodajas de profundidad;

y producir de esta manera una serie de conjuntos de datos de salida, cada uno de los cuales corresponde a un conjunto de datos en 2-D de información sobre la intensidad, resuelto para una banda de energía y una rodaja de profundidad individuales.

Por analogía, de acuerdo con otro aspecto del invento, se proporciona un aparato para la recogida y el tratamiento de datos radiográficos a partir de un objeto, que comprende:

una fuente de radiación y un sistema detector de radiación distanciado de ella con el fin de definir entre éste y ésta una zona de exploración configurada de una manera tal que se definen por lo menos unas posiciones de exploración primera y segunda, distanciadas lateralmente, siendo el sistema detector capaz de detectar y recoger una información resoluble espectroscópicamente acerca de una radiación incidente sobre él;

un módulo de recogida de datos con el fin de recoger durante el uso por lo menos un primer conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la primera posición de exploración y por lo menos un segundo conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la segunda posición de exploración;

un módulo de resolución de energía para tratar y resolver cada conjunto de datos sobre perspectivas para dar por lo menos tres bandas de energía espectroscópica dentro del espectro de la fuente;

unos medios de resolución espacial, que incluyen: un módulo analizador de imágenes para analizar numéricamente, para cada una de dichas bandas de energía espectroscópica resueltas, unos datos procedentes de cada conjunto de datos sobre perspectivas con el fin de identificar unos correspondientes puntos en ésta, un módulo de disparidad para obtener a partir de él unos datos numéricos que conciernen a la disparidad entre cada conjunto de datos sobre perspectivas, y un método de dividir en rodajas de profundidad para resolver una información sobre la coordenada z a partir de él usando una triangulación para dividir a cada conjunto de datos sobre perspectivas con cada banda de energía para dar una pluralidad de rodajas de profundidad;

un registro de datos de salida para almacenar los datos de salida generados por el módulo de resolución espacial como una serie de conjuntos de datos de salida, cada uno de los cuales comprende un conjunto de datos en 2-D de información sobre la intensidad, resuelto para una banda de energía y una rodaja de profundidad individuales.

La fuente de radiación comprende una fuente para suministrar una radiación de alta energía tal como una radiación ionizante, por ejemplo una radiación electromagnética de alta energía, tal como la de los rayos X y/o los rayos gamma, o una radiación de partículas subatómicas, y el sistema de detección está adaptado de manera correspondiente para detectar una radiación en este espectro. De acuerdo con el invento los datos sobre la intensidad procedentes de una interacción entre una radiación tal como la de los rayos X, los rayos gamma o similares y un objeto situado en la zona de exploración, que implica por ejemplo una transmisión, una dispersión, una retrodispersión, una absorción, etc, se recogen por lo tanto de una manera generalmente convencional. Para la mayor parte de las aplicaciones, se preferirá que se obtengan unos datos sobre la intensidad por lo menos sobre la intensidad de la radiación transmitida, tal como sería el caso, por ejemplo, para generar una radiografía de transmisión.

Para cada “suceso de exploración” (esto es, para realizar una medición de la intensidad a través de una trayectoria de radiación dada que incide sobre, y por ejemplo pasa a través de, un objeto dado en una posición dada de exploración) se recoge un “conjunto de datos sobre la intensidad” que representa a la intensidad recogida que incide

en el detector a lo largo de por lo menos una parte de un espectro de energía de la fuente. Típicamente, unos datos sobre la intensidad se recogen a lo largo de una zona (es decir con unas coordenadas x,y) aunque esto en principio podría efectuarse mediante una exploración de zonas, una exploración de líneas o incluso un único sistema detector de píxeles con una apropiada metodología de exploración.

Si dicho conjunto de datos fuese presentado simplemente como una imagen, tal como en una radiografía básica, cualquier información espacial e información sobre energía inherente en los datos recogidos es colapsada para dar un único plano en 2-D. Esto significa que una información en el interior de un objeto, a una profundidad particular y/o que se compone de un cierto tipo de material, siempre será ajustada frente a un telón de fondo en desorden en la imagen, causado por unos objetos en la misma región de x,y, y que se compone de otros tipos de materiales.

Sin embargo, de acuerdo con el invento, tanto la información selectiva espectralmente como la información sobre la coordenada z son extraídas para producir un conjunto de datos de salida con una mejorada diferenciación tanto de la información espacial como de la información sobre energía.

En primer lugar, se usa un sistema de detección que es capaz de detectar unos datos sobre la intensidad para un "suceso de exploración" dado en por lo menos tres bandas de energía separadas a lo largo del espectro de la fuente. El sistema detector es capaz de detectar y resolver datos sobre la intensidad para un "suceso de exploración" dado, en el sentido de que está adaptado para diferenciar una radiación incidente de manera simultánea en por lo menos tres bandas de energía separadas a lo largo del espectro de la fuente. Por ejemplo, el sistema detector exhibe una respuesta variable espectroscópicamente a lo largo de por lo menos una parte del espectro de la fuente, permitiendo dicha diferenciación simultánea de una radiación incidente en por lo menos tres bandas de energía. Un conjunto de datos sobre perspectivas constituye de esta manera un conjunto de datos de información sobre la intensidad que está relacionada con la frecuencia o la energía, que es resoluble en por lo menos tres de dichas bandas para producir por lo menos tres conjuntos de datos sobre la intensidad, que se relacionan con una posición de exploración dada para un objeto o material sometido a ensayo.

El método, en una primera etapa, comprende resolver este conjunto de datos sobre perspectivas para dar por lo menos tres bandas de energía espectroscópica de tal manera que, para cada una de las por lo menos dos vistas en perspectiva (es decir, en cada posición de exploración), los datos sobre la intensidad son tratados para dar por lo menos tres depósitos de energía. Un número más preferido puede ser 8 ó 16.

El aparato comprende un módulo de resolución de energía con el fin de efectuar esta etapa, que comprende por ejemplo un módulo de tratamiento de datos para distinguir unos datos sobre la intensidad resueltos espectroscópicamente, y un módulo de almacenamiento de datos con el fin de almacenar estos datos sobre la intensidad en una apropiada pluralidad de depósitos de energía.

En segundo lugar, se hace uso del hecho de que se recogen datos de información sobre la intensidad a lo largo de dos dimensiones (coordenadas x,y) desde la salida del detector a partir de por lo menos dos perspectivas, que representan las posiciones de exploración primera y segunda. Por lo tanto, para cada banda de energía resuelta hay por lo menos un par de conjuntos de datos de información sobre la intensidad a lo largo de dos dimensiones. Un análisis numérico de la disparidad posicional entre características de éstos, y especialmente un análisis numérico del paralaje monocular entre pares de conjuntos de datos, se puede usar para resolver una información sobre la coordenada z usando una triangulación de una manera que resultará generalmente familiar.

La medición de la disparidad en los datos recogidos a partir de diferentes perspectivas implica identificar unos correspondientes puntos en cada vista en perspectiva. Esto, de hecho, puede resultar bastante difícil en imágenes complejas. Sin embargo, usando la geometría de representación en imágenes esencial para la generación de imágenes estereoscópicas o para la representación en imágenes del paralaje de movimiento monocular, establece una restricción muy importante acerca de donde se ha de investigar para los correspondientes puntos. Esto es conocido como la restricción a la línea epipolar. El concepto está consagrado. En términos simples la línea epipolar transcurre a través de cada imagen de la secuencia de imágenes en el mismo nivel horizontal.

Preferiblemente, la etapa de identificar numéricamente una disparidad en los datos recogidos a partir de diferentes perspectivas hace uso de la restricción a la línea epipolar. Es conocido en un análisis de imágenes usar unos apropiados algoritmos que buscan unas correspondientes características tales como unos bordes a lo largo de esta línea epipolar. Una vez que estas se han encontrado, entonces una información sobre la coordenada z puede ser calculada usando una triangulación. Cualquier conjunto de datos puede ser dividido de esta manera en una apropiada pluralidad de "rodajas de profundidad" teóricas, en las que un dato es resuelto para dar una información sobre la intensidad por separado para cada rodaja de profundidad teórica.

El invento está caracterizado particularmente por el hecho de que esta etapa de resolución de la profundidad se lleva a cabo para cada banda de energía usando unos datos procedentes de múltiples vistas en perspectiva separadas en bandas de energía equivalentes. Por lo tanto, el resultante conjunto de datos de salida incluye unos mapas separados de información sobre la intensidad en 2-D para cada banda de energía en cada rodaja de profundidad teórica. Esto puede ser combinado para producir un conjunto de datos de salida que tiene información sobre la intensidad en 3-D para cada banda de energía.

