

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 411**

51 Int. Cl.:

G01T 1/29 (2006.01)

G01V 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2012 E 17188027 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2023 EP 3270185**

54 Título: **Vigilancia encubierta utilizando detección multimodalidad**

30 Prioridad:

08.02.2011 US 201161440834 P

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

10.04.2023

73 Titular/es:

**RAPISCAN SYSTEMS, INC. (100.0%)
2805 Columbia Street
Torrance, CA 90503-3804, US**

72 Inventor/es:

MORTON, EDWARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 938 411 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

Vigilancia encubierta utilizando detección multimodalidad

Campo

5 La presente memoria descriptiva se refiere en general al campo de la vigilancia encubierta para la detección de artículos peligrosos y de contrabando, ya sea en un vehículo o en una persona, y más específicamente a un vehículo de inspección móvil encubierto que combina una pluralidad de componentes de detección y prevención que se pueden desplegar rápidamente a una zona de amenaza para ayudar a la detección y prevención de actividades subversivas.

Antecedentes

10 Actualmente, existe la amenaza del terrorismo. Para contrarrestar esta amenaza, existe el requisito de establecer sistemas para detectar y tratar la actividad subversiva. Algunos de tales sistemas conocidos en la técnica están diseñados puramente para detectar actividad subversiva; otros están diseñados para prevenir actividad subversiva; mientras que otros sistemas conocidos están diseñados puramente como elemento disuasorio. Por ejemplo, algunos sistemas son principalmente físicos (tales como barreras y agentes de seguridad), algunos se basan en redes de sensores (tales como sistemas de circuito cerrado de televisión) mientras que otros involucran instalaciones dedicadas (tales como mástiles de interferencia de radio o máquinas de escaneo de rayos X).

15 El documento US 2009/0257555 A1 describe un sistema de inspección y métodos de inspección basados en un recinto de formación de imágenes caracterizado por un cuerpo envolvente. Una fuente de radiación penetrante y un módulo detector están completamente ocultos dentro del cuerpo de un medio de transporte como un remolque. Se forma un valor de caracterización o una imagen con respecto a un objeto inspeccionado que se dispone completamente fuera del medio de transporte y el valor de caracterización o imagen se pone a disposición de un operador dispuesto remotamente. Se pueden disponer detectores adicionales distalmente al objeto inspeccionado y pueden detectar la radiación penetrante transmitida o dispersada hacia delante. El sistema puede comprender un sensor para detectar la velocidad relativa del medio de transporte con respecto al objeto inspeccionado. En otra realización de retrodispersión de rayos X, mostrada en las FIGS. 27 y 28 del documento US 2009/0257555 A1, una matriz de detectores de rayos X se sitúa en las regiones de interés. Los detectores están dispuestos en o sobre el suelo en la región para la vigilancia. Una fuente de rayos X está en una ubicación central, capaz de "disparar" a todas las regiones donde se sitúan los detectores. El documento US 2009/0257555 A1 sugiere que se podría usar un sistema de formación de imágenes ópticas o infrarrojas para detectar amenazas potenciales automáticamente, y una vez que se marca una amenaza potencial, comenzar automáticamente un escaneo de rayos X de Compton más detallado para producir una imagen que a ser analizada por un operador humano.

20 Lo que se necesita, sin embargo, son sistemas de vigilancia encubiertos que se puedan efectuar con alta movilidad y despliegue rápido y que permitan el uso de una pluralidad de datos de vigilancia para permitir una detección y prevención de amenazas más informada, robusta e inteligente.

25 En consecuencia, existe la necesidad de un vehículo de inspección móvil encubierto que utilice una pluralidad de componentes o sensores de prevención y detección.

30 También existe la necesidad de un sistema que integre y/o correlacione inteligentemente la información de vigilancia de la pluralidad de sensores multimodalidad para detectar y prevenir actividades subversivas.

Compendio

La invención proporciona un vehículo de inspección móvil encubierto según la reivindicación 1.

35 40 En una realización, el vehículo comprende además al menos un sensor para determinar una distancia desde al menos uno de la pluralidad de detectores a puntos en la superficie del objeto; y un procesador para procesar la imagen radiográfica obtenida utilizando la distancia determinada del objeto para obtener un número atómico de cada material contenido en el objeto. En otra realización más, el procesador hace que se aplique una corrección de intensidad a la imagen radiográfica obtenida, lo que hace que la intensidad de la imagen de un objeto ubicado a una distancia mayor que una distancia predefinida se reduzca en un factor predefinido y la intensidad de la imagen de un objeto ubicado a una distancia menor que una distancia predefinida se incremente en un factor predefinido.

45 50 En otra realización, la pluralidad de detectores comprende uno de: un detector de centelleo inorgánico tal como NaI(Tl) y un centelleador orgánico tal como poliviniltolueno; cada detector que está acoplado con uno o más dispositivos de lectura sensibles a la luz tales como un tubo fotomultiplicador o un fotodiodo. En otra realización más, la pluralidad de detectores comprende sensores semiconductores que tienen una banda prohibida ancha tal como CdTe, CdZnTe o HgI que pueden operar a temperatura ambiente. En una realización adicional, la pluralidad de detectores comprende sensores semiconductores que tienen una banda prohibida estrecha como HPGe.

En una realización, el vehículo de inspección móvil encubierto comprende además un módulo de adquisición de datos que comprende una pluralidad de detectores, fotomultiplicadores/fotodiodos y circuitería de conversión de

analógico a digital.

Las realizaciones antes mencionadas y otras de la presente se describirán con mayor profundidad en los dibujos y la descripción detallada proporcionada a continuación.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Estas y otras características y ventajas de la presente invención se apreciarán más, a medida que lleguen a ser entendidas mejor con referencia a la descripción detallada cuando se considere en conexión con los dibujos adjuntos:
- la Figura 1A es una ilustración de un vehículo de inspección móvil encubierto, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 10 la Figura 1B es una representación esquemática de un sistema de formación de imágenes por rayos X de cuatro lados que no está de acuerdo con la invención;
- la Figura 1C es una ilustración de una realización del sistema de escaneo de rayos X a bordo del vehículo de vigilancia de la Figura 1A de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 15 la Figura 2A representa una representación, como una función escalonada, de una fuente de rayos X que cambia rápidamente de su condición de haz desactivado a su condición de haz activado, que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 2B ilustra esquemáticamente una operación de formación de imágenes de retrodispersión de tiempo de vuelo, que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 3A representa una imagen radiográfica de retrodispersión sin usar la escala de intensidad o número atómico efectivo;
- 20 la Figura 3B representa una imagen radiográfica de retrodispersión en la que la intensidad de las imágenes del objeto se ha escalado para la distancia, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la Figura 3C representa una imagen cuantitativa radiográfica de retrodispersión escalada por número atómico efectivo, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 25 la Figura 4 es una representación gráfica de un espectro de Bremsstrahlung con un tubo de rayos X de ánodo de tungsteno típico;
- la Figura 5 es una representación gráfica de un espectro de energía media alta para materiales de Z alta y un espectro de energía media baja para materiales de Z más baja;
- la Figura 6 es una representación gráfica de un espectro de rayos gamma con energías más altas en comparación con los rayos X;
- 30 la Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método para obtener un número atómico de cada material contenido en un objeto que se escanea por el vehículo de inspección móvil encubierto de la presente invención;
- la Figura 8 es una ilustración de otra realización del vehículo de inspección móvil encubierto, mostrado en la Figura 1, que ilustra además un sistema de escaneo de rayos X a bordo; la Figura 9 es una representación esquemática de los componentes de un sistema de escaneo que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;
- 35 la Figura 10 es una representación esquemática de los componentes de un sistema de escaneo que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 11 es una representación esquemática de los componentes de un sistema de escaneo que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;
- 40 la Figura 12 muestra una vista esquemática de un elemento detector que se puede emplear de acuerdo con la presente invención; y
- la Figura 13 es una representación esquemática de un sistema de formación de imágenes por radiación que se puede emplear de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada

- 45 La presente especificación está dirigida hacia un sistema de inspección móvil encubierto, que comprende un vehículo, que está equipado con una pluralidad de sensores multimodalidad. La información de vigilancia de la pluralidad de sensores se utiliza para detectar y prevenir actividades subversivas. Por tanto, la presente especificación describe un sistema para proporcionar vigilancia/inspección encubierta y móvil de actividades

subversivas utilizando una pluralidad de sensores de vigilancia multimodalidad.

