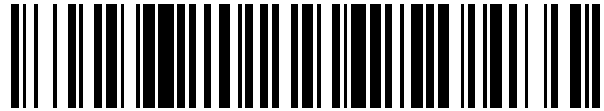


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 554**

51 Int. Cl.:

H01J 35/08 (2006.01)

A61B 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2010 E 10713359 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014 EP 2406809**

54 Título: **Escáneres de rayos X y fuentes de rayos X para los mismos**

30 Prioridad:

12.03.2009 GB 0904236

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

17.03.2015

73 Titular/es:

**CXR LIMITED (100.0%)
Seven Gables House 30 Letchmore Road
Radlett Hertfordshire WD7 8HT, GB**

72 Inventor/es:

MORTON, EDWARD JAMES

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 531 554 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

Escáneres de rayos X y fuentes de rayos X para los mismos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a escáneres de rayos X y en particular a escáneres dispuestos para usar diferentes energías de rayos X para su uso, por ejemplo, en la obtención de imágenes o análisis de objetos.

Antecedentes

10 Ahora se está diseñando una nueva generación de tubos de rayos X de multi-foco para tratar problemas en los sistemas de obtención de imágenes que implican el rápido movimiento del objeto en inspección. Esto es particularmente importante en los sistemas de obtención de imágenes tomográficas en los que el movimiento del objeto puede crear niveles inaceptablemente altos de artefacto en imágenes reconstruidas. Para tratar este problema, se proponen fuentes de rayos X de multi-foco en las que frecuentemente están dispuestas muchos cientos de pistolas de electrones individuales, normalmente en una matriz circular, y cada pistola de electrones se enciende secuencialmente para irradiar un punto respectivo sobre un ánodo circular con el mismo radio que el de las pistolas de electrones. Esto forma una fuente de rayos X giratoria sin la necesidad de movimiento físico del ensamblaje, de ahí crear la oportunidad de obtención de imágenes tomográficas de muy alta velocidad.

15 En tales sistemas de rayos X tomográficos, es frecuentemente deseable proporcionar la capacidad de discriminación de materiales que se logra normalmente mediante el uso del nivel gris reconstruido de la imagen tomográfica retrocalibrando a un conjunto de patrones de referencia conocidos (por ejemplo, aire, agua, aluminio).

20 Se reconoce que puede lograrse la capacidad de discriminación de materiales adicional cuando se tiene en cuenta el espectro de energía del haz de rayos X, ya que cada componente espectral en el haz de rayos X incidente es atenuado a una cantidad diferente por cada material de componente dentro del objeto en inspección. Materiales de bajo número atómico proporcionan atenuación modesta de los rayos X de baja energía, mientras materiales de alto número atómico proporcionan atenuación significativa de los rayos X de baja energía. Por el análisis del espectro de rayos X después del filtrado por el objeto es posible obtener más discriminación de materiales que si el espectro de rayos X se integra simplemente.

25 En un sistema de rayos X práctico es caro medir la energía de cada fotón de rayos X individual que llega al detector. Esto es debido a que la tasa de llegada de fotones a cada elemento del detector A es relativamente alta (frecuentemente superior a una tasa de llegada de fotones de 1 MHz) y la complejidad y disipación de potencia asociada de la electrónica de detección se vuelve una cuestión significativa.

30 Un medio para simplificar la situación es utilizar más de un detector de integración económico por canal de obtención de imágenes, pero con un filtro colocado entre un detector y el otro. El detector filtrado está generalmente hecho grueso para medir los componentes de alta energía del haz de rayos X transmitido a través del objeto. El detector no filtrado es normalmente bastante delgado y así responde preferencialmente a los componentes de baja energía del haz de rayos X transmitido.

35 El documento US570403 divulga un sistema de escaneo de múltiples energías con una pluralidad de sistemas detectores de diferentes características de energía y una conmutación de fuentes de rayos X entre energías. El documento WO2004/091405 divulga un sistema de escaneo de energía dual que usa detectores de energía duales, exponiendo el objeto a múltiples energías simultáneamente, en el que las múltiples energías se proporcionan por un filtro que tiene secciones con diferentes características de filtro.

40 Sumario de la invención

45 La presente invención proporciona un escáner de rayos X que comprende una fuente de electrones y un ánodo, teniendo el ánodo una superficie diana formada de una pluralidad de materiales diferentes. La fuente de electrones está dispuesta para dirigir un haz de electrones a la superficie diana de manera que se generen, simultáneamente, rayos X de dos espectros de energía diferentes de los dos materiales. El escáner comprende además dos matrices de detectores que tienen diferentes características de respuesta. Por ejemplo, una matriz puede ser más sensible a rayos X que tienen uno de los espectros de energía, y la otra matriz puede ser más sensible a rayos X que tienen el otro de los espectros de energía.

50 Los detectores de una de las matrices de detectores pueden incluir un material de filtro y un elemento detector. Los dos materiales pueden cada uno estar dispuesto para generar rayos X que tienen el pico de intensidad a una energía fluorescente respectiva. El material de filtro puede estar dispuesto para proporcionar diferentes atenuaciones a las dos energías fluorescentes. El material de filtro puede tener una discontinuidad de absorción a una frecuencia entre las dos energías fluorescentes.