Por ejemplo, si unas imágenes han de ser representadas visualmente, puesto que los datos volumétricos están resueltos ahora en la serie de planos de profundidad, será posible suprimir algunas capas en la imagen para ver las regiones de profundidad que interesan. Adicional o alternativamente, se pueden suprimir también las bandas de energía que contienen una información que no tiene interés. Por lo tanto, una región en un objeto que interesa particularmente puede ser vista sin tener asociado con él ningún desorden que sea causado por una información situada encima o debajo. Se pueden ver imágenes de planos de profundidad con cualquier energía o combinación de energías y/o de planos de energía en cualquier profundidad o combinación de profundidades. Sigue siendo todavía posible ver también imágenes a partir de mapas de datos en diferentes perspectivas de una manera simultánea o secuencial, por ejemplo para presentar visualmente una información sobre el paralaje monocular a un observador. Más cantidad de la información inherente en el conjunto original de datos no resueltos es puesta a disposición de una manera más accesible.

Al igual que ver por separado las regiones de profundidad que interesan, sería también posible construir un modelo representado volumétricamente usando las rodajas de planos de profundidad de una manera muy similar a la conocida para una tomografía computada (TC)

Por lo tanto, en una forma preferida de realización, el método comprende además la generación de un conjunto de datos sobre imágenes a partir de por lo menos algunos, y preferiblemente de todos, los conjuntos de datos de salida que tienen una resolución espacial en x,y, sobre energía y sobre rodajas de profundidad. Por lo tanto, se pueden generar múltiples imágenes de un objeto que se mueve a través de la zona de exploración. El método del invento proporciona convenientemente además la etapa adicional de presentar visualmente unas imágenes a partir de dichos conjuntos de datos sobre imágenes y por ejemplo presentar visualmente dichas imágenes como imágenes separadas de una manera simultánea o secuencial y/o como imágenes compuestas en un apropiado medio de presentación visual tal como una pantalla de presentación visual.

Por analogía, en una forma preferida de realización el aparato incluye un módulo de generación de imágenes con el fin de generar un conjunto de datos sobre imágenes a partir de por lo menos algunos, y preferiblemente de todos, los conjuntos de datos de salida que tienen una resolución espacial en x,y, de energía y de rodajas de profundidad y opcionalmente además un registro de datos para el almacenamiento de dichos conjuntos de datos sobre imágenes y/o unos medios de presentación visual de imágenes en los cuales se pueden presentar visualmente imágenes a partir de dichos conjuntos de datos sobre imágenes.

Los medios de presentación visual son convenientemente una simple pantalla de presentación visual en dos dimensiones, por ejemplo una convencional pantalla de presentación visual de vídeo (cuyo término se pretende que abarque cualquier sistema de presentación visual directa o de proyección que aproveche uno cualquiera entre un tubo de rayos catódicos, un presentador visual de plasma, un presentador visual de cristal líquido, un presentador visual de cristal líquido sobre silicona, un presentador visual de diodos emisores de luz, o una tecnología similar). Una ventaja particular consiste en que el método puede ser tomado en consideración para su uso con, y el aparato para el invento se puede incorporar en, unas pantallas de presentación visual clásicas de sistemas existentes comparables, por ejemplo en los campos de representación en imágenes de seguridad o médicos.

Para ofrecer una explicación deberá entenderse que, cuando se usa aquí, una referencia a la generación de un conjunto de datos sobre imágenes es una referencia a la creación de un conjunto de datos de información, por ejemplo en la forma de un apropiado archivo de datos almacenados y manipulables, a partir del cual se podría producir una presentación visual de los datos sobre una energía, una intensidad o espaciales resueltos para el objeto sometido a investigación, que represente por ejemplo la intensidad y/o la energía por variaciones de la intensidad de imagen, del color, del matiz, etc., en la imagen, y que represente la resolución espacial como una resolución espacial en la imagen. Las referencias al hecho de presentar visualmente esta imagen son referencias a presentar una imagen generada a partir de dicho conjunto de datos en una forma visualmente accesible, por ejemplo en unos apropiados medios de presentación visual.

De acuerdo con el invento, el uso de múltiples posiciones de exposición distanciadas lateralmente crea un paralaje de movimiento monocular entre pares o series de imágenes que por lo demás son equivalentes.

En una posible forma de realización, el método comprende presentar visualmente tales pares o series de imágenes de una manera sucesiva y por lo tanto presentar visualmente el paralaje de movimiento monocular entre las imágenes. Similarmente, en una posible forma de realización, el aparato comprende un presentador visual de imágenes adaptado para presentar visualmente de una manera sucesiva dichas imágenes y por lo tanto presentar visualmente el paralaje de movimiento monocular entre las imágenes.

El método y el aparato del invento producen por lo tanto un conjunto de datos de salida con una flexibilidad aumentada en lo que se refiere a cualquiera de dichas representaciones en imágenes.

Además la ventaja no consiste meramente en la capacidad para resolver la información de estas dos maneras en el conjunto de datos de salida. Existe una sinergia en la etapa de tratamiento de datos, que confiere una ventaja adicional con respecto a cualquiera de las técnicas de resolución consideradas de una manera aislada.

Aunque el hecho de usar la restricción a la línea epipolar es una herramienta muy útil, todavía puede ser muy difícil identificar unos correspondientes puntos sobre la línea en unas imágenes complejas.

Sin embargo, de acuerdo con el presente invento, la serie de vistas en perspectiva es primeramente resuelta para dar una serie de perspectivas selectivas para una energía. La coincidencia de correspondientes puntos en la línea epipolar se simplifica por lo tanto grandemente. Si toda la imagen es analizada de esta manera, se puede producir un modelo en 3-D compuesto que tiene una serie de planos o rodajas de profundidad, que resuelve más completamente la potencial información espacial y sobre energía contenida en cada exploración inicial.

Si hay más de dos vistas en perspectiva, aumentan los datos disponibles para la aplicación de este método. Preferiblemente, por lo tanto, el método del invento implica generar por lo menos un adicional conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad y las coordenadas x,y, y el aparato está adaptado apropiadamente para hacerlo así.

Por ejemplo si hubiese 3 vistas en perspectiva que pudieran ser resueltas para dar 8 bandas de energía cada una, entonces habría un total de 24 imágenes manifiestamente diferentes. Trabajando con cada conjunto de 3 vistas en perspectiva con una energía particular es posible producir una separación volumétrica del objeto que ha sido sometido a los rayos X. Habría, en efecto, 8 modelos volumétricos correspondientes a las 8 bandas de energía que se usaron. Todos los 8 modelos volumétricos se podrían entonces combinar sobre una base de plano de profundidad por plano de profundidad, produciendo de esta manera un modelo completo que ha sido recombinado a partir de la información sobre energía y los detalles espaciales segmentados a partir de ella.

Hay dos maneras según las cuales se pueden generar adicionales conjuntos de datos sobre perspectivas. En primer lugar, el sistema detector de radiación puede ser configurado de una manera tal que defina una(s) adicional(es) posición (posiciones) de exploración distanciada(s) lateralmente. Éste puede ser configurado para definir unas adicionales posiciones de exploración distanciadas lateralmente, o bien en la forma de unidades detectoras discretas o en la forma de unas zonas, que se pueden tratar por separado, de una unidad detectora compuesta. La salida del detector en cada posición de exploración distanciada se puede usar entonces individualmente para generar un conjunto de datos sobre perspectivas que es representativo de los datos recogidos en el detector para cada posición de exploración distanciada.

En una posible forma de realización se puede proporcionar una serie de detectores lineales distanciados lateralmente, por ejemplo por lo menos tres detectores, y más preferiblemente por lo menos cinco detectores.

Cuando se proporciona una serie múltiple de detectores lineales distanciados lateralmente, el espacio entre ellos es de manera preferible generalmente constante, por ejemplo por el hecho de que cada par de detectores lineales adyacentes en la serie está distanciado lateralmente de manera sustancial por igual y/o con un distanciamiento angular sustancialmente igual con relación a la fuente.

Los detectores lineales que constituyen la serie distanciada lateralmente son preferiblemente por lo general paralelos. Ellos pueden estar dispuestos en un plano común o a lo largo de arco común. Cada detector lineal puede tener cualquier configuración apropiada, por ejemplo una configuración simple o plegada convencional.

Preferiblemente, los detectores lineales que constituyen la serie distanciada lateralmente están dispuestos de una manera tal que la distancia entre ellos cambia con el fin de mantener una separación angular constante entre cada agrupación. Esto tiene una importancia crítica para unos detectores en forma de L que son encontrados corrientemente en muchas industrias de exploración. Esta innovación tiene también una importancia crítica cuando la fuente no está colocada en el punto central de cada agrupación. Preferiblemente, el aparato comprende unos medios de alineación para permitir una alineación exacta de cada detector lineal como más arriba se ha descrito.