Además, la presente especificación está dirigida hacia el uso de un sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión que tiene capacidades de detección de amenazas mejoradas como al menos uno de la pluralidad de sensores de vigilancia utilizados.

- 5 En consecuencia, la presente especificación describe un vehículo de inspección móvil encubierto que tiene un sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión a bordo mejorado y equipado además con una pluralidad de componentes o dispositivos de prevención e inspección.

10 En una realización, el sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión incluye, además de los sensores de vigilancia, un sensor, tal como un telémetro láser de escaneo, que mide la distancia de los detectores desde la superficie del objeto bajo inspección.

15 Debido a que es posible mapear la distancia equivalente entre el haz de rayos X en cualquier ángulo y la superficie del objeto determinando las posiciones relativas de la fuente de rayos X y el sensor láser, la presente especificación describe un método mejorado que no se reivindica de generación de una imagen radiográfica del objeto bajo inspección, utilizando esta distancia conocida para generar una imagen corregida por intensidad a una distancia equivalente dada. La imagen corregida luego se usa para mapear un número atómico efectivo de todos los materiales en la imagen radiográfica. Además, estos datos de distancia también se utilizan para proporcionar una corrección geométrica precisa en la imagen para producir una verdadera semejanza de la forma del objeto bajo inspección.

20 En otro aspecto del método mejorado de generación de una imagen radiográfica del objeto bajo inspección que no se reivindica, se aplica un promedio basado en la región adaptativa (tal como usando un filtro estadístico y/o un filtro de mediana). Esto da como resultado una imagen que tiene propiedades estadísticas equivalentes útiles en la determinación de un número atómico efectivo preciso para todas las regiones del objeto bajo investigación. Opcionalmente, el conocimiento de los números atómicos efectivos y sus rangos o variaciones se utiliza para codificar por colores la imagen radiográfica.

25 La presente especificación también describe un método que no se reivindica para medir energías de rayos X individuales a medida que interactúan dentro de al menos un detector con el fin de formar un análisis del contenido espectral del haz de rayos X dispersado.

30 En otra realización, el sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión utiliza además un colimador de dispersión de múltiples elementos para permitir el uso de irradiación de rayos X de haz en abanico para generar la imagen de retrodispersión. Por lo tanto, los rayos X dispersos que se encuentran dentro de un ángulo de aceptación de, por ejemplo, el elemento colimador se detectan y asocian a la parte correspondiente apropiada de la imagen radiográfica de rayos X generada.

Aparte del escáner/sensor de rayos X, la pluralidad de sensores de vigilancia multimodalidad comprende cualquiera o todas las combinaciones de componentes tales como cámaras de CCTV, cámaras infrarrojas, micrófonos de audio, antenas de RF direccionales, antenas de banda ancha, sensores químicos.

- 35 La presente especificación describe un procesador de detección automatizado para integrar y analizar toda la información de vigilancia de la pluralidad de sensores, en tiempo real, para resaltar los elementos de amenaza para su revisión por parte de un operador sentado dentro del vehículo encubierto y/o de manera remota a través de una red inalámbrica segura.

40 La Figura 1A muestra un sistema de inspección móvil encubierto 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema 100 comprende un vehículo 102 relativamente pequeño, tal como una camioneta, que está equipado con una pluralidad de sensores 104 de detección y prevención, tales como dispositivos de escaneo, escucha y difusión. En una realización, el vehículo es un chasis de 3,5 toneladas que tiene una altura inferior a 3 m por encima del nivel de la carretera, una longitud que oscila entre 4 y 6 m y una anchura que oscila entre 2,2 y 2,5 m. En otras realizaciones, el vehículo puede comprender camionetas pequeñas que tienen un peso que oscila entre 1,5 T y 3,5 T.

45 Un aspecto de las realizaciones descritas en la presente memoria es el uso de datos de vigilancia de estos sensores multimodalidad en correlación y/o agregación con datos de un sensor de escaneo de rayos X a bordo. En una realización de la presente invención, el sistema de escaneo de rayos X a bordo del vehículo de vigilancia de la Figura 1A también comprende un sensor con el fin de medir su distancia al objeto, material o punto de dispersión.

50 En una realización, el sensor de rayos X genera una imagen radiográfica de retrodispersión de un objeto desde un solo lado utilizando dispersión de Compton. Esto permite que el vehículo 105 recopile datos de escaneo, de una forma encubierta, a una dosis baja para permitir el escaneo de individuos, vehículos/carga pequeños así como grandes para la detección de dispositivos, materiales e individuos amenazantes.

55 En otra realización que no está de acuerdo con la invención, el sistema de escaneo de rayos X permite escanear varios lados de un vehículo bajo inspección. Por ejemplo, la Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/834.890 y la Solicitud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) Número US 10/41757 ambos titulados "Four-Sided Imaging", y presentada el 12 de julio, 2010 por el Solicitante de la presente memoria descriptiva, describe "[un]

sistema de escaneo para la inspección de la carga, que comprende: un portal que define un área de inspección, dicho portal que comprende un primer lado vertical, un segundo lado vertical, un lado superior horizontal y un base horizontal definida por una rampa adaptada para ser conducida por un vehículo; una primera fuente de rayos X dispuesta en al menos uno del primer lado vertical, el segundo lado vertical o el lado horizontal superior para generar un haz de rayos X en el área de inspección hacia el vehículo; un primer conjunto de detectores de transmisión dispuestos dentro del portal para recibir los rayos X transmitidos a través del vehículo; una segunda fuente de rayos X dispuesta dentro de la rampa de dicho portal para generar un haz de rayos X hacia la parte inferior del vehículo; y un segundo conjunto de detectores dispuestos dentro de la rampa de dicho portal para recibir rayos X que son retrodispersados desde el vehículo.

La Figura 1B es una representación esquemática de una realización del sistema de formación de imágenes de rayos X de cuatro lados 100B descrito en la Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/834.890 y la Solicitud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) Número US10/41757. Como se muestra en la Figura 1B, el vehículo 105 pasa por encima de una rampa 110 y por debajo de un arco 115, que define un portal de inspección. Específicamente, el portal está definido por un primer lado (izquierdo), un segundo lado (derecho), un lado superior y una plataforma inferior, que es una parte de la rampa 110. En una realización, la rampa 110 comprende una base, una primera superficie en ángulo que conduce hacia arriba a un punto de transición plano que define la parte más alta de la rampa, que también funciona como la plataforma inferior, y una segunda superficie en ángulo que conduce de regreso al suelo. La parte más alta de la rampa tiene típicamente entre 50 y 150 mm de altura. En una realización, el arco 115 aloja múltiples detectores de transmisión de rayos X 117 y al menos una fuente de rayos X 119, alojados dentro de un recinto, mostrado como 220 en la Figura 2.