La superficie diana puede tener una pluralidad de áreas de material cada una formada de uno de los materiales, y la fuente de electrones puede estar dispuesta para dirigir un haz de electrones a un área diana de la diana, comprendiendo el área diana parte de al menos dos de las áreas de material.

5 La fuente de electrones puede estar dispuesta para dirigir electrones a una pluralidad de áreas diana separadas a lo largo de la diana. Las áreas de material pueden estar dispuestas como bandas paralelas que se extienden cada una a través de una pluralidad de las áreas diana. La superficie diana puede estar formada de una mezcla de los materiales.

Realizaciones preferidas de la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo solo con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La **Figura 1** es una vista esquemática de un sistema de escaneo conocido;
 las **Figuras 2a y 2b** muestran gráficas de espectros de energía de rayos X de materiales de ánodo diferentes;
 la **Figura 3** es una vista esquemática de un sistema de escaneo;
 la **Figura 4** es una vista esquemática de una fuente de rayos X que forma parte del sistema de escaneo de la Figura 3;
 la **Figura 5** es una vista frontal de un ánodo que forma parte del sistema de la Figura 4;
 15 la **Figura 6** es un diagrama esquemático que muestra la operación del sistema de la Figura 4;
 la **Figura 7** es una gráfica de absorción de rayos X en función de la energía en un material de filtro típico;
 la **Figura 8** es una vista frontal de una diana según una realización de la invención;
 la **Figura 9** es una gráfica que muestra el espectro de energía de rayos X producido a partir de la diana de la Figura 8;
 la **Figura 10** es un boceto de parte de una matriz de detectores para su uso con la diana de la Figura 8;
 20 la **Figura 11** es un boceto de parte de otra matriz de detectores para su uso con la diana de la Figura 8;
 la **Figura 12** es una gráfica que muestra la coincidencia de los filtros de las Figuras 10 y 11 con la diana de la Figura 8;
 la **Figura 13** es una vista frontal de una diana según una realización de la invención;
 la **Figura 14** es una vista frontal de una diana según una realización de la invención;

Descripción de las realizaciones preferidas

25 Con referencia a la Figura 1, un escáner de rayos X comprende una matriz anular de fuentes de rayos X 10, desplazadas axialmente de una matriz anular de detectores de rayos X 12. Cada una de las fuentes 10 se activa por turnos y, para cada fuente, las señales de los detectores 12 se almacenan y se analizan. Cada uno de los sensores es un sensor apilado conocido que comprende un elemento detector delantero delgado 14 enfrente de un elemento detector trasero 16 más grueso, con un filtro 18 entre los dos elementos detectores. El elemento detector delantero 14 está dispuesto para detectar rayos X de menor energía, el elemento detector trasero 16 está dispuesto para detectar rayos X de mayor energía, y el filtro 18 está dispuesto para filtrar los rayos X de menor energía no absorbidos por el elemento detector delantero 14.

30 Como todos los detectores están alineados con, y enfrentados a, el eje X del escáner, se verá que en el centro del haz de rayos X un detector apilado 12a funciona bien porque el elemento detector delantero 14, el filtro 18 y el elemento detector trasero 16 están todos alineados con la dirección del haz de rayos X incidente. A diferencia, en el borde del haz en el detector 12b, el elemento detector delantero 14, el filtro 18 y el elemento detector trasero 16 no están alineados con el haz y hay una fuga de baja energía significativa en el elemento detector trasero 16. Similarmente, el espesor de material relativamente grande presentado al haz de rayos X por el elemento detector delantero 14 produce la fuga de señales de alta energía en la señal medida. Esta fuga de señales entre los elementos detectores compromete la capacidad del sistema de rayos X para proporcionar discriminación de materiales.

40 Con referencia a la Figura 2, el ejemplo proporciona discriminación de energía usando diferentes materiales diana en la fuente de rayos X, modulando así la composición espectral del haz de rayos X primario. La Figura 2 muestra espectros de rayos X idealizados de un tubo de rayos X que opera al mismo voltaje del tubo (con energía de rayos X máxima E_p), pero en la Figura 2a con un ánodo de bajo número atómico (Z) (tal como plata, Ag) y en la Figura 2b un ánodo de alto número atómico (tal como tungsteno, W). Se observa que los componentes espectrales de Bremsstrahlung son similares en cada caso, pero las líneas de fluorescencia características, que forman picos de alta intensidad en el espectro de energía, son

bastantes diferentes en energía. La posición relativa de la radiación de fluorescencia produce una energía espectral media significativamente mayor para la diana de tungsteno que la observada con la diana de plata. Cuando se integra la señal de rayos X transmitida después de la atenuación por un objeto complejo, el haz de rayos X del ánodo de plata se atenúa significativamente por materiales de alto número atómico, mientras que el espectro de tungsteno se atenúa menos
 5 altamente. El tomar la relación de los datos de rayos X del ánodo de tungsteno con respecto a plata proporciona un conjunto equivalente de datos como se obtiene si se usan dos conjuntos de detectores.