Preferiblemente, el aparato comprende unos medios para suministrar múltiples rayos, preferiblemente a partir de una única fuente. Por ejemplo un rayo es dirigido hacia cada posición de exploración, preferiblemente, los medios para suministrar múltiples rayos permiten que un usuario seleccione un número deseado de rayos para que se corresponda con el número de las posiciones de exploración.

De una manera adicional o alternativa, se pueden generar unos adicionales conjuntos de datos sobre perspectivas por interpolación de pares de conjuntos de datos recogidos a partir de unas posiciones de exploración adyacentes. Por lo tanto, de acuerdo con una posible forma de realización del invento, el método comprende adicionalmente generar por lo menos un conjunto de datos intermedio entre conjuntos de datos medidos a partir de por lo menos un par adyacente de posiciones de exploración, y, cuando sea aplicable, generar preferiblemente por lo menos una imagen intermedia a partir de una pluralidad de pares adyacentes y, por ejemplo, para cada par adyacente de posiciones de exploración por tratamiento de la salida del o los detector(es) en el par o en cada uno de dichos pares de posiciones y generar un conjunto de datos sobre perspectivas virtuales, que es representativo de una salida intermedia entre las dos mencionadas salidas detectadas.

El aparato del invento incluye preferiblemente un generador de conjuntos de datos sobre perspectivas virtuales, que comprende unos medios que tienen esta funcionalidad.

Cuando un único conjunto intermedio de datos sobre perspectivas es generado entre un par adyacente de conjuntos de datos detectados, el conjunto intermedio de datos sobre perspectivas se extrapola preferiblemente a un punto central entre puntos equivalentes en los dos conjuntos de datos detectados. Cuando una pluralidad de conjuntos intermedio de datos se proporciona entre un par de conjuntos de datos detectados, éstos están basados preferiblemente en una extrapolación similar uniformemente distanciada.

De acuerdo con lo que antecede, se usa uno cualquiera o ambos de los enfoques para generar una serie de conjuntos de datos de un objeto en una zona de exploración en lo que equivale, en efecto, a diferentes posiciones. En el primer enfoque, se define una agrupación lateral de posiciones de exploración distanciadas y, por ejemplo, se proporciona una pluralidad de detectores distanciados, para producir una correspondiente pluralidad de conjuntos de datos directos detectados. En el segundo enfoque, se usan los datos procedentes de unas posiciones de exploración adyacentes para generar un conjunto de datos indirectos, situado entremedias de los conjuntos de datos directos.

El sistema detector está adaptado para generar una información espectroscópica acerca de la radiación transmitida al menos en la extensión de resolver por lo menos tres y preferiblemente cinco bandas de energía. Puede ser conveniente resolver la salida para dar 8 o 16 de dichas bandas de energía.

Siempre y cuando sean resueltas múltiples bandas de energía específicas, la anchura de banda no es directamente pertinente para el invento y se pueden obtener unos útiles resultados mediante cualquier enfoque apropiado para dividir el espectro, o bien en la totalidad o en una parte, en bandas separadas. Por ejemplo, todo el espectro o una parte sustancial del mismo se puede simplemente dividir entre dicha pluralidad de anchuras de bandas, y cada elemento de datos puede ser considerado como una medida representativa de la intensidad a lo largo de toda la banda, y por ejemplo una intensidad promedia. Alternativamente, una pluralidad de bandas relativamente anchas pero con intersticios discretos entre ellas, pueden ser consideradas y analizadas sobre la misma base. Alternativamente, las “bandas” pueden ser estrechas incluso hasta el punto de que se aproximen esencialmente a una evaluación de intensidad con una única energía. Tal como se usa en el presente contexto, el concepto de intensidad con una “banda” de energía incluye la evaluación de una intensidad con una energía discreta individual así como una evaluación de la intensidad con una energía a lo largo de una anchura de banda estrecha o ancha. Sin embargo, las mismas bandas de energía se usan generalmente para cada conjunto de datos sobre perspectivas.

Un sistema detector de acuerdo con el invento puede comprender un único detector o una pluralidad de elementos detectores discretos que constituyen un sistema de múltiples elementos. Un detector de áreas puede estar constituido a base de una agrupación en 2-D de elementos detectores discretos y/o a base de una agrupación en 2-D de píxeles que se pueden tratar por separado en un elemento compuesto. Un detector lineal puede comprender una agrupación lineal de elementos detectores discretos y/o una agrupación de píxeles que se pueden tratar por separado en un elemento compuesto lineal. Un detector puede adicionalmente ser capaz de resolver una radiación incidente espacialmente mediante cualquier combinación de resolución inherente tal como anteriormente y una exploración de retícula o trama.

Es necesario que el sistema detector esté posibilitado para detectar una radiación de una manera que sea resoluble espectroscópicamente por el aparato de tratamiento de datos. Preferiblemente, el sistema detector exhibe una respuesta variable espectroscópicamente a lo largo de por lo menos una parte sustancial del espectro de la fuente de radiación, permitiendo que se recupere una información espectroscópica detallada. Preferiblemente, un sistema detector o algunos o la totalidad de los elementos detectores discretos que constituyen un sistema de múltiples elementos, puede(n) estar adaptado(s) para producir una resolución espectroscópica por el hecho de que exhibe(n) una respuesta espectroscópica directa. En particular, un sistema o elemento es fabricado a base de un material seleccionado para exhibir inherentemente como una propiedad directa del material una respuesta eléctrica variable directa y, por ejemplo, una respuesta fotoeléctrica a diferentes partes del espectro de la fuente.

Por ejemplo, el sistema o elemento detector comprende un material o unos materiales semiconductor(es) formado(s) preferiblemente como un cristal voluminoso, y por ejemplo como un único cristal voluminoso (en donde un cristal voluminoso en este contexto indica un espesor de por lo menos 500 µm, y preferiblemente de por lo menos 1 mm). Los materiales que constituyen el semiconductor se seleccionan preferiblemente entre telururo de cadmio, telururo de cadmio y zinc (CZT), telururo de cadmio y manganeso (CMT), germanio, bromuro de lantano y bromuro de torio. Unos semiconductores de elementos de los Grupos II-VI, y especialmente los que se han enumerado, son particularmente preferidos a este respecto. Los materiales que constituyen el semiconductor se seleccionan preferiblemente entre telururo de cadmio, telururo de cadmio y zinc (CZT), telururo de cadmio y manganeso (CMT) y aleaciones de los mismos, y por ejemplo comprenden un $Cd_{1-(a+b)}Mn_aZn_b$ cristalino en donde **a** y/o **b** pueden ser cero.

Se puede considerar una combinación de estos y cualesquiera otros de dichos materiales, que proporcione una detección espectroscópica en vez de detectar meramente una amplitud de radiación después de una interacción con una muestra.

La fuente puede ser una única fuente de amplio espectro, a lo largo de la cual se puede identificar una pluralidad de anchuras de banda o de energías individuales. Por ejemplo, la fuente puede ser una fuente de rayos X. De manera

alternativa o adicional, se pueden proporcionar unas fuentes que tengan unas estrechas anchuras de bandas o que generen una radiación incidente con una o más energías discretas para proporcionar algunas de las energías para una comparación de acuerdo con el método del invento. En este caso, la fuente de radiación es una fuente múltiple que comprende una combinación de fuentes con diferentes energías para proporcionar la necesaria diseminación en el espectro total para permitir una resolución por el detector a través de una pluralidad de energías o bandas de energía.

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

La fuente es preferiblemente capaz de generar un espectro de radiación suficientemente amplio para hacer posible la resolución espectral necesaria para la realización del invento. Preferiblemente, la fuente genera una radiación a lo largo de por lo menos una o más partes del intervalo de 20 keV a 1 MeV, y más preferiblemente a lo largo de por lo menos una parte, y por ejemplo una parte principal, del intervalo de 20 keV a 160 keV. Por ejemplo, la fuente genera una radiación que fluctúa a lo largo de por lo menos una anchura de banda de por lo menos 20 keV dentro del intervalo dado. Por ejemplo, el espectro es tal que por lo menos tres bandas de 10 keV pueden ser resueltas dentro de ese intervalo.

El invento se refiere a particular a un método y a un aparato que funcionan por el principio de exploración de líneas, en el que unos objetos tridimensionales son hechos moverse a través de una zona de exploración y se recoge la información de generación de imágenes.

El aparato de generación de imágenes que emplea el principio de exploración de líneas es bien conocido. Típicamente, dicho aparato se compondrá de una fuente apropiada, cuyo rayo puede ser colimado para dar una cortina, usualmente citado como un “rayo en cortina”, y luego es detectado por un detector lineal que por ejemplo comprende una agrupación de fotodiodos lineales. Se obtiene una información sobre imágenes haciendo que el objeto que interesa se mueva linealmente por ejemplo en ángulo recto con respecto al rayo y almacenando exploraciones sucesivas de informaciones sobre transmisión derivadas de la agrupación lineal, a partir de las cuales se puede compilar un cuadro completo de imágenes.