Aunque la Figura 1B representa la fuente de rayos X 119 en el lado izquierdo del portal, un experto en la técnica apreciaría que podría estar en el lado derecho, con una reconfiguración apropiada de los detectores 117. Preferiblemente, el recinto que aloja los rayos X está unido físicamente a la cara exterior del primer lado y tiene una altura aproximada de 1 metro. La posición del recinto depende del tamaño del portal de inspección. En una realización, el recinto ocupa del 20% al 50% de la altura total del primer lado. En una realización, se proporciona una hendidura o abertura en el primer lado, a través de la cual se emiten rayos X. La hendidura o abertura se extiende sustancialmente hacia arriba del primer lado hasta aproximadamente el 100% de la altura. En una realización, la hendidura o abertura se cubre con un recubrimiento delgado que es sustancialmente transparente a los rayos X. En una realización, el recubrimiento delgado se compone de un material tal como aluminio o plástico y además proporciona una protección ambiental.

En una realización, el recinto y la unidad de rayos X comprenden además un primer colimador cerca de la fuente de rayos X y un segundo colimador cerca de la salida, descrito con mayor detalle a continuación. Cuando el recinto de la fuente de rayos X está así colocado, los detectores 117 están colocados en la cara interior del segundo lado y la cara interior del lado superior y ocupan la altura total del segundo lado y la longitud total del lado superior, próximos al segundo lado.

En otra realización, el recinto que aloja los rayos X está unido físicamente a la cara exterior del segundo lado y tiene una altura aproximada de 1 metro. La posición del recinto depende del tamaño del portal de inspección. En una realización, el recinto ocupa del 20% al 50% de la altura total del primer lado. Como se describió anteriormente con respecto al primer lado, si el recinto que aloja los rayos X está en el segundo lado, se proporciona de manera similar una hendidura o abertura en el segundo lado. Los detectores también se colocan de manera similar en las caras interiores del lado superior y el primer lado cuando el recinto está en el segundo lado. En una realización, con un sistema de doble vista, se puede proporcionar un recinto que aloja una fuente de rayos X tanto en el primer lado como en el segundo lado.

Como se muestra en la Figura 1C, el sistema de escaneo de rayos X 200 comprende una fuente de rayos X 205 colimada por un disco giratorio con una pequeña abertura que permite escanear los rayos X en al menos un haz filiforme 206, y preferiblemente una serie de haces filiformes "en movimiento", dentro de un plano sustancialmente vertical desde la fuente de rayos X 205 hasta el objeto 210. Los rayos X 207 se dispersan desde el objeto 210 bajo inspección y algunos de estos alcanzan al menos una matriz de detectores 215 ubicada adyacente a la fuente de rayos X 205 pero fuera del plano descrito por el haz de rayos X en movimiento 206. La intensidad de la señal de retrodispersión 207 es representativa del producto de la distancia al objeto y el número atómico del objeto.

Los expertos en la técnica apreciarán que el tamaño de la señal debido a la dispersión de Compton de los objetos varía como la inversa de la cuarta potencia de la distancia entre la fuente de rayos X y el objeto de dispersión. También se conoce por los expertos en la técnica que los materiales de número atómico bajo son menos eficaces para dispersar los rayos X que los materiales de número atómico alto, mientras que los materiales de número atómico alto son más eficaces para absorber rayos X de una energía dada que los materiales de número atómico bajo. Por lo tanto, el resultado neto es que se dispersan más rayos X que tienen una mayor intensidad de los materiales de número atómico bajo que de los materiales de número atómico alto. Sin embargo, este efecto varía de manera aproximadamente lineal con el número atómico, mientras que la señal de rayos X varía como la inversa de la cuarta potencia de la distancia desde la fuente hasta el objeto de dispersión. Esto también implica que las imágenes radiográficas basadas en dispersión de Compton conocidas son esencialmente de naturaleza binaria (dispersión o no dispersión) dado que la pequeña pero cuantitativa variación del tamaño de la señal debido a la

variación en el número atómico se pierde en la variación bruta en la intensidad de la señal debida a distancias variables desde la fuente de rayos X hasta los puntos de dispersión.

Para corregir la distancia, se proporciona un sensor 220 (adyacente a la fuente de rayos X y los detectores) que es capaz de detectar la distancia a cada punto en la superficie del objeto 210. En una realización, el sensor 220 es ventajosamente un telémetro láser de escaneo en el que un haz de luz infrarroja 221 se dispersa desde la superficie del objeto 210 y el tiempo que tarda el haz pulsado en volver al sensor 220 es indicativo de la distancia a la superficie del objeto 210. Para ejemplo, la Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/959.356 y la Solicitud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes Número USIO/58809, también por el Solicitante de la presente memoria descriptiva, titulada "Time of Flight Backscatter Imaging System" y presentada el 22 de diciembre de 2010, describe un método en el que se utiliza el tiempo de vuelo del haz de rayos X hacia y desde la superficie del objeto bajo inspección para determinar la distancia entre la fuente y el objeto de dispersión.

Un experto normal en la técnica observaría que las distancias entre la superficie del objeto y las matrices de detectores planos son variables, dado que el objeto no tiene lados rectos. Además, dado que en general no se conoce la distancia desde la fuente de rayos X hasta el objeto bajo inspección, generalmente se hace una suposición de que el objeto es plano y está a una distancia fija de la fuente. Por tanto, si el objeto está más cerca de lo que se supone, entonces el objeto parecerá más pequeño en la imagen y, a la inversa, si el objeto está más lejos, entonces parecerá que es más grande. El resultado es una imagen que es representativa del objeto bajo inspección pero no con la geometría correcta. Esto dificulta la identificación de la ubicación precisa de una amenaza o un objeto ilícito dentro del objeto bajo inspección.

La Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/959.356 y la Solicitud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes Número US 10/58809 abordan el problema anterior integrando el procesamiento del tiempo de vuelo en imágenes de retrodispersión convencionales. Los rayos X viajan a una velocidad constante que es igual a la velocidad de la luz (3×10^8 m/s). Por lo tanto, un rayo X recorrerá una distancia de 1 m en 3,3 ns o de manera equivalente, en 1 ns (10^{-9} s) un rayo X recorrerá 0,3 m. Por tanto, si la distancia entre una fuente de retrodispersión y el objeto bajo inspección es del orden de 1 m, corresponde a alrededor de 3 ns de tiempo de tránsito. De manera similar, si el detector de rayos X de retrodispersión también se sitúa a aproximadamente 1 m de la superficie del objeto, corresponde a 3 ns adicionales de tiempo de tránsito. Por tanto, la señal recibida en el detector se debería recibir, en este ejemplo, 6 ns después de que el haz de rayos X comenzara su tránsito desde el tubo de rayos X. En resumen, el tiempo de tránsito de los rayos X está directamente relacionado con la distancia de los detectores hacia o desde el objeto. Dichos tiempos, aunque bastante cortos, se pueden medir utilizando circuitería de detección conocidos por los expertos en la técnica.