Con referencia a la Figura 3, un escáner de rayos X según un ejemplo comprende una matriz de fuentes de rayos X 110 y una matriz de detectores de rayos X 112 axialmente desplazada de las fuentes. En cada caso, la matriz está separada alrededor del eje del escáner. Cada una de las fuentes está dispuesta para dirigir haces de electrones hacia el eje del
 10 escáner. Cada uno de los detectores también está dirigido hacia el eje del escáner. En este caso, cada matriz es una matriz anular, pero cualquiera de las fuentes, o los detectores puede formar una matriz anular parcial, u otras matrices con forma. Sin embargo, se desea que las fuentes, o las posiciones de las fuentes dentro de las fuentes a partir de las cuales se generan los haces de rayos X, estén dispuestas en un plano común perpendicular al eje del escáner. Similarmente, los detectores están dispuestos en una o más matrices cada una en un plano perpendicular al eje del escáner. Está dispuesto un sistema de control 114 para controlar las fuentes 110 de manera que cada una de ellas pueda activarse
 15 independientemente para escanear un objeto en el escáner. De nuevo, las fuentes 110 están dispuestas para ser activadas por turnos, pero en este caso las fuentes 110 están dispuestas para generar rayos X con espectros de energía diferentes, y los detectores son detectores no apilados de elementos individuales. Los detectores son todos los mismos, que tienen la misma respuesta, es decir, que producen la misma salida en respuesta a rayos X con respecto a un intervalo de energías. En este caso, los detectores son detectores de integración que detectan rayos X a lo largo de un intervalo de energías. Producen una salida que varía con la intensidad de rayos X total sobre ese intervalo. La fuga de señales entre detectores 112 se ha eliminado, ya que la pequeña cantidad de filtrado por los detectores adyacentes en el borde del haz activo puede tenerse en cuenta por factores de calibración directos.

Con referencia a la Figura 4, el anillo de la fuente de rayos X está constituido de varios tubos de rayos X, comprendiendo cada uno una fuente de electrones 200 dispuesta para producir un haz 202 de electrones, y un ánodo 204. La fuente de
 25 electrones 200 es controlable de manera conocida para escanear el haz de electrones 202 longitudinalmente a lo largo del ánodo 204 para generar rayos X 206 de posiciones de las fuentes a lo largo del ánodo 204.

Con referencia a la Figura 5, el ánodo 204 está recubierto con áreas de película delgada de dos materiales diana diferentes A y B. Aquí, el material diana A está estampado sobre el ánodo 204 en áreas rectangulares o bloques 206, siendo cada bloque de composición uniforme sobre su propia área, siendo en este caso de un único elemento, y mayor
 30 que la región focal del haz de electrones incidente. Intercalado entre cada bloque diana 206 de material A está un bloque diana 208 que comprende un material diana B diferente. Por tanto, los bloques de material diana 206, 208 forman una matriz lineal de áreas o posiciones diana, dispuestas en un anillo alrededor del escáner, alternando el material diana entre los dos materiales A y B diferentes a lo largo de la matriz.

Con referencia a la Figura 6, el escáner puede controlarse de manera que dos haces de electrones sean barridos alrededor del objeto en inspección, estando los dos haces preferentemente desplazados 180 grados más el desplazamiento angular entre un par adyacente de bloques diana tipo A y B. El escaneo se realiza usando una fuente de electrones conmutable que está controlada para encender un haz de electrones dirigido a una de las áreas diana y a continuación apagarlo de nuevo, y a continuación encender y apagar por turnos haces de electrones dirigidos a cada una
 40 de las otras posiciones diana, de manera que el haz barre las posiciones diana en las etapas. Esto produce un bloque de material A y uno de material B que son elegidos como diana simultáneamente, estando las dos áreas diana activas casi opuestas la una con respecto a la otra de manera que la mitad de la matriz de detectores 112 puede usarse para detectar rayos X de una de ellas, y la otra mitad de la matriz de detectores 112 para detectar rayos X simultáneamente de la otra. Normalmente, la separación de los bloques 206 de materiales A y B está seleccionada de forma que la tasa de muestreo angular de ambas trayectorias cumpla los criterios de muestreo de Nyquist.

Los datos de los detectores 112 pueden entonces usarse para la reconstrucción de imágenes tomográficas independientes, una para cada tipo de fuente A o B, que pueden entonces restarse de la otra o analizarse de otro modo tras la reconstrucción de imágenes. Alternativamente, los datos de protección pueden combinarse antes de la retroproyección para formar un conjunto de datos de proyección modificado. Con referencia a la Figura 7, los filtros están
 50 asociados con los detectores de manera que varíen las características de respuesta de los detectores, es decir, la magnitud de su respuesta en función de la energía de rayos X, para proporcionar discriminación de energía adicional. Para proporcionar discriminación, las características de respuesta necesitan ser de una forma diferente, es decir, variar de forma diferente con la energía, no solo de una escala diferente. La Figura 7 muestra el coeficiente de absorción μ de un material de filtro típico en función de la energía de rayos X. Puede observarse que el material absorbente tiene una discontinuidad de absorción a una energía característica E_a , siendo esta energía igual a aquella a la que se vuelve posible la participación de electrones atómicos de la capa K. Esto produce baja absorción a energías justamente por debajo de la energía característica E_a y alta absorción a energías justamente por encima de la energía característica E_a . Esto permite usar el material de filtro para bloquear algunas energías de rayos X y pasar otras energías de rayos X. Seleccionando
 55