Correspondiente, en esta forma de realización, el método comprende:

proporcionar una fuente y un sistema detector distanciado de ella para definir una zona de exploración entre ellos, comprendiendo el sistema detector una pluralidad de detectores lineales distanciados que son capaces de generar una información resoluble espectroscópicamente acerca de una radiación incidente;

dar lugar a que un objeto se mueva con relación a y a través de la zona de exploración para generar una correspondiente pluralidad de conjuntos de datos sobre perspectivas en 2-D en que los datos sobre la intensidad son resueltos a lo largo de las coordenadas x,y;

resolver los datos transmitidos resultantes de la manera que más arriba se ha descrito.

Correspondientemente, en esta forma de realización, el aparato comprende:

una fuente y un sistema detector distanciado de ella para definir una zona de exploración entre ellos, comprendiendo el sistema detector una pluralidad de detectores lineales distanciados que son capaces de generar una información resoluble espectroscópicamente acerca de una radiación incidente, y unos medios para generar y almacenar a partir de cada exploración lineal un conjunto de datos sobre perspectivas en 2-D en el que los datos sobre la intensidad son resueltos a lo largo de unas coordenadas x,y, permitiendo una resolución de los datos transmitidos resultantes de la manera que más arriba se ha descrito.

De acuerdo con esta forma de realización, la fuente de radiación es preferiblemente colimada para producir un rayo en cortina.

La fuente puede comprender una única fuente primaria adaptada para generar un rayo tal como un rayo en cortina alineado para ser incidente sobre cada detector lineal en la agrupación en serie espaciada con una separación angular apropiada, por ejemplo mediante un apropiado aparato disociador de rayos. Se puede generar un único rayo. Alternativamente, se pueden generar múltiples rayos a partir de un única fuente. Alternativamente, se pueden proporcionar múltiples fuentes, cada una de ellas genere un rayo, tal como un rayo en cortina incidente sobre un detector lineal en la agrupación en serie. La fuente puede comprender una fuente que combine uno cualquiera o la totalidad de los principios precedentes.

Preferiblemente, el sistema detector comprende una pluralidad de detectores lineales distanciados lineal o angularmente en una conformación generalmente paralela en una agrupación en serie. Cada detector lineal puede comprender una agrupación lineal de elementos detectores.

Se entenderá generalmente que una etapa numérica en el método del invento puede ser implementada por un conjunto apropiado de instrucciones o códigos legibles por máquina. Estas instrucciones legibles por máquina pueden ser cargadas en un ordenador para finalidades generales, en un ordenador para finalidades especiales, o en otro aparato de tratamiento de datos programable para producir unos medios para implementar la etapa numérica especificada. Similarmente, un módulo de análisis numérico puede comprender un aparato de tratamiento de datos apropiadamente programado, tal como un ordenador para finalidades generales o para finalidades especiales apropiadamente programado u otro aparato de tratamiento de datos programable.

Dichas instrucciones legibles por máquina pueden también ser almacenadas en un medio legible por ordenador que puede dirigir a un ordenador o a otro aparato de tratamiento de datos programable para funcionar de una manera particular, de manera tal que las instrucciones almacenadas en un medio legible por ordenador produzcan un artículo fabricado que incluya unos medios de instrucciones para implementar algunas o la totalidad de las etapas numéricas en el método del invento. Unas instrucciones de programas de ordenador pueden ser también cargadas en un ordenador o en otro aparato programable para producir una máquina capaz de implementar un proceso ejecutado por ordenador, de manera tal que las instrucciones sean ejecutadas en el ordenador o en otro aparato programable que proporcione etapas para implementar algunas o la totalidad de las etapas numéricas en el método del invento. Se entenderá que una etapa puede ser implementada por, y unos medios del aparato para realizar dicha etapa pueden estar compuestos en, cualesquiera apropiadas combinaciones de hardware (partes físicas tangibles) para finalidades especiales y/o de instrucciones de ordenador.

El invento se describirá ahora, por vía de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos anejos, en los cuales:

- la Figura 1 ilustra un esquema simple de un aparato de acuerdo con el invento, que incluye algunos módulos de tratamiento de datos de la etapa inicial;
- las Figuras 2 y 3 ilustran esquemáticamente otras etapas de tratamiento u otros módulos de tratamiento de datos para completar el tratamiento de los datos recogidos tal como se muestra en la Figura 1 de acuerdo con los principios del invento;
- la Figura 4 ilustra posibles módulos o etapas de tratamiento de datos para hacer posible una identificación adicional de los materiales;
- la Figura 5 es un ejemplo de métodos para ver los datos resueltos en una modalidad de generación de imágenes.

La Figura 1 presenta de una manera esquemática tanto el aparato para, como el proceso de, recogida de datos de transmisión a partir de un objeto y las etapas iniciales del tratamiento de estos datos de acuerdo con una forma de realización del invento, con finalidades ilustrativas. Las características del aparato se presentan esquemáticamente, y se representan en una relación distanciada en la figura de una manera tal que un orden ilustrativo de etapas de procedimiento se presenta en cierto grado en la forma de un diagrama de flujos. La figura está destinada por lo tanto a ilustrar, de una manera conveniente, tanto las posibles características del aparato como las posibles etapas de procedimiento de la forma de realización del invento.

En una primera etapa del invento, se recogen datos de transmisión de rayos X a partir de una fuente de rayos X de espectro relativamente amplio. Se da lugar a que un objeto se mueva a través de una zona de exploración, por ejemplo sobre unos apropiados medios de transporte continuo. Tres trayectorias de rayos procedentes de la fuente de rayos X (rayo 1, rayo 2, rayo 3) inciden sobre tres detectores distanciados lateralmente para obtener una información de transmisión a partir del objeto cuando éste pasa a través de cada uno de los rayos, y para obtener de esta manera una información de transmisión a partir de tres posiciones de exploración con el fin de proporcionar tres conjuntos de datos de vistas en perspectiva (aquí la vista 1, la vista 2, la vista 3).

En la forma de realización ilustrada, cada detector es una agrupación lineal de elementos detectores, y se puede usar cualquier apropiado sistema electrónico de control en asociación con cada detector para construir una imagen bidimensional en el plano x,y empleando el principio de exploración de líneas que está bien consagrado en la radiografía por rayos X. Cuando un objeto pasa a través de la zona de exploración se recogen los datos a partir de las tres agrupaciones de detectores y se transmiten a una unidad de recogida y tratamiento de datos, que ensambla y colaciona los datos y produce unos conjuntos de datos en vista en perspectiva individuales que son característicos de los datos recogidos a partir de cada detector con una resolución espacial en un plano x,y. Estos se hacen pasar a un registro para el almacenamiento de datos.

Sin embargo, se podrían considerar otras formas geométricas de los detectores, siendo el requisito primordial la producción de un conjunto de datos para cada una de las vistas, la vista 1, la vista 2 y la vista 3, que incluye una información sobre la intensidad distribuida a una resolución apropiada en ambas direcciones x e y.

En este punto, el sistema electrónico de control ha resuelto una representación monocromática de información sobre la intensidad para la fuente, siendo por ejemplo una intensidad promedia a lo largo de todo el espectro de la fuente, y su salida potencial consiste por lo tanto en tres radiografías de rayos X monocromos individuales, que representan

una imagen en cada una de las tres posiciones de exploración. Se puede obtener una información a partir de dicha salida.

Por ejemplo, habrá un efecto de paralaje monocular entre cada par de dichas imágenes, que se podría aprovechar de acuerdo con los principios expuestos en la solicitud de patente nº PCT/GB2008/001103 para obtener una información que presente por lo menos en cierto grado una percepción de profundidad. De acuerdo con este método, unas imágenes se hacen pasar desde el registro de datos para ser presentadas visualmente sobre él de una manera sucesiva y secuencial en unos apropiados medios de presentación visual. El resultado de esta presentación visual secuencial sucesiva es que un observador que ve los medios de presentación visual es capaz de recoger información a partir de las sucesivas imágenes, y en particular unas señales tridimensionales, por medio de un paralaje de movimiento monocular entre ellas.

Sin embargo, de acuerdo con el invento, cada uno de los detectores es capaz de resolver una información incidente para dar una pluralidad de bandas de energía a lo largo de por lo menos una parte sustancial del espectro de la fuente. En el ejemplo, los detectores usados son capaces de efectuar una resolución espectroscópica de rayos X incidentes, y en el ejemplo específico comprenden telururo de cadmio, aunque una persona experta apreciará que pueden ser apropiadas otras selecciones de materiales. Para aprovechar esta resolución espectral, la fuente de rayos X emite rayos X a través de un amplio espectro de energía. En el ejemplo se usa una fuente de wolframio, aunque una persona experta apreciará que pueden ser apropiados otros materiales.