La distancia mínima está prácticamente asociada con la resolución temporal del sistema. Los objetos pueden estar próximos a la fuente, pero no se verá mucha señal dispersa dado que la dispersión generalmente se dirigirá de regreso a la fuente de rayos X en lugar de a un detector. Un límite inferior práctico, o la distancia mínima entre el plano del sistema y la parte más cercana del objeto a ser inspeccionado, es de 100 mm. Cuanto más lejos esté el objeto del detector, menor será el tamaño de la señal y, por tanto, un límite superior práctico para la distancia es del orden de 5 m.

En los sistemas de la presente solicitud, como se muestra esquemáticamente en las Figuras 2A y 2B, la distancia entre la fuente de rayos X y el objeto bajo inspección se determina con precisión registrando el tiempo que tarda un rayo X en salir de la fuente y llegar al detector. La Figura 2A representa una representación, como una función escalonada, de una fuente de rayos X que cambia rápidamente de su condición de haz desactivado a su condición de haz activado. Mientras que 201 representa la función escalón en la fuente, 202 representa la respuesta del detector. Por tanto, como se puede ver en 201 y 202, después de que el haz se enciende desde su estado desactivado en la fuente, el detector responde con una respuesta similar a una función escalón después de un retardo de tiempo en 203. Haciendo referencia a la Figura 2B, como la fuente 209 emite un haz filiforme 211 de rayos X hacia el objeto 212, algunos de los rayos X 213 se transmiten al objeto 212, mientras que algunos rayos X 214 se retrodispersan hacia los detectores 217.

Se puede señalar que existen diferentes longitudes de trayectoria desde el punto de interacción de rayos X (con el objeto) hasta la matriz de detectores de rayos X. Por lo tanto, si se usa un detector grande, habrá una borrosidad al comienzo del pulso escalón en el detector, donde el borde delantero del comienzo del pulso se deberá a la señal de la parte del detector que está más cerca del punto de interacción, y el borde posterior del inicio del pulso se deberá a la señal de las partes del detector que están más alejadas del punto de interacción. Un sistema práctico puede mitigar tales efectos de borrosidad temporal al segmentar el detector de manera que cada detector vea solo una pequeña borrosidad y los cambios en el tiempo de respuesta proporcionen una mejora adicional en la localización de la posición de interacción precisa, mejorando por lo tanto la determinación del perfil de la superficie del objeto bajo inspección.

El tamaño del detector (mínimo y/o máximo) que evitaría tales efectos de borrosidad descritos anteriormente es proporcional a la resolución temporal del sistema. Por tanto, un sistema con resolución temporal de 0,1 ns tiene detectores del orden de 50 mm de tamaño. Un sistema con resolución de tiempo de 1 ns tiene detectores del orden de 500 mm de tamaño. Por supuesto, se pueden usar detectores más pequeños para mejorar la precisión estadística en la medición del tiempo, pero a expensas de un número reducido de fotones de rayos X en la señal de

intensidad, por lo que existe un compromiso en un diseño de sistema práctico que generalmente está limitado por el producto del brillo de la fuente y el diámetro del colimador de escaneo.

Haciendo referencia a la Figura 1C, se debería apreciar que conociendo las posiciones relativas de la fuente de rayos X 205 y el sensor láser 220, la distancia equivalente entre el haz de rayos X 206 en cualquier ángulo y la superficie del objeto 210 se mapea utilizando una tabla de búsqueda geométrica (para eficiencia computacional). Esta distancia conocida se usa luego para aplicar una corrección de intensidad a los datos de dispersión de rayos X medidos para producir una imagen radiográfica a una distancia equivalente dada de, digamos, 1 m. Por tanto, los objetos que están más cerca de 1 m verán reducida su intensidad en un factor de $1/(1 - distancia)^4$ mientras que los objetos más lejanos que 1 m verán aumentada su intensidad en un factor de $1/(1 + distancia)^4$. La imagen corregida cuantitativamente así producida se usa luego para mapear un número atómico efectivo de todos los materiales en la imagen radiográfica, como se muestra en las Figuras 3A a 3C. Como se muestra en la Figura 3A, la imagen radiográfica 305 representa una imagen de dos objetos obtenidos utilizando un sistema de escaneo de rayos X sin escala de intensidad o de número atómico efectivo, el inferior 302 que está cerca de la fuente de rayos X y el superior 304 que está más lejos de la fuente. El objeto inferior 302 se muestra brillante mientras que la imagen superior 304 se ve que es tenue.

Haciendo referencia ahora a la Figura 3B, la imagen 310 muestra el resultado de escalar la intensidad para la distancia donde el objeto inferior 307 ahora es más claro que en la imagen 305 mientras que el objeto superior 308 ahora es más brillante que el objeto inferior 307. Esto sugiere que el objeto superior 308 tiene un número atómico más bajo que el objeto inferior 307. Esto contrasta con la imagen original 305, en donde los números atómicos relativos son típicamente propensos a tergiversarse.

De acuerdo con otro aspecto de la presente solicitud, se reconoce que la señal dispersada debido a objetos más alejados de la fuente de rayos X tiene una relación señal a ruido más pobre que la señal de los objetos dispersados más cerca de la fuente. Esto implica que la medición de la distancia se puede utilizar aún más para implementar un método de promediado basado en la región adaptativa por el cual la señal de regiones alejadas de la fuente se promedia en una región más grande, de manera que la dimensión lineal de estas regiones se escala como el cuadrado de la distancia desde la fuente al objeto. Este efecto se muestra en la imagen 315 de la Figura 3C. En la Figura 3C, el objeto superior 313 se ha promediado sobre regiones más grandes que el objeto inferior 312 dando como resultado así propiedades estadísticas equivalentes útiles al determinar un número atómico efectivo exacto para todas las regiones en el objeto bajo investigación. En una realización preferida que no se reivindica en sí misma, el método de promediado de la región adaptativa se implementa utilizando un filtro estadístico para determinar si es probable que un píxel dado sea parte del objeto de dispersión principal, o parte de un objeto adyacente en el que este valor no debería ser utilizado para calcular el promedio de la región.

En una realización, un filtro estadístico adecuado enumera todos los valores de píxeles dentro de una región (por ejemplo, un bloque de 7x7), los clasifica en orden y luego determina el valor medio y la desviación estándar del rango central de valores. Cualquier píxel dentro de todo el bloque cuya intensidad sea más de 2 desviaciones estándar del valor medio dentro de ese bloque se considera que es parte de un objeto adyacente. Se puede desarrollar una variedad de filtros estadísticos que pueden usar atributos estadísticos de orden superior, tales como la asimetría, para refinar el análisis. Los métodos alternativos, tales como el filtrado de mediana, que pueden mitigar los efectos de límite entre las características de la imagen, son bien conocidos por los expertos en la técnica y todos de tales métodos se pueden aplicar adecuadamente dentro del alcance de la presente invención.