cuidadosamente materiales diana coincidentes con diferentes picos fluorescentes y un material de filtro apropiado es posible potenciar adicionalmente la respuesta de energía selectiva de los detectores de integración. Por ejemplo, con filtración adecuada, un conjunto de detectores puede hacerse más sensible que el otro a rayos X en el pico fluorescente de uno de los materiales diana, o con respecto a un primer intervalo de energías que pueden incluir ese pico, y el otro conjunto de detectores puede hacerse más sensible que el primero a rayos X en el pico fluorescente del otro material diana, o con respecto a un segundo intervalo de energías que pueda incluir ese pico. Más generalmente, la relación de las respuestas de una de las matrices de detectores con respecto a los rayos X en las dos energías de pico fluorescente es diferente a la relación de las respuestas de la otra. Similarmente, la relación de las respuestas de una de las matrices de detectores con respecto a los rayos X que tienen los dos espectros de energía de los dos materiales es diferente a la relación de las respuestas de la otra matriz de detectores con respecto a los rayos X que tienen aquellos espectros de energía. Como un ejemplo, un filtro de tantalio absorbe fuertemente rayos X característicos del tungsteno, pero es relativamente transparente a rayos X característicos del molibdeno.

Con referencia a la Figura 8, en una realización que incluye una disposición de detector como en la Figura 7, el área diana del ánodo 304 tiene bandas paralelas 306, 308 de metal diana A y B formadas sobre ella, que se extienden en la dirección S en la que el haz de electrones es escaneado, y el haz de electrones está diseñado para ser suficientemente grande para irradiar ambos metales diana A y B simultáneamente. En este caso, hay cuatro bandas, dos de cada material A y B, pero obviamente pueden usarse otros números de bandas. Se genera un espectro de rayos X compuesto que tiene un espectro de energía como aquel mostrado en la Figura 9 que es la suma de los espectros de los dos materiales A y B que tienen dos picos cada uno producido por uno de los materiales diana A y B. Colocando un material de filtro adecuado en alguno de los detectores, por ejemplo como en la Figura 7, es posible generar diferentes respuestas, con diferente dependencia de energía, en diferentes detectores.

Con referencia a la Figura 10, una matriz de detectores de dos anillos comprende primero y segundo anillos adyacentes 412a, 412b de detectores, con filtros metálicos individuales 418 colocados sobre cada dos detectores en cada anillo. Con referencia a la Figura 11, se usa una matriz de detectores de dos anillos 512 en la que una banda de material de filtro 518 se coloca por completo sobre un anillo 512a y no se usa filtro sobre el otro anillo 512b. Pueden usarse patrones similares sobre sistemas de detectores de múltiples anillos según convenga. Ambas de estas disposiciones de detectores pueden usarse con las dianas de la Figura 5 o la Figura 8.

Con referencia a la Figura 12, en cualquier disposición de detector, el material de filtro se elige de manera que la discontinuidad de absorción E_a se encuentre en una energía entre los dos picos en el espectro de rayos X compuesto. Como se ha descrito anteriormente, si se usan Mo y W como los dos materiales diana, entonces puede usarse Ta como material de filtro adecuado.

Se apreciará que la combinación de dos materiales diana con diferentes espectros de energía de rayos X que tienen diferentes picos, y un filtro adecuadamente seleccionado, proporciona obtención de imágenes cuasi mono-energéticas para el análisis de materiales de exactitud mejorada, ya que proporciona un alto grado de diferenciación entre las salidas de los dos conjuntos de detectores, que es altamente dependiente del espectro de absorción del objeto que se escanea y, por tanto, proporciona un buen grado de, por ejemplo, discriminación entre objetos de materiales diferentes.

Pueden prepararse dianas complejas mediante el uso de recubrimiento por pulverización iónica. Usando múltiples dianas de pulverización iónica y sombras u otras tecnologías de enmascaramiento, es directo estampar cualquiera de las configuraciones diana. Para garantizar la buena adhesión entre el metal diana A, B y el metal de base del ánodo segmentado, es posible tanto alea como difundir el metal diana en la base del ánodo. Normalmente, este procedimiento de aleación o difusión se realiza en un horno a vacío o lleno de hidrógeno que opera a temperaturas adecuadamente altas (normalmente en el intervalo 500 - 1000 °C). Dependiendo de las condiciones de procedimiento elegidas, puede formarse una delgada capa interfacial o el metal diana entero puede alearse en el metal de base.

Como otro refinamiento de este procedimiento, puede formarse una diana de múltiples capas usando, por ejemplo, recubrimiento por pulverización iónica de películas delgadas (por ejemplo, 10 - 100 angstrom) de diversos metales de recubrimiento diferentes (por ejemplo, tungsteno y uranio) uno encima del otro. La diana multi-capas puede entonces alearse o difundir juntas y en el metal base con el fin de formar una diana que produzca espectros de rayos X razonablemente complejos durante el bombardeo con electrones.