Por lo tanto, los datos que se describieron anteriormente como usados para producir una información sobre la intensidad monocroma a lo largo del espectro de la fuente pueden ser resueltos para dar una pluralidad de depósitos de energía por uso de un módulo de selección de energía que emplea un apropiado algoritmo selectivo para una energía. En el ejemplo se escogen ocho depósitos de energía, que representan los datos sobre la intensidad en energías o bandas de energía particulares distribuidas a lo largo del espectro de la fuente.

Por lo tanto, los datos en este punto comprenden 24 conjuntos de datos de x, y, que corresponden respectivamente a cada una de las tres vistas en cada uno de los ocho depósitos de energía.

Se establece que unas diferentes composiciones de materiales pueden interactuar con una radiación de rayos X o similar de una manera selectiva para una energía. Es conocido que las propiedades de absorción de cualquier material pueden variar con la energía, y que la cuantía por la que varían las propiedades de absorción depende en particular del número atómico (en parte por lo menos a causa de que predominen diferentes efectos de absorción), de la densidad y del espesor del material.

La transmisión de rayos X a través de un material puede ser dada por la ley de atenuación exponencial, como sigue:

$$\mathbf{I / I_o = \exp [ - (\mu/\rho) \rho t)} \qquad \mathbf{(1)}$$

En donde $\mu/\rho$ = coeficiente de atenuación de masa, con una constante de material que es característica de la composición elemental ponderada de un material

$I$ = intensidad final

$I_0$ = intensidad inicial

$\rho$ = densidad del material

$t$ = espesor del material.

Por lo tanto esta información seleccionada por energía puede dar una dimensión suplementaria por medio de la cual unas imágenes de objetos complejos que comprenden múltiples materiales, se pueden organizar, y unos elementos o componentes separados se pueden identificar con mayor facilidad. Por ejemplo, diferentes depósitos de energía pueden ser representados como diferentes colores en una imagen compuesta, y una salida puede ser provista de una imagen en “color” resuelta por energía que tiene ocho “colores” para cada una de las tres vistas, la vista 1, la vista 2 y la vista 3.

En la alternativa, tal como se ilustra en la parte inferior de la Figura 1, los datos pueden ser presentados como 24 conjuntos de datos sobre la intensidad en x, y, con la energía diferenciada como tercera pseudo-dimensión, y se puede manipular un conjunto de datos para una representación en imágenes basada en esa estructura.

Sin embargo, de acuerdo con el invento, por lo menos otra etapa de tratamiento de datos se lleva a cabo tal como se ilustra en la Figura 2. Ésta es la etapa de división en rodajas de profundidad. Tal como se ha indicado más arriba, habrá una disparidad entre cada vista del objeto debido a unos efectos de paralaje. Esta disparidad, y en particular el paralaje monocular entre pares de imágenes, se puede aprovechar por unos conocidos medios numéricos de análisis de imágenes para identificar unos puntos de correspondencia. De acuerdo con la forma de realización, se hace uso de un módulo de análisis de imágenes que utiliza la restricción a la línea epipolar para realizar el análisis de imágenes de esta manera.

Los datos para cada una de las vistas ya han sido resueltos en ocho depósitos de energía separados. El análisis de imágenes se puede llevar a cabo como anteriormente para cada uno de dichos depósitos por turno. Una ventaja particular del presente invento reside en el hecho de que llevar a cabo el análisis para múltiples depósitos de energía puede facilitar la identificación de los puntos de correspondencia usando la técnica de la línea epipolar.

El módulo de análisis de imágenes usa la información sobre el paralaje para resolver datos de profundidad por triangulación, y usa estos datos de profundidad para dividir el conjunto de datos original en cada vista, y para cada depósito de energía, para dar una pluralidad de rodajas de profundidad teóricas. El número de rodajas de profundidad que se escogen es en cierto grado una cuestión de elección, y del uso del apropiado algoritmo de análisis numérico. Sin embargo, el número y la densidad (es decir la resolución de la profundidad) están limitados fundamentalmente por la disparidad horizontal mínima que se puede medir. En este tipo de sistema, el factor limitador será la separación entre píxeles adyacentes. El otro factor es el ángulo entre las vistas en perspectiva; cuánto mayor sea este ángulo, más próximos estarán los planos de profundidad, aunque puede ser difícil localizar puntos conjugados si el ángulo es demasiado grande. El número real de planos de profundidad dependerá también del espesor del objeto. El hecho de usar más vistas puede mejorar la integridad del modelo acabado por compensación de la densidad del plano de profundidad frente a la precisión de puntos de coincidencia.

Para mantener a los datos administrables para una futura manipulación, es probable que se prefieran tres rodajas de profundidad y, por ejemplo, 5 a 16 de ellas.

En la forma de realización, se usan unos apropiados algoritmos de tratamiento de imágenes para dividir el conjunto de datos para dar cinco rodajas de profundidad teóricas.

Como resultado de esta transformación numérica, los conjuntos de datos ahora producidos tienen una información sobre la profundidad o la coordenada z representada en la tercera dimensión. Además de la información en x, y inherente en los datos originales. Efectivamente, el resultante conjunto de datos comprende, para cada uno de los depósitos de energía (en la forma de realización 8), una información sobre la intensidad transmitida que es bidimensional (coordenadas x, y) resuelta en cada uno de una pluralidad deseada (en este caso 5) de planos de profundidad.

Esto presenta un conjunto de datos más potente y manipulable que previamente ha sido producido usando un análisis por rayos X resuelto por energía.

Por ejemplo, tal como se ilustra en la Figura 3, es posible recombinar los ocho mapas de energía resueltos espacialmente para producir un conjunto de datos resuelto por energía y espacialmente, y a partir de este conjunto de datos presentar una información de imágenes que permite a un usuario ver unos planos de profundidad con cualquier energía o combinación de energías, o ver unos planos de energía en cualquier profundidad o combinación de profundidades. Una cualquiera o ambas de estas técnicas de visión podrían ser particularmente útiles para organizar las imágenes e identificar diferentes materiales y/o diferentes componentes de un objeto sometido a exploración, constituido por un material complejo o combinaciones de componentes.

Además, es conocido que el comportamiento transmisivo de los materiales varía de una manera selectiva para una energía con la composición, de acuerdo con la ley de Beer Lambert (ecuación (1) anterior). Esto se puede usar para tratar numéricamente los datos selectivos para la energía con el fin de dar una identificación más definida de los materiales.

Por ejemplo, en un posible enfoque, el método es refinado mediante la etapas de evaluar una relación numérica y por ejemplo la proporción entre elementos de datos sobre la intensidad para por lo menos dos pares de bandas de energía en un conjunto dado de datos sobre la intensidad y por ejemplo para cada banda sucesiva de tales bandas de energía para obtener por lo menos un indicador numérico en relación funcional con el coeficiente de atenuación de masa que está asociado con una interacción por radiación y de esta manera con el conjunto de datos sobre la intensidad;

Comparar los mismos con una biblioteca de datos indicativa de dicha propiedad física del material, que es característica para una gama de materiales componentes potenciales y en particular, por ejemplo con dicha propiedad física del material, que es característica de unos materiales de objetivo tales como materiales sospechosos, con el fin de obtener una indicación del probable contenido de material en la zona de exploración.

La mayor parte de las variables asociadas con un suceso dado de exploración son constantes con respecto a la frecuencia o a la energía de la radiación incidente procedente de la fuente. Sin embargo, el coeficiente de atenuación de masa varía con la energía de una manera característica. Por realización de dicho análisis de la proporción en los datos sobre la intensidad a través de por lo menos tres diferentes bandas de energía para un suceso dado de exploración con el fin de generar por lo menos dos proporciones, se pueden obtener unos datos que son representativos de la relación funcional entre un coeficiente de atenuación de masa y una energía de radiación incidente. Por lo tanto, se pueden sacar conclusiones que se relacionan con el coeficiente específico de atenuación de masa aplicable a la trayectoria de transmisión a través del material sometido a ensayo para un suceso dado de exploración. Se hace luego una comparación con una apropiada base de datos de los datos representativos del

coeficiente de atenuación de masa para diferentes materiales y/o objetos buscados para dar una indicación más representativa de lo que se está explorando.

La técnica es particularmente potente para obtener información acerca de un objeto que comprende múltiples elementos componentes o materiales, de un líquido o una muestra de líquido contenido/a, etc., permitiendo la identificación por separado de los diferentes componentes. La técnica es particularmente potente cuando hay un cierto grado de conocimiento previo de los componentes probables, y la apropiada base de datos de los datos representativos del coeficiente de atenuación de masa para diferentes materiales puede ser limitada a solamente unos pocos de dichos componentes probables, y por ejemplo unos ingredientes líquidos probables.