De acuerdo con otro aspecto más descrito en la presente memoria descriptiva, en una realización, los píxeles individuales de la imagen 310 se colorean según los valores de la imagen cuantitativa 315 escalados por el número atómico efectivo. Aquí, los píxeles de distancia normalizada se colorean de forma individual (para asegurar una imagen de aspecto nítido) en base a los resultados de la imagen promediada de la región 315 con estadísticas mejoradas. También se pueden utilizar esquemas alternativos para la coloración de píxeles. Por ejemplo, los píxeles con número atómico efectivo inferior a 10 se colorean de naranja (correspondientes a materiales orgánicos tales como explosivos), los píxeles con números atómicos efectivos entre 10 y 20 se colorean de verde (correspondiente a materiales inorgánicos de número atómico bajo tales como narcóticos) mientras que los materiales con números atómicos efectivos superiores a 20, como el acero, se colorean de azul. Todavía alternativamente, se puede usar un espectro de arco iris en el que el color de los píxeles cambia de rojo a amarillo, verde y azul a medida que aumenta el número atómico efectivo. Se pueden seleccionar muchas otras tablas de colores dependiendo de la preferencia y la aplicación.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente memoria descriptiva, se reconoce que el haz de la fuente de rayos X es divergente desde un punto que generalmente está situado al menos a un metro del nivel del suelo. Esto implica que la imagen sin procesar 305 está realmente distorsionada, con las regiones en el centro de la imagen que son anormalmente anchas en comparación con las regiones en la parte superior e inferior de la imagen que son anormalmente estrechas. En los métodos convencionales, se aplica una corrección geométrica según una función de tipo coseno que hace la suposición de un objeto de lados planos a una distancia fija de la fuente. Por el contrario, en una realización de la presente invención, los datos de distancia desde el sensor láser de escaneo 220 de la Figura 1C se utiliza para proporcionar una corrección geométrica precisa para producir una verdadera semejanza de la forma del objeto bajo inspección.

La presente invención también pone el foco en la composición espectral del haz de rayos X que es incidente sobre el objeto bajo inspección. En consecuencia, en una realización es ventajoso crear el haz de rayos X usando un tubo de rayos X con una diferencia de potencial de ánodo-cátodo en el rango de 160 kV a 320 kV con una corriente de tubo en el rango de 1 mA a 50 mA dependiendo de la dosis permisible al objeto bajo inspección y presupuesto de peso y potencia para la configuración final del sistema. Independientemente del voltaje y la corriente del tubo, se produce un amplio espectro de energías de rayos X, como se muestra en la FIG. 4. Aquí, es visible un amplio espectro de Bremsstrahlung 405 complementado por picos de fluorescencia 410 a 60 keV con un tubo de ánodo de tungsteno típico.

Se debería señalar que, como resultado de la dispersión de Compton, los rayos X retrodispersados hacia los detectores son generalmente de menor energía que los que interactúan en el objeto en sí mismo, y así el haz disperso tiene una energía media menor que el haz incidente. Además, el impacto del objeto de dispersión es filtrar preferentemente el haz de rayos X, eliminando más y más componentes de menor energía del haz cuanto mayor sea el número atómico efectivo del objeto de dispersión. Este fenómeno se muestra en la Figura 5 donde un material de número atómico alto (Z) representa un espectro de energía media más alto 505 mientras que un material de número atómico más bajo (Z) está representado por un espectro de energía media relativamente más bajo 510, permitiendo así discernir entre elementos de Z bajo de elementos de Z relativamente alto.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1C, los detectores 215 miden la energía de los rayos X 207 que llegan a los detectores 215 después de ser dispersados por el objeto 210. En una realización, cada detector 215 comprende un detector de centelleo inorgánico tal como NaI(Tl) o un centelleador orgánico tal como poliviniltolueno acoplado directamente a uno o más dispositivos de lectura sensibles a la luz, tales como un tubo fotomultiplicador o un fotodiodo. En una realización alternativa, los detectores comprenden sensores semiconductores tales como semiconductores que tienen una banda prohibida amplia que incluye, pero no se limita a, CdTe, CdZnTe o HgI que pueden funcionar a temperatura ambiente; o semiconductores que tienen una banda prohibida estrecha tales como, pero no limitados, HPGe que necesita ser operado a bajas temperaturas. Independientemente de la configuración del detector elegida, el objetivo es medir energías de rayos X individuales a medida que interactúan en el detector para formar un análisis del contenido espectral del haz de rayos X disperso 207.

Los expertos en la técnica apreciarán que el módulo de adquisición de datos (que comprende típicamente detectores, fotomultiplicadores/fotodiodos y circuitería de conversión de analógico a digital y bien conocidos por los expertos en la técnica) se sincronizará con la posición del haz de rayos X primario 206 con el fin de recoger un espectro para cada punto de fuente de rayos X que interactúa. Por ejemplo, el sistema de rayos X 200 se puede configurar para recopilar 300 líneas por segundo con 600 píxeles por línea de imagen. En este caso, el tiempo de permanencia equivalente del haz de rayos X primario en cada punto de origen es $1/180000 \text{ s} = 5,5$ por punto y los detectores necesitan ser capaces de registrar varios cientos de rayos X durante este tiempo. Para lograr las tasas de recuento necesarias, una realización usa un número pequeño de detectores de respuesta rápida (tales como centelleadores de plástico de poliviniltolueno con lectura de fotomultiplicador) o un número mayor de detectores de respuesta lenta (tales como centelleadores de NaI con lectura de fotomultiplicador), dependiendo de factores tales como el coste y la complejidad.

Dada la adquisición del espectro de rayos X en cada punto de muestra y los fenómenos descritos con referencia a las Figuras 4 y 5, sería evidente para los expertos en la técnica que las propiedades estadísticas del espectro de rayos X pueden proporcionar información adicional sobre el número atómico efectivo del material de dispersión en cada sitio de interacción de haz primario. Usando la información de distancia conocida, el área del espectro se puede corregir para producir un resultado cuantitativo mejorado (como se discutió anteriormente), mientras que propiedades tales como la energía media, la energía pico y la asimetría del espectro proporcionan los parámetros cuantitativos que se requieren para un análisis de materiales preciso.

Como ejemplo, un objeto que se dispersa lejos del detector producirá una señal naturalmente tenue, y el brillo mostrado de este objeto que se corrige a través del uso de información de distancia conocida, tal como la proporcionada por un láser de escaneo. Dado que la señal de la región se forma a partir de un número limitado de fotones de rayos X dispersos, las propiedades de la señal se pueden describir utilizando estadísticas gaussianas. La corrección de ganancia para tener en cuenta la distancia desde la fuente se aplica de una forma lineal, y así la región aún mantiene sus propiedades estadísticas originales aunque su valor medio se haya escalado a un valor mayor.

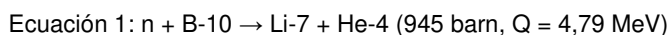
Como se identifica en la Figura 5, la composición espectral del haz disperso es dependiente del número atómico efectivo del material de dispersión. La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método para obtener un número atómico de cada material contenido en un objeto que se escanea por el vehículo de inspección móvil encubierto de la presente invención. En el paso 702, se obtiene una verdadera extensión de cada región de la imagen radiográfica usando un filtro estadístico adecuado como se describió anteriormente. Una verdadera extensión de una región permite determinar un límite de cada material constituyente. Por tanto, la verdadera extensión se refiere al área física sobre la que se extiende el objeto. Es deseable encontrar el punto en el que termina un objeto y en el que comienza el siguiente objeto, de modo que solo se utilicen los píxeles del objeto actual en la formación de imágenes cuantitativas, sin los efectos de la contaminación de los objetos adyacentes. En el paso 704, se calcula una energía media de cada señal detectada junto con una desviación estándar y la asimetría de las energías de los píxeles presentes en cada región. En el paso 706, se calcula un producto de la desviación estándar

calculada y una energía media de las energías de los píxeles de los píxeles presentes en cada región. En el paso 708, el producto calculado se compara con una escala predeterminada en la que un valor bajo del producto corresponde a un material de número atómico bajo y un valor alto del producto corresponde a un material de número atómico alto.