Con referencia a la Figura 13, en otra realización los dos materiales diana A y B de diferente número atómico Z se disponen de nuevo en áreas o bandas alternas 606, 608 a lo largo del ánodo 604, pero en este caso las bandas de material diana están dispuestas a un ángulo oblicuo, en este caso aproximadamente 45°, con respecto a la dirección de escaneo S del haz de electrones. Las bandas 604, 608 son suficientemente estrechas, y en ángulo de forma que el desplazamiento d entre sus extremos superior e inferior, en la dirección S de escaneo del haz de electrones, sea al menos igual a su anchura w . Mediante cualquier medio, el haz de electrones 610, que es suficientemente grande para extenderse a través de sustancialmente la anchura completa del área diana, y tan ancho en la dirección de escaneo S como las bandas, siempre cubrirá un área de la diana que está constituida de aproximadamente áreas iguales de los dos materiales

diana. Esto permite usar una matriz de detectores similar a la de la Figura 10 o la Figura 11.

5 Con referencia a la Figura 14, en otra realización el área diana del ánodo 704 está cubierta con una mezcla 708 de dos materiales diana A y B con número atómico diferente. Esto significa de nuevo que cuando el haz de electrones 710 choca con la diana, el haz de rayos X generado tiene como espectro con dos picos en él, que pueden separarse filtrando para la detección, por ejemplo, usando las disposiciones de detector de la Figura 11 o la Figura 12.

Se apreciará que, en realizaciones descritas en las que se usan dos materiales diana, sería posible en algunas circunstancias usar tres o más materiales diana para obtener discriminación de energía adicional.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un escáner de rayos X que comprende una fuente de electrones y un ánodo, teniendo el ánodo (204; 304; 604; 704) una superficie diana formada de una pluralidad de materiales diferentes (206, 208; 306, 308; 606, 608; 708), estando la fuente de electrones dispuesta para dirigir un haz de electrones a la superficie diana de manera que se generen, simultáneamente, rayos X de dos espectros de energía diferentes de dos de los materiales diferentes, y dos matrices de detectores (12) que tienen características de respuesta de energía diferentes.
2. Un escáner según la reivindicación 1, en el que la relación de las respuestas de una de las matrices de detectores con respecto a los rayos X que tienen los dos espectros de energía de los dos materiales es diferente a la relación de las respuestas de la otra matriz de detectores con respecto a los rayos X que tienen aquellos espectros de energía.
- 10 3. Un escáner según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los detectores de una de las matrices de detectores incluyen un material de filtro y un elemento detector.
4. Un escáner según la reivindicación 3, en el que los dos materiales están cada uno dispuestos para generar rayos X que tienen picos de intensidad a una energía fluorescente respectiva, y el material de filtro está dispuesto para proporcionar diferentes atenuaciones a la dos energías fluorescentes.
- 15 5. Un escáner según la reivindicación 4, en el que el material de filtro tiene una discontinuidad de absorción a una frecuencia entre las dos energías fluorescentes.
6. Un escáner según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que los detectores de ambas matrices de detectores incluyen elementos detectores idénticos.
- 20 7. Un escáner según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la superficie diana tiene una pluralidad de áreas de material cada una formada de uno de los materiales, y la fuente de electrones está dispuesta para dirigir un haz de electrones a un área diana de la diana, comprendiendo el área diana parte de al menos dos de las áreas de material.
8. Un escáner según la reivindicación 7, en el que la fuente de electrones está dispuesta para dirigir electrones a una pluralidad de áreas diana separadas a lo largo de la diana.
- 25 9. Un escáner según la reivindicación 8, en el que las áreas de material están dispuestas como bandas paralelas que se extienden cada una a través de una pluralidad de las áreas diana.
10. Un escáner según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la superficie diana está formada de una mezcla de los materiales.