Si esta técnica se realiza con un conjunto de datos producido y resuelto de acuerdo con las Figuras 1 y 2 anteriores, entonces es posible reconstruir unos datos resueltos para la identificación de materiales en el espacio x, y, z como se ilustra en la Figura 4. El resultante conjunto de datos, en esta forma de realización opcional o después de esta etapa adicional opcional, permitirá que unos mapas de identificación de materiales sean producidos con plena resolución tridimensional, como se ilustra en la Figura 5. Por ejemplo, es posible ver materiales seleccionados en cualquier plano de profundidad o combinación de planos de profundidad, ver un plano de profundidad con cualquier material o combinación de materiales, que se haya identificado, o combinar planos de profundidad para ver imágenes realizadas en volumen usando un apropiado algoritmo de generación de imágenes en volumen tal como por ejemplo un algoritmo familiar de recombinación de rodajas de TC.

Correspondientemente, el aparato y el método del invento hacen posible resolver una cantidades significativas de la información acerca de la composición de objetos de múltiples componentes sometidos a exploración, que se pueden manipular de una diversidad de maneras para identificar los materiales y, para proporcionar unos útiles medios de organizar las imágenes de estos materiales, por ejemplo para aplicaciones médicas, de control de calidad y de seguridad.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la recogida e interpretación de datos radiográficos a partir de un objeto, que comprende las etapas de:

proporcionar una fuente de radiación y un sistema detector de radiación distanciado de aquella, para definir entre éste y ésta una zona de exploración, de una manera tal que se definen por lo menos unas posiciones de exploración primera y segunda, distanciadas lateralmente, siendo el sistema detector capaz de detectar y recoger una información resoluble espectroscópicamente acerca de la radiación incidente sobre él;

dar lugar a que un objeto se mueva con relación a, y a través de, la zona de exploración a lo largo de las posiciones de exploración distanciadas lateralmente; y de esta manera generar por lo menos un primer conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la primera posición de exploración;

generar por lo menos un segundo conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la segunda posición de exploración;

resolver cada uno de los conjuntos de datos sobre perspectivas para dar por lo menos tres bandas de energía espectroscópica;

para cada una de dichas bandas de energía espectroscópica resueltas:

realizar un análisis numérico de imágenes de datos procedentes de cada conjunto de datos sobre perspectivas con el fin de identificar unos correspondientes puntos en diferentes conjuntos de datos sobre perspectivas;

obteniéndose de esta manera unos datos numéricos concernientes a la disparidad entre cada conjunto de datos sobre perspectivas;

obteniéndose de esta manera una información sobre la coordenada z usando una triangulación y usando la información sobre la coordenada z para dividir cada conjunto de datos sobre perspectivas en cada banda de energía para dar una pluralidad de rodajas de profundidad;

y producir de esta manera una serie de conjuntos de datos de salida, cada uno de los cuales corresponde a un conjunto de datos en 2-D de información sobre la intensidad, resuelto para una banda de energía y una rodaja de profundidad individuales.

2. El método de la reivindicación 1, en el que la radiación de la fuente se selecciona entre una radiación electromagnética de alta energía tal como la de rayos X y/o de rayos gamma, o una radiación de partículas subatómicas; y el sistema de detección está adaptado de manera correspondiente para detectar una radiación en el espectro.

3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la etapa de identificar numéricamente una disparidad en los datos recogidos a partir de diferentes perspectivas hace uso de la restricción a la línea epipolar.

4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de resolución en profundidad se lleva a cabo para cada banda de energía usando los datos procedentes de múltiples vistas en perspectiva separadas en bandas de energía equivalentes para producir un conjunto de datos de salida que incluye unos mapas separados de información sobre la intensidad en 2-D para cada banda de energía en cada rodaja de profundidad teórica.

5. El método de la reivindicación 4, en el que los mapas de información sobre la intensidad en 2-D se combinan para producir un conjunto de datos de salida que tiene información sobre la intensidad en 3-D para cada banda de energía.

6. El método de la reivindicación 4 ó 5, que comprende además la etapa de generación de un conjunto de datos sobre imágenes a partir de por lo menos algunos y preferiblemente todos los conjuntos de datos de salida que tienen resolución espacial en x, y, de energía y de rodajas de profundidad.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además la etapa de presentar visualmente imágenes a partir de dichos conjuntos de datos sobre imágenes en forma de imágenes separadas presentadas visualmente de una manera simultánea o secuencial y/o en forma de imágenes compuestas en unos apropiados medios de presentación visual.

8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se genera un conjunto de datos sobre perspectivas mediante el principio de exploración de líneas por el hecho de que el sistema detector comprende una pluralidad de detectores lineales distanciados capaces de generar una información resoluble espectroscópicamente acerca de una radiación incidente;

con lo que se genera un conjunto de datos sobre perspectivas haciendo que un objeto se mueva con relación a, y a través de, la zona de exploración para recoger de esta manera unos datos a partir de cada uno de la pluralidad de detectores lineales distanciados con el fin de generar una correspondiente pluralidad de conjuntos de datos sobre perspectivas en 2-D, en la que los datos sobre la intensidad son resueltos a lo largo de coordenadas x, y.

9. Un aparato para la recogida y el tratamiento de datos radiográficos a partir de un objeto, que comprende:

una fuente de radiación y un sistema detector de radiación distanciado de ella con el fin de definir entre éste y ésta una zona de exploración configurada de una manera tal que se definen por lo menos unas posiciones de exploración primera y segunda, distanciadas lateralmente, siendo el sistema detector capaz de detectar y recoger una información resoluble espectroscópicamente acerca de una radiación incidente sobre él;

un módulo de recogida de datos con el fin de recoger durante el uso por lo menos un primer conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la primera exposición de exploración y por lo menos un segundo conjunto de datos sobre perspectivas de información sobre la intensidad a partir de la salida del detector en la segunda posición de exploración;

un módulo de resolución de energía para tratar y resolver cada conjunto de datos sobre perspectivas para dar por lo menos tres bandas de energía espectroscópica dentro del espectro de la fuente;

unos medios de resolución espacial, que incluyen: un módulo analizador de imágenes para analizar numéricamente, para cada una de dichas bandas de energía espectroscópica resueltas, unos datos procedentes de cada conjunto de datos sobre perspectivas con el fin de identificar unos correspondientes puntos en ésta, un módulo de disparidad para obtener a partir de él unos datos numéricos que conciernen a la disparidad entre cada conjunto de datos sobre perspectivas, y un método de dividir en rodajas de profundidad para resolver una información sobre la coordenada z a partir de él usando una triangulación para dividir a cada conjunto de datos sobre perspectivas en cada banda de energía para dar una pluralidad de rodajas de profundidad;

un registro de datos de salida para almacenar los datos de salida generados por el módulo de resolución espacial como una serie de conjuntos de datos de salida, cada uno de los cuales comprende un conjunto de datos en 2-D de información sobre la intensidad, resuelto para una banda de energía y una rodaja de profundidad individuales.

10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la fuente de radiación comprende una fuente para suministrar una radiación de alta energía seleccionada entre una radiación electromagnética de alta energía, tal como la de los rayos X y/o los rayos gamma y una radiación de partículas subatómicas, y el sistema de detección está adaptado de manera correspondiente para detectar una radiación en el espectro.

11. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, en el que el módulo de resolución de energía comprende un módulo de tratamiento de datos para distinguir unos datos sobre la intensidad resueltos espectroscópicamente y un módulo de almacenamiento de datos para almacenar estos datos sobre la intensidad en una apropiada pluralidad de depósitos de energía.

12. Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 hasta 11, en el que el módulo de división en rodajas de profundidad está adaptado, para cada banda de energía, para tratar los datos procedentes de múltiples vistas en perspectiva separadas en bandas de energía equivalentes para producir un conjunto de datos de salida, que incluye unos mapas separados de información sobre la intensidad en 2-D para cada banda de energía en cada rodaja de profundidad teórica y opcionalmente para combinar los mapas de información sobre la intensidad en 2-D para producir un conjunto de datos de salida que tiene información sobre la intensidad en 3-D para cada banda de energía.

13. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además un módulo de generación de imágenes para generar un conjunto de datos sobre imágenes a partir de por lo menos algunos y preferiblemente de todos los conjuntos de datos de salida que tienen resolución espacial en x, y, de energía y de rodajas de profundidad.

14. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además un registro de datos para el almacenamiento de dichos conjuntos de datos sobre imágenes y/o dichos medios de presentación visual de imágenes en los cuales se pueden presentar visualmente las imágenes procedentes de dichos conjuntos de datos sobre imágenes.

15. Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 hasta 14, en el que un detector está adaptado para producir una resolución espectroscópica por el hecho de que está fabricado a base de un material seleccionado para exhibir inherentemente, como una propiedad directa del material, una respuesta eléctrica variable directa a diferentes partes del espectro de la fuente.

16. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el detector comprende un material o varios materiales semiconductores formados como un material semiconductor de cristales voluminosos, seleccionado entre telururo de cadmio, telururo de cadmio y zinc (CZT), telururo de cadmio y manganeso (CMT) y aleaciones de los mismos.

17. Un aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 16, que funciona según el principio de exploración de líneas, por el hecho de que el sistema detector comprende una pluralidad de detectores lineales capaces de generar una información resoluble espectroscópicamente acerca de una radiación incidente en una agrupación en serie espaciada lateralmente con una apropiada separación angular de manera tal que se pueden recoger durante el uso datos sobre la intensidad a partir de las múltiples trayectorias de rayos entre una fuente y una agrupación de detectores lineales.

FIGURA 1

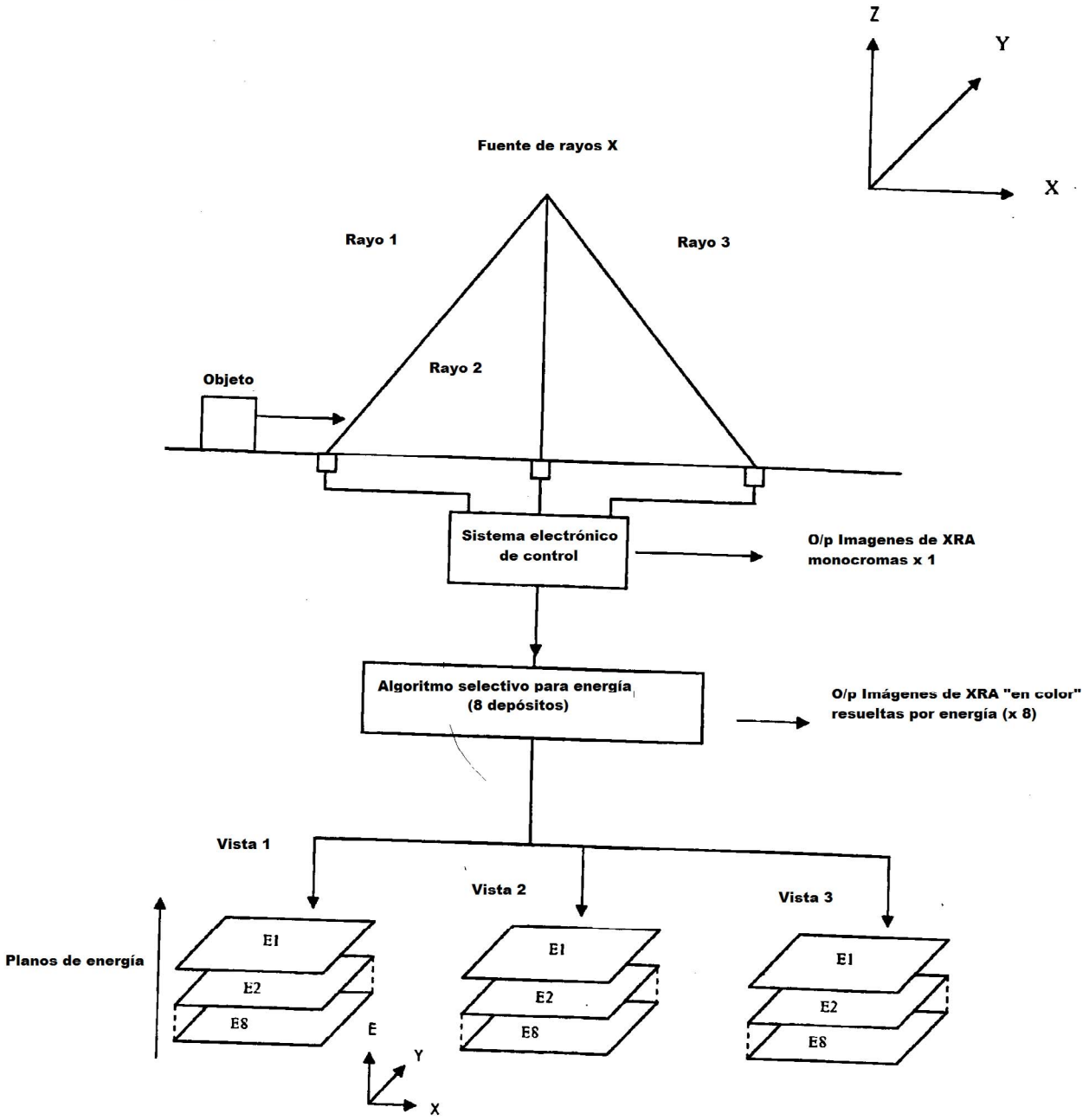

Z
Y
X
Fuente de rayos X
Rayo 1
Rayo 3
Rayo 2
Objeto
Sistema electrónico de control
O/p Imagenes de XRA monocromas x 1
Algoritmo selectivo para energía (8 depósitos)
O/p Imágenes de XRA "en color" resueltas por energía (x 8)
Vista 1
Vista 2
Vista 3
Planos de energía
E1
E2
E8
E
Y
X