5 Además, se debería apreciar que los datos de dispersión de rayos X son generalmente de baja energía y, a menudo, por debajo de 100 keV en magnitud. Por el contrario, los rayos gamma de fuentes radiactivas, que pueden estar presentes en el objeto bajo inspección, típicamente tendrán una energía mucho mayor (por ejemplo, el Co-60 tiene rayos gamma a 1,1 y 1,3 MeV, mientras que el Cs-137 emite rayos gamma a 662keV). Como se muestra en la Figura 6, por lo tanto, es posible discriminar estos rayos gamma de alta energía, representados por los espectros 10 605 y 606, de los rayos X dispersados de baja energía 610, permitiendo así la adquisición simultánea de señales de retrodispersión de rayos X activos junto con la detección pasiva de rayos gamma de acuerdo con un aspecto de la presente invención, titulada "Composite Gamma Neutron Detection System" y presentada el 22 de diciembre de 2010, describe un método para la detección simultánea de rayos gamma y neutrones con discriminación de forma de pulso 15 para discriminar entre los dos efectos. Este método también es aplicable a la invención actual.

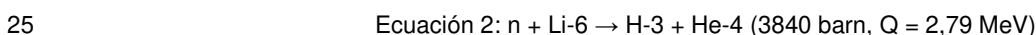
Como se describe en la Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/976.861, varios núcleos tienen una sección transversal alta para la detección de neutrones térmicos. Estos núcleos incluyen He, Gd, Cd y dos núcleos de sección transversal particularmente alta: Li-6 y B-10. En cada caso, después de la interacción de un núcleo de sección transversal alta con un neutrón térmico, el resultado es un ion energético y una partícula energética 20 secundaria cargada.

Por ejemplo, la interacción de un neutrón con un núcleo B-10 se puede caracterizar por la siguiente ecuación:



Aquí, la sección transversal y el valor Q, que es la energía liberada por la reacción, se muestran entre paréntesis.

De manera similar, la interacción de un neutrón con un núcleo de Li-6 se caracteriza por la siguiente ecuación:



Se sabe que las partículas cargadas y los iones pesados tienen un corto alcance en la materia condensada, viajando generalmente solo unas pocas micras desde el punto de interacción. Por lo tanto, hay una alta tasa de deposición de energía alrededor del punto de interacción. En la presente invención, las moléculas que contienen núcleos con una alta sección transversal de neutrones se mezclan con moléculas que proporcionan una respuesta de centelleo 30 cuando se excitan por la deposición de energía. Por tanto, la interacción de neutrones con Li-6 o B-10, por ejemplo, da como resultado la emisión de un destello de luz cuando se entremezcla con un material de centelleo. Si esta luz se transporta a través de un medio a un fotodetector, entonces es posible convertir la señal óptica en una señal electrónica, donde esa señal electrónica es representativa de la cantidad de energía depositada durante la interacción de los neutrones.

35 Además, materiales tales como Cd, Gd y otros materiales que tienen una sección transversal de captura térmica alta sin emisión de partículas pesadas producen electrones de conversión interna de baja energía, electrones Auger, rayos X y rayos gamma que oscilan en energía entre unos pocos keV y varios MeV emitidos sustancialmente al mismo tiempo. Por lo tanto, una capa de estos materiales, o bien cuando se mezclan en una base de centelleo o bien cuando se fabrican en un centelleador, tal como el oxisulfuro de gadolinio (GOS) o el tungstato de cadmio 40 (CWO), producirán luz (probablemente menos que las partículas más pesadas). El GOS típicamente viene con dos activadores, dando como resultado decaimientos lentos (del orden de 1 ms) y rápidos (del orden de $5 \mu\text{s}$). El CWO tiene una constante de decaimiento relativamente rápida. Dependiendo de la energía total, una parte significativa de la energía se depositará en la capa, mientras que algunos de los electrones depositarán la energía en el centelleador circundante. Además, los copiosos rayos X y rayos gamma producidos después de la captura térmica 45 interactuarán en el centelleador circundante. Por tanto, las interacciones de neutrones darán como resultado eventos con constantes de decaimiento tanto lentas como rápidas. En muchos casos, las señales de neutrones consistirán en una señal con componentes tanto lentos como rápidos (a los que se hace referencia como "coincidencia") debido al entrelazamiento de electrones en la capa y los rayos gamma que interactúan en el centelleador circundante.

La respuesta de centelleo del material que rodea los núcleos de Li-6 o B-10 se puede ajustar de manera que esta luz se pueda transportar a través de un segundo centelleador, tal como un centelleador de plástico en una realización, con una característica que se selecciona para responder a la radiación gamma únicamente. En otra realización, el material que rodea al Li-6 o B-10 no es un centelleador, sino un plástico transparente no centelleante que da como resultado un detector que solo es sensible a los neutrones. 50

Por tanto, el centelleador de plástico es sensible tanto a los neutrones como a los rayos gamma. Cuando un neutrón se thermaliza y posteriormente se captura por el H en el detector, también se emite un rayo gamma de 2,22 MeV, que a menudo se detecta. De esta manera, la invención descrita en la Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/976.861 logra un detector compuesto gamma-neutrones capaz de detectar neutrones así como radiación gamma 55

con alta sensibilidad. Además, el detector compuesto también proporciona una excelente separación de las firmas gamma y de neutrones. Se debería señalar en la presente memoria que además de partículas cargadas, B-10 produce rayos gamma. Por lo tanto, al usar materiales que producen rayos gamma siguiendo a la captura de neutrones, el resultado puede ser una detección que parece rayos gamma. La mayoría de las aplicaciones, sin embargo, quieren detectar neutrones; por tanto, el detector descrito es ventajoso por que también detecta los neutrones.

La Figura 8 muestra otra realización del sistema de escaneo de rayos X 800 de la presente invención que además usa un colimador de dispersión de múltiples elementos 816 para permitir el uso de irradiación de rayos X de haz en abanico para generar la imagen de retrodispersión. Aquí, la fuente de rayos X 805 emite un haz de abanico 806 de radiación hacia el objeto 810. Una matriz de detectores segmentados 815 está ubicada detrás de un colimador de múltiples elementos 816, un elemento detector por sección de colimador. El colimador 816 está diseñado para permitir que los rayos X entren desde un rango angular estrecho, típicamente menos de +/- 2 grados con respecto a la perpendicular a la matriz de detectores 815. Los rayos X 807 que se dispersan desde varios puntos en el objeto 810 que se encuentran dentro del ángulo de aceptación de, por ejemplo, el elemento colimador 816 se detectan y asocian a la parte correspondiente apropiada de la imagen radiográfica de rayos X generada. Nuevamente, se proporciona un sensor 820 para medir la distancia a la superficie del objeto 810 con el fin de corregir la señal de retrodispersión de rayos X y producir una imagen cuantitativa escalada por el número atómico efectivo. La Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/993.831, también del Solicitante de la presente invención, titulada "High-Energy X-Ray Inspection System Using A Fan-Shaped Beam and Collimated Backscatter Detectors", y presentada el 19 de noviembre de 2010, describe el uso de tal colimador de dispersión de múltiples elementos.

Una configuración del sistema descrita en la Solicitud de Patente de EE. UU. Número 12/993.831 pero no de acuerdo con la presente invención se esboza en las Figuras 9 a 11. Aquí, un acelerador lineal de rayos X 20 se usa para disparar un haz de abanico colimado de alta energía (al menos 900 keV) de radiación X a través de un objeto 22 bajo inspección y a un conjunto de detectores de rayos X 24 que se pueden usar para formar una imagen de rayos X de transmisión de alta resolución del artículo bajo inspección. El haz del acelerador lineal de rayos X se pulsa, de modo que a medida que el objeto bajo inspección se mueva a través del haz, el conjunto de proyecciones unidimensionales se puede adquirir y apilar posteriormente para formar una imagen bidimensional.