Fig. 1

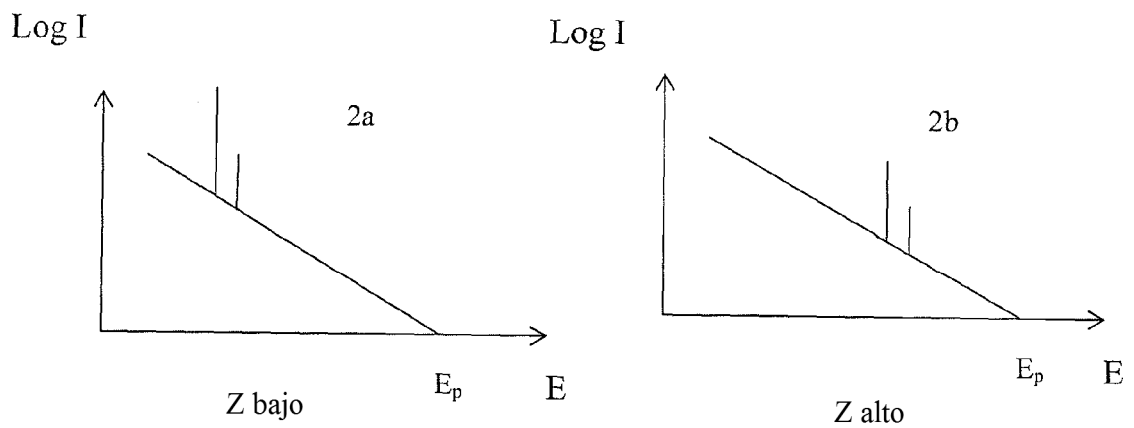
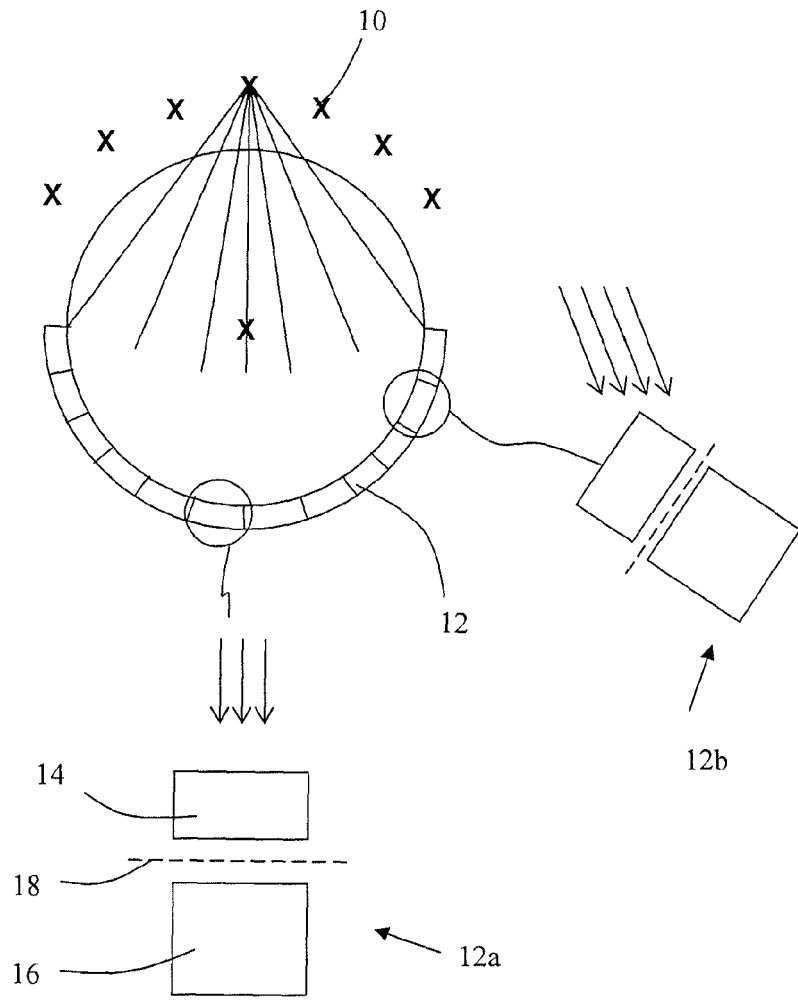


Fig. 2

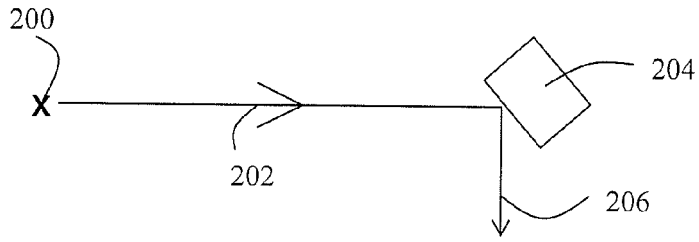


Fig. 4

Fig. 3

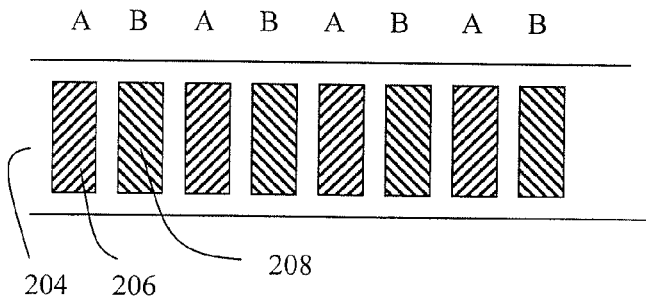
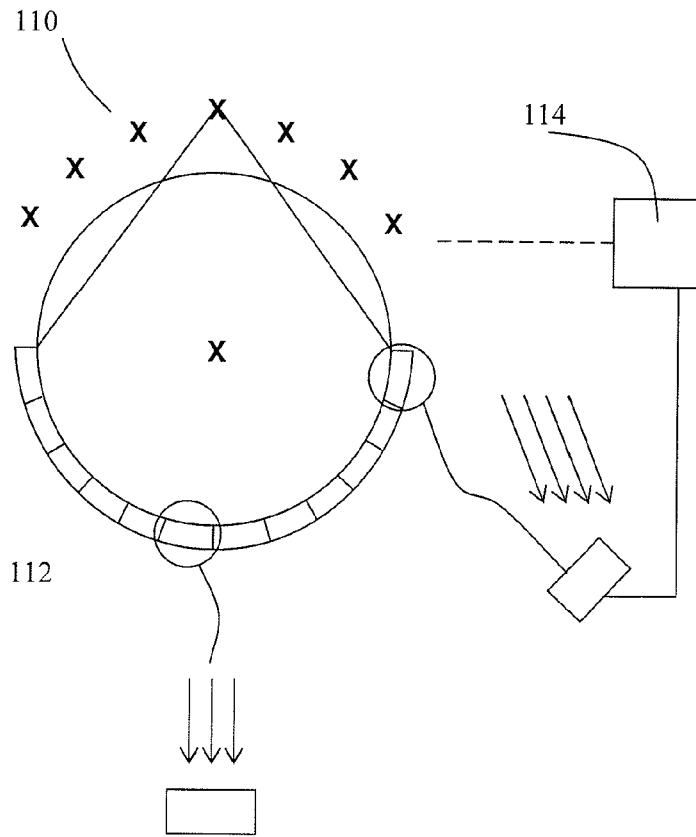