**FIGURA 2**

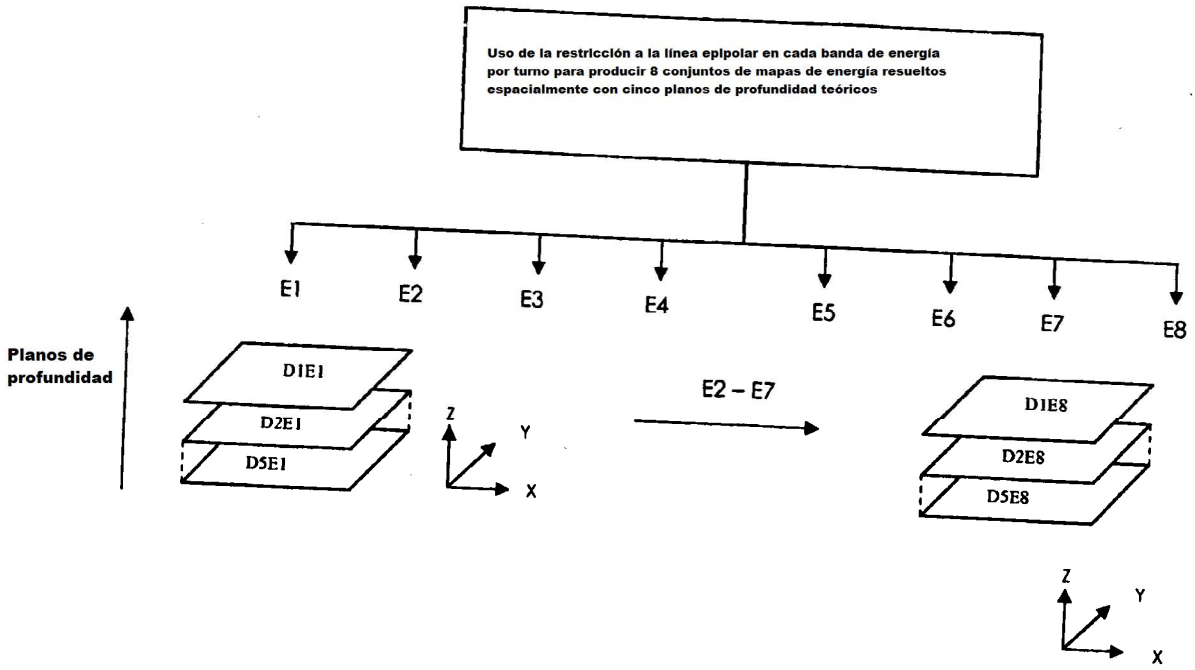



**FIGURA 3**

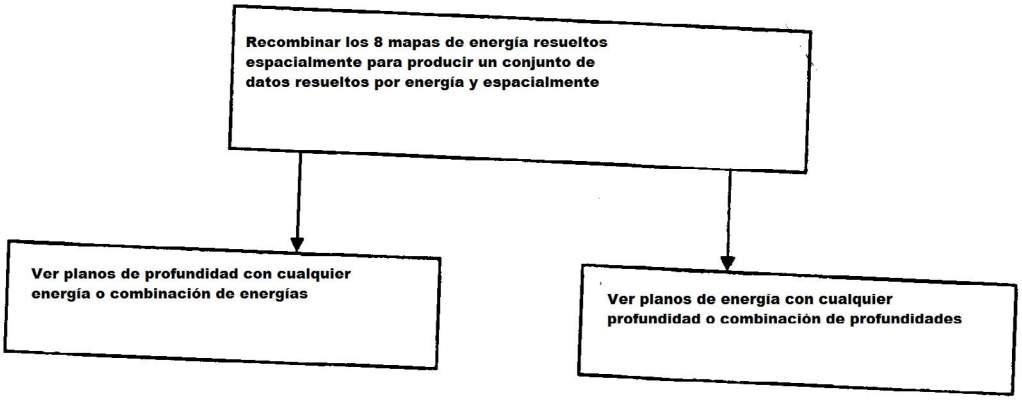


**FIGURA 4**

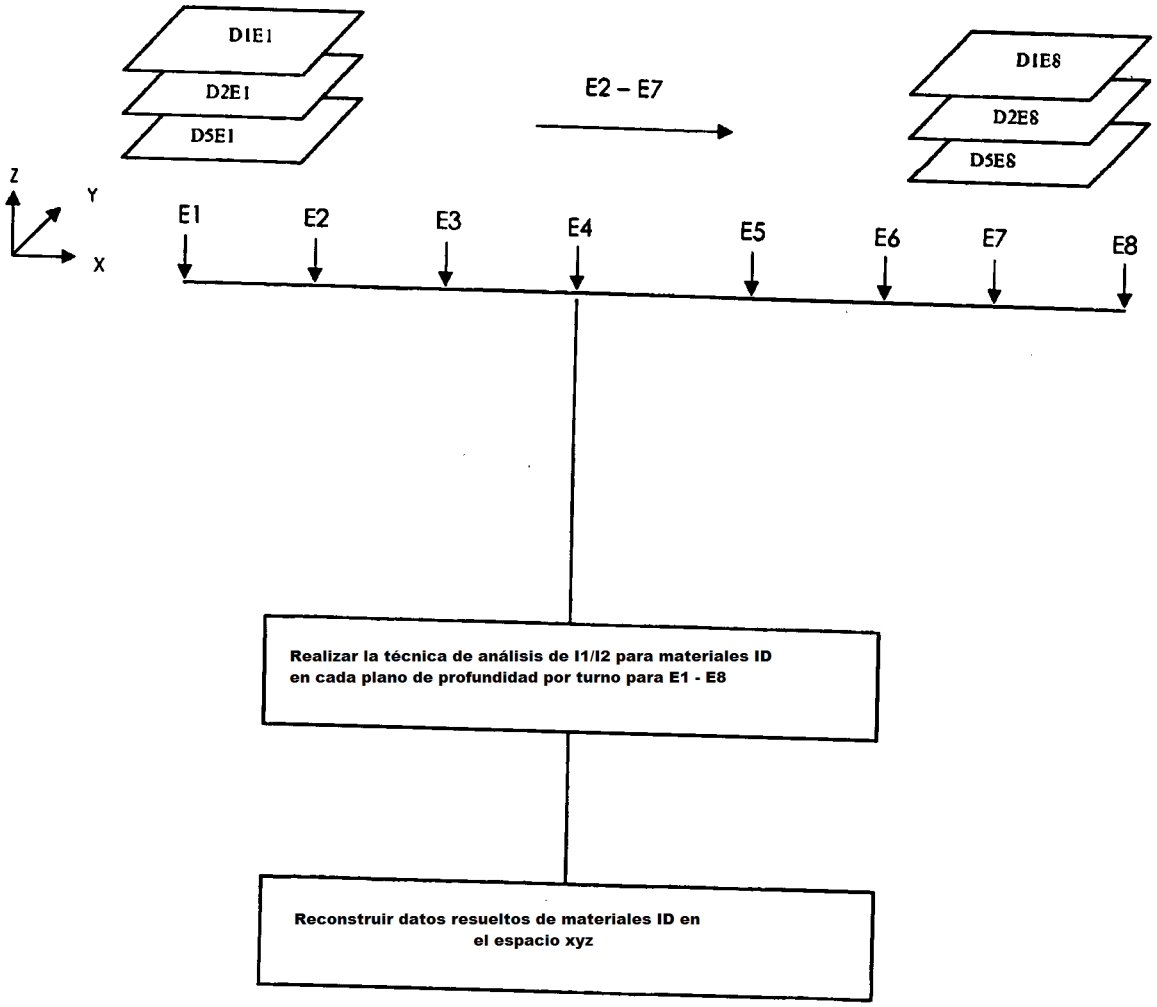
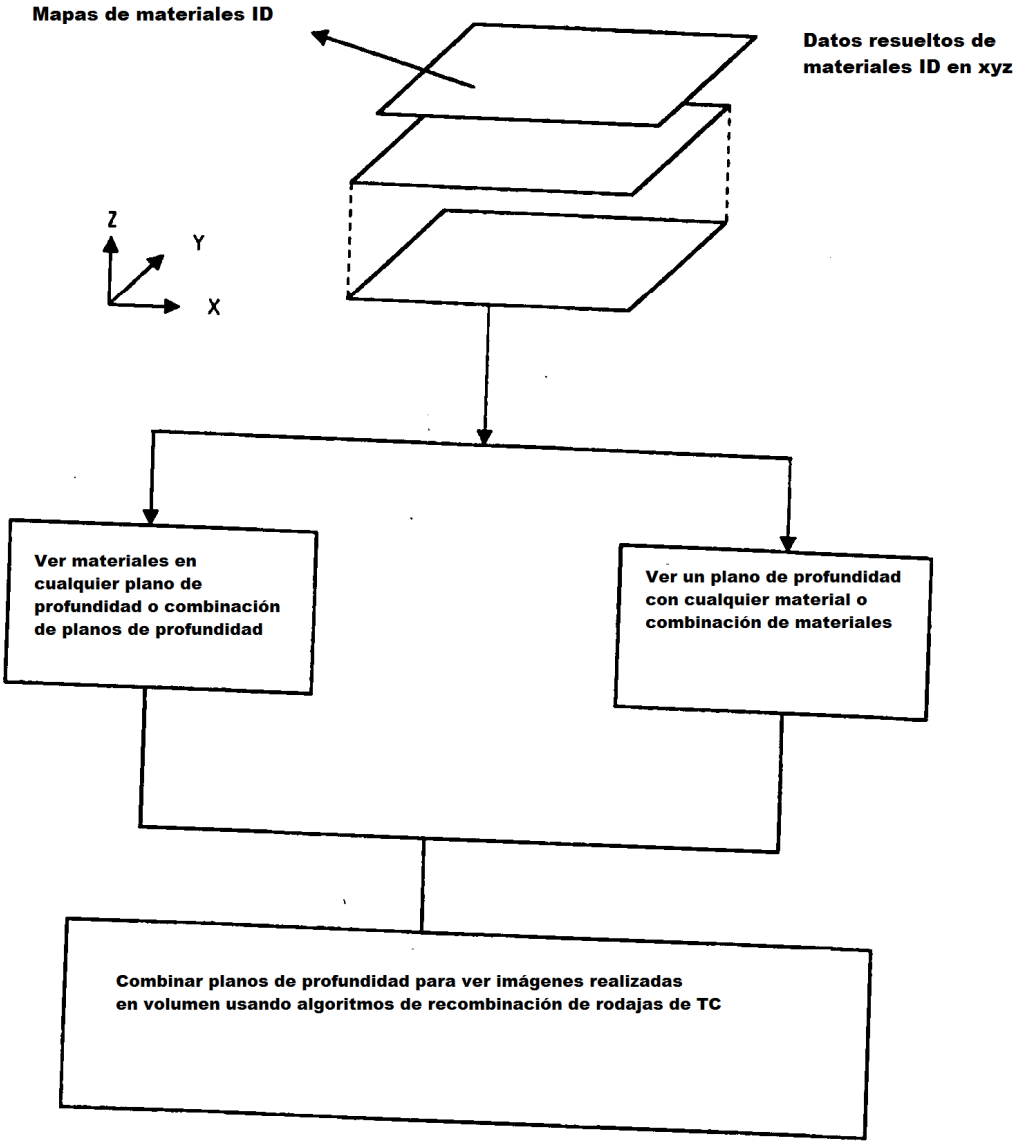

D1E1
D2E1
D5E1
E2 – E7
D1E8
D2E8
D5E8
Z
Y
X
E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
E8
Realizar la técnica de análisis de I1/I2 para materiales ID en cada plano de profundidad por turno para E1 - E8
Reconstruir datos resueltos de materiales ID en el espacio xyz

**FIGURA 5**


Mapas de materiales ID
Datos resueltos de materiales ID en xyz
Z
Y
X
Ver materiales en cualquier plano de profundidad o combinación de planos de profundidad
Ver un plano de profundidad con cualquier material o combinación de materiales
Combinar planos de profundidad para ver imágenes realizadas en volumen usando algoritmos de recombinación de rodajas de TC