En esta configuración del sistema, un detector de retrodispersión de rayos X 26 se coloca cerca del borde de la región de inspección en el mismo lado que el acelerador lineal de rayos X 20 pero desplazado a un lado del haz de rayos X de modo que no atenúe el haz de rayos X de transmisión en sí mismo. Como se muestra en la Figura 10, es ventajoso utilizar dos detectores de imágenes de retrodispersión 26, uno a cada lado del haz primario. Los detectores de retrodispersión se pueden disponer de manera diferente. Puede haber más de dos de tales detectores.

A diferencia de los detectores de imágenes de retrodispersión conocidos que utilizan la localización del haz de rayos X incidente para definir la región de dispersión, el detector de formación de imágenes de retrodispersión descrito es capaz de correlacionar espacialmente la intensidad de las señales de rayos X retrodispersadas con su punto de origen independientemente de la forma de haz de abanico extendido del haz de rayos X.

En el detector de formación de imágenes de retrodispersión 26, este mapeo espacial se realiza utilizando un colimador segmentado 28 en una configuración de placa de zona como se muestra esquemáticamente en la Figura 11. Normalmente, una placa de zona comprenderá una serie de patrones claramente definidos cuya función de respuesta al impulso es bien conocida en el plano de un sensor de formación imágenes bidimensional que está ubicado detrás del sensor. En el presente caso, la energía del haz de rayos X a ser detectada está típicamente en el rango de 10 keV a 250 keV y, así, los bordes del patrón de placa de zona no serán nítidos. Por ejemplo, una placa de zona fabricada usando plomo requerirá un material con un grosor típicamente de 2 mm a 5 mm. Además, es costoso fabricar un sensor de formación de imágenes bidimensional de alta resolución del tamaño que se requiere en esta solicitud.

Sin embargo, se observa que el haz de radiación está bien colimado en una dirección (el ancho del haz del abanico de radiación) y, por lo tanto, el problema de formación de imágenes se reduce a un problema unidimensional más que bidimensional. Por lo tanto, detrás de la placa de zona 28 se proporciona un detector de retrodispersión en forma de un sensor de formación de imágenes 30 efectivamente unidimensional. Para abordar este problema, se usa un detector de retrodispersión elemental en esta realización. Como se muestra en la Figura 11, el detector 30 comprende una pluralidad de elementos detectores 32. La FIG. 12 ilustra un elemento detector 32 adecuado para su uso en este ejemplo. Aquí, el elemento detector 32 comprende una barra de material de centelleo (de alrededor de 100 mm de largo en este ejemplo) y se suministra con un fotodetector 34 en cada extremo. El fotodetector 34 puede ser ventajosamente un fotodiodo semiconductor o un tubo fotomultiplicador. Los fotones de rayos X que interactúan en el material de centelleo emiten fotones de luz y estos viajarán a los dos fotodetectores donde se pueden detectar. Se puede demostrar que la intensidad de la luz que llega a cada fotodetector es en proporción a la distancia del punto de interacción desde la cara del fotodetector. Por lo tanto, midiendo la intensidad relativa en los dos fotodetectores, se puede resolver el punto de interacción del fotón de rayos X con el detector.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 1A, el vehículo de vigilancia encubierto 105 está equipado con una pluralidad de otros sensores 110, aparte del sistema de escaneo de rayos X.

Las imágenes de CCTV en color de longitud de onda óptica se recopilan en la parte delantera y los lados del vehículo, idealmente utilizando la capacidad de giro, inclinación y zoom, para permitir una revisión clara de todas las ubicaciones alrededor del vehículo. En una realización, las imágenes de las cámaras de circuito cerrado de televisión se analizan para leer la matrícula y los códigos del contenedor y estos datos también se archivan junto con los rayos X y todos los demás datos de vigilancia. De manera similar, las cámaras infrarrojas también se pueden usar para monitorizar la escena alrededor del vehículo para buscar personal inesperadamente cálido o frío como indicación de estrés o presencia de artefactos explosivos improvisados. Estos datos también se archivan junto con los rayos X y todos los demás datos de vigilancia. En una realización, también se instalan micrófonos de audio alrededor del vehículo para escuchar los sonidos que se están produciendo en las proximidades del vehículo. Se instalan micrófonos especializados con capacidad de giro e inclinación para escuchar sonidos de puntos específicos a cierta distancia del vehículo, esta dirección que se analiza a partir de los datos de imágenes de CCTV e IR.

Las antenas direccionales de RF (Radiofrecuencia) se instalan en la piel del vehículo para escuchar la presencia de dispositivos electrónicos en las proximidades del vehículo. Estos datos se integran con el resto de datos de vigilancia. De manera similar, las antenas de banda ancha se instalan con dispositivos de recepción que monitorizan los canales de comunicación que pueden ser utilizados por los servicios policiales, militares y de emergencia. Nuevamente, se instalan antenas de RF para monitorizar las comunicaciones de teléfonos móviles, incluyendo los mensajes de texto de la región local alrededor del vehículo.

En una realización, también se instalan sensores químicos para monitorizar la composición del aire alrededor del vehículo para detectar trazas de explosivos, narcóticos y otros compuestos relevantes, y estos datos se integran con los generados por las imágenes y otros sensores.

De acuerdo con la presente invención, un procesador de detección automatizado integra y analiza toda la información de vigilancia de la pluralidad de sensores 110, en tiempo real, para resaltar los elementos de amenaza para revisión por un operador sentado dentro del vehículo 105 y/o de manera remota a través de una red inalámbrica segura. Los datos de los sensores individuales se analizan en busca de firmas clave. Por ejemplo, los datos de rayos X se analizan para la detección de artefactos explosivos improvisados o la presencia de materiales orgánicos en lugares inesperados (tales como los neumáticos de un automóvil). Los datos de CCTV se analizan en busca de placas de matrícula con una verificación cruzada frente a una base de datos de aplicación de la ley. La información de audio se analiza en busca de palabras clave tales como "bomba" o "drogas", de frases inesperadamente rápidas o deliberadas que pueden indicar estrés, o de un idioma no nativo en presencia de un idioma nativo de fondo, por ejemplo. Una vez que se ha analizado una parte de la información para comprender una amenaza o riesgo, esta se escala en un árbol de decisiones y luego se compara frente el análisis de riesgos automatizado de otros sensores. Si se detectan riesgos correlacionados, se activa una alarma de amenaza significativa para una acción inmediata por un operador humano. Si no se detecta ningún riesgo correlacionado, se genera una alarma de amenaza moderada para una revisión por el operador. El resultado es un flujo de información gestionado en el que toda la información de vigilancia de los sensores se analiza en todo momento, y solo la información de amenazas significativa se pasa por el árbol de decisiones para llegar al nivel final de una alerta a un operador del sistema. El procesador de detección, en una realización, es un ordenador con microprocesador que ejecuta un código relevante programado para gestionar el flujo de información y decisión en base a la correlación y agregación de la pluralidad de información de vigilancia.