Fig. 5

Fig. 6

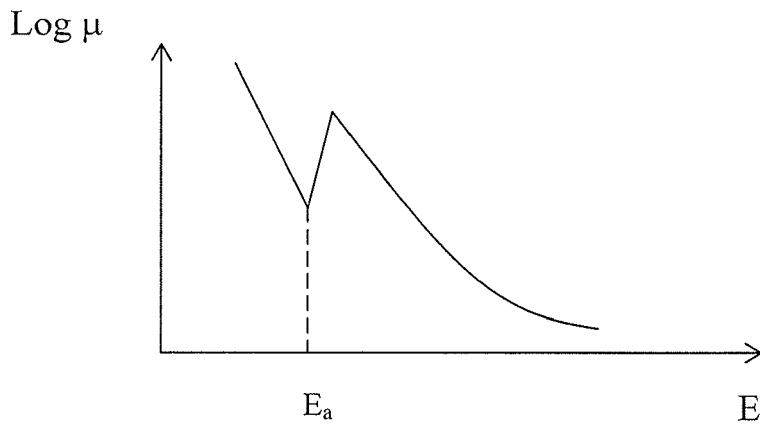
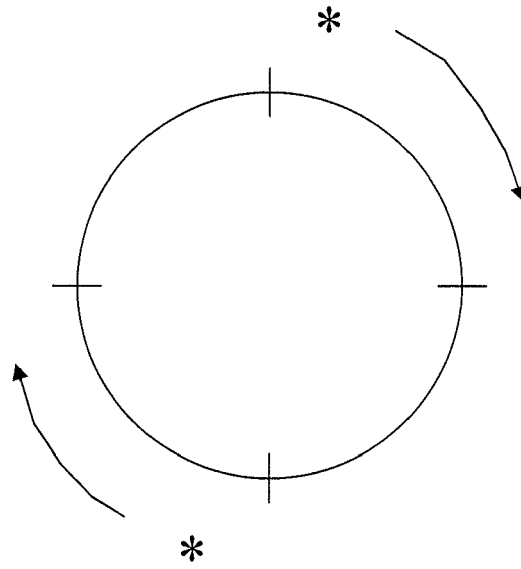


Fig. 7

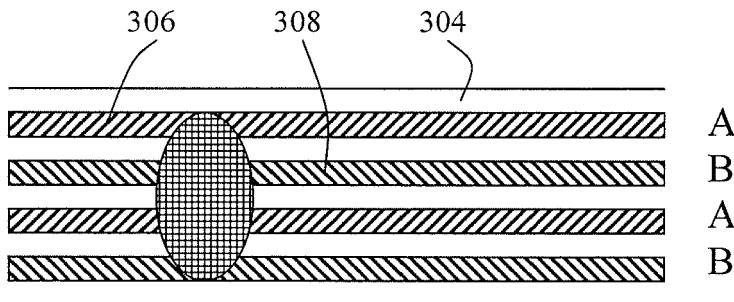


Fig. 8

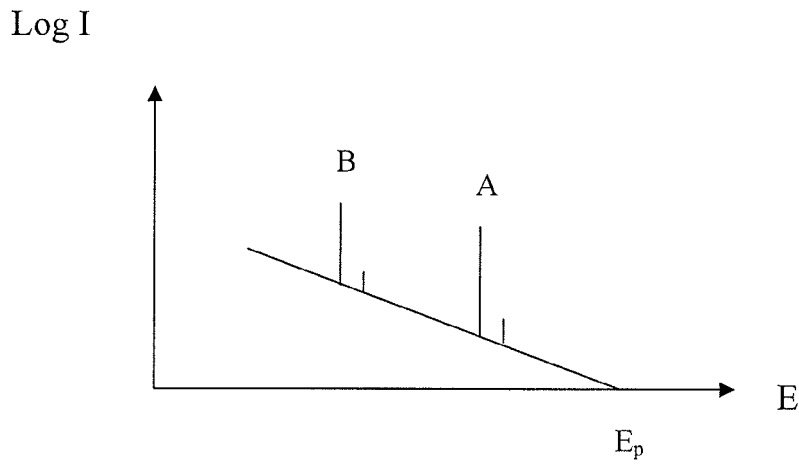


Fig. 9

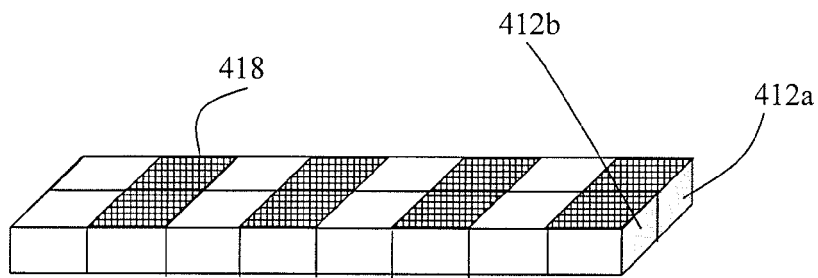


Fig. 10

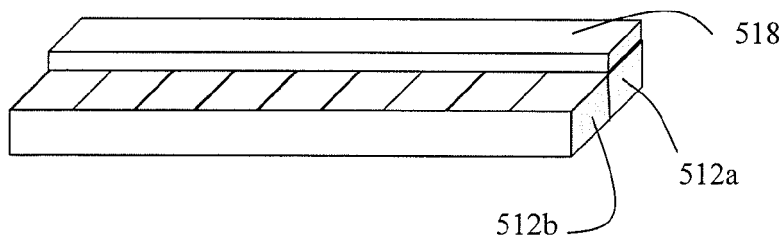


Fig. 11

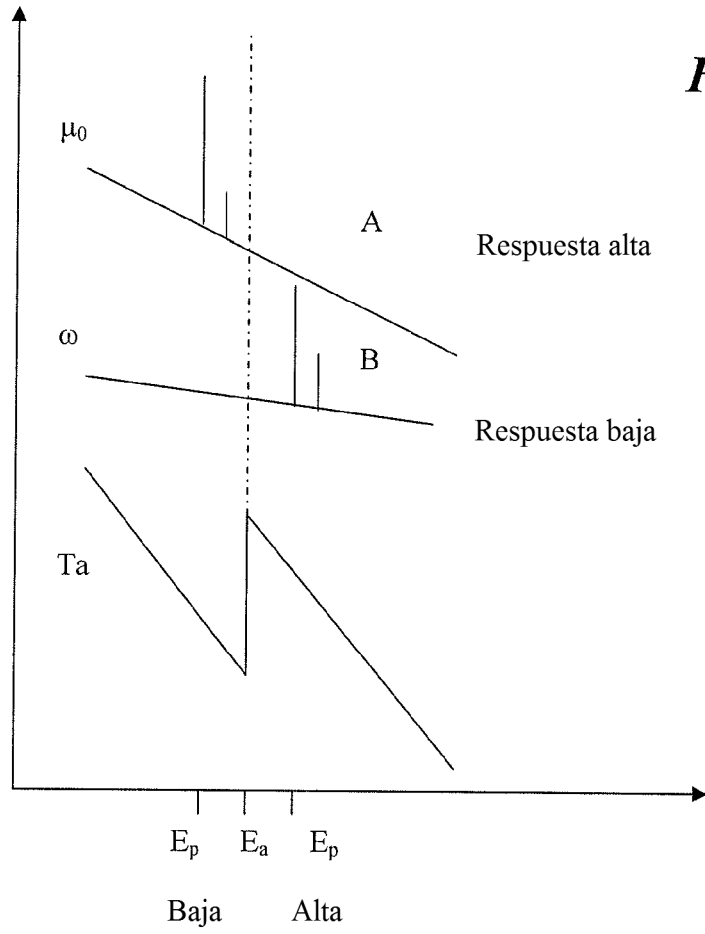


Fig. 12

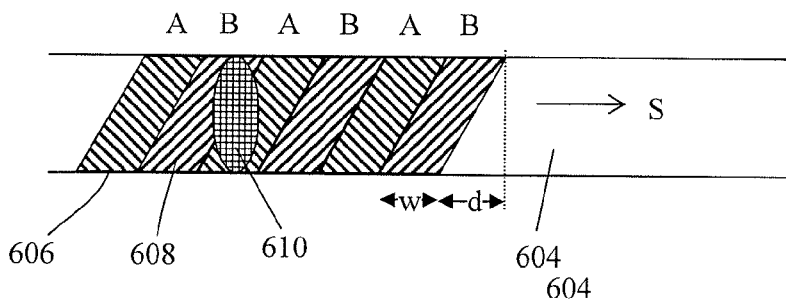


Fig. 13

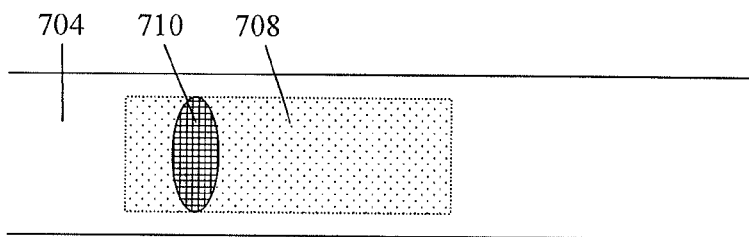


Fig. 14