La Solicitud de Patente Provisional de Gran Bretaña Número 1001736.6, titulada "Image Driven Optimization", y presentada el 3 de febrero de 2010, y la Solicitud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) Número GB2011/050182 titulada "Scanning Systems", y presentada el 3 de febrero de 2011 por el solicitante de la presente especificación, describe un sistema de escáner que comprende un generador de radiación dispuesto para generar radiación para irradiar un objeto, y medios de detección dispuestos para detectar la radiación después de que haya interactuado con el objeto y generar una secuencia de conjuntos de datos del detector. Haciendo referencia a la Figura 13, se describen un sistema de escáner comprende un sistema de generación de haz de rayos X que incluye una fuente de radiación blindada 10, un conjunto de colimador primario 12A y un conjunto de colimador secundario 12B, y un conjunto de detectores de radiación 14 configurados en una matriz plegada en forma de L 16.

El conjunto de colimador primario 12A actúa para restringir la radiación emitida por la fuente 10 en un haz sustancialmente en forma de abanico 18. El haz 18 tendrá típicamente un ángulo de abanico en el rango de +/- 20 grados a +/- 45 grados con un ancho en los elementos detectores 14 en el rango de 0,5 mm a 50 mm. El segundo conjunto de colimador 12B está montado de manera ajustable y la posición de los dos segundos colimadores 12B se puede ajustar por medio de actuadores 20, bajo el control de un procesador de decisiones 22. Los detectores 14 emiten señales de detección indicativas de la intensidad de radiación que detectan y estas forman, después de la conversión y el procesamiento descritos con más detalle a continuación, los datos básicos de la imagen que se introducen en el procesador de decisiones 22. El procesador de decisiones 22 está dispuesto para analizar los datos de la imagen y controlar los actuadores 20 para controlar la posición del segundo conjunto de colimador 12B en respuesta a los resultados de ese análisis. El procesador de decisiones 22 también está conectado a una entrada de control de la fuente de radiación 10 y dispuesto para generar y variar una señal de control que proporciona a la entrada de control para controlar la energía y el tiempo de los pulsos de rayos X generados por la fuente de radiación 10. El el procesador de decisiones 22 también está conectado a una pantalla 24 en la que se puede mostrar una imagen del objeto representado, generada a partir de los datos de la imagen.

5 A modo de ejemplo, la fuente de radiación 10 puede comprender un acelerador lineal de alta energía con un material objetivo adecuado (tal como tungsteno) que produce un espectro de rayos X amplio con una calidad de haz típica en el rango de 0,8 MV a 15 MV desde un punto focal relativamente pequeño típicamente en el rango de 1 mm a 10 mm de diámetro. La fuente de radiación 10 en este caso sería pulsada con una frecuencia de repetición de pulso generalmente en el rango de 5 Hz a 1 kHz donde procesador de decisiones la tasa real de pulsación se determina por el procesador de decisiones 22. Los detectores 14 en este caso se fabrican ventajosamente a partir de un conjunto de cristales de centelleo (generalmente se prefieren centelleadores de alta densidad tales como CsI, CdW04, ZnW04, LSO, GSO y similares) que se acoplan ópticamente a un detector de luz adecuado, tal como un fotodiodo o un tubo fotomultiplicador. Las señales de estos detectores 14 se convierten en valores digitales mediante un circuito electrónico adecuado (tal como un integrador de corriente o un amplificador de transimpedancia con filtrado de ancho de banda seguido de un convertidor de analógico a digital) y estos valores digitales de las mediciones de intensidad muestreadas se transfieren al procesador de decisiones 22 para el análisis. Los colimadores primario 12A y secundario 12B en este caso se fabrican ventajosamente con materiales de alta densidad tales como plomo y tungsteno.

10

15 Se instala una pluralidad de dispositivos activos en el vehículo 105 para ayudar a mitigar las amenazas que pueden estar presentes en las proximidades del vehículo de inspección encubierto en sí mismo. Por ejemplo, se puede instalar un dispositivo de interferencia para bloquear la comunicación de teléfonos móviles. Este dispositivo se puede encender automáticamente en ciertas situaciones en base a los resultados del procesador de decisiones automatizado. Por ejemplo, si se detecta un artefacto explosivo improvisado en las proximidades del vehículo, el dispositivo de interferencia se enciende automáticamente para bloquear los comandos hablados a un subversivo o para evitar la comunicación directa con el disparador del artefacto explosivo. También se puede instalar un dispositivo de interferencia para bloquear las comunicaciones por satélite requeridas con el fin de evitar las comunicaciones telefónicas por satélite que pueden dar como resultado actividad subversiva.

20

25 En una realización, el vehículo de inspección encubierto 105 se opera por una sola persona con la responsabilidad principal de conducir el vehículo. Los datos de vigilancia se pueden difundir de vuelta a una ubicación de inteligencia central en tiempo real, según sea necesario, con la descarga de los datos de vigilancia archivados completos una vez que el vehículo regrese a su ubicación de origen. En otra realización, el vehículo de inspección encubierto 105 también se dota con espacio para otro operativo de seguridad cuya tarea es monitorizar el flujo de datos de vigilancia a medida que llega desde la pluralidad de sensores, o bien en paralelo con el procesador de decisiones automatizado o bien como consecuencia de la información del procesador de decisiones automatizado. Este operador se dota con comunicación inalámbrica segura bidireccional de vuelta a una ubicación de inteligencia central para realizar transacciones de instrucciones y acciones según sea necesario.

30

REIVINDICACIONES

1. Un vehículo de inspección móvil encubierto (105) que comprende:
- a. un sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión que comprende una fuente de rayos X (20) y una pluralidad de detectores (30) para obtener una imagen radiográfica de un objeto fuera del vehículo; y
 - 5 b. uno o más sensores (110) para obtener datos de vigilancia de un área predefinida que rodea al vehículo; y caracterizado por que comprende además:
 - c. un procesador de detección configurado para:
analizar los datos de vigilancia y los datos del sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión para firmas clave,
 - 10 detectar riesgos correlacionados entre los datos de vigilancia y los datos del sistema de escaneo de rayos X de retrodispersión, y
activar una alarma de amenaza significativa para una acción inmediata por un operador humano si se detecta un riesgo correlacionado o activar una alarma de amenaza moderada para revisión por un operador humano si no se detecta ningún riesgo correlacionado.
- 15 2. El vehículo de inspección móvil encubierto según la reivindicación 1 que comprende además al menos un sensor para determinar una distancia desde al menos uno de la pluralidad de detectores a puntos en la superficie del objeto; y un procesador para procesar la imagen radiográfica obtenida utilizando la distancia determinada del objeto para obtener un número atómico de cada material contenido en el objeto.
- 20 3. El vehículo de inspección móvil encubierto según la reivindicación 2, en donde el procesador hace que se aplique una corrección de intensidad a la imagen radiográfica obtenida, haciendo así que la intensidad de la imagen de un objeto situado a una distancia mayor que una distancia predefinida se reduzca en un factor predefinido y la intensidad de la imagen de un objeto ubicado a una distancia menor que una distancia predefinida se incremente en un factor predefinido.
- 25 4. El vehículo de inspección móvil encubierto según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de detectores comprende uno de: un detector de centelleo inorgánico, un detector que comprende NaI(Tl), un centelleador orgánico o un detector que comprende poliviniltolueno y en donde cada detector está acoplado con un o más dispositivos de lectura sensibles a la luz, tales como un tubo fotomultiplicador o un fotodiodo.
5. El vehículo de inspección móvil encubierto según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de detectores comprende al menos uno de CdTe, CdZnTe o Hgl.
- 30 6. El vehículo de inspección móvil encubierto según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de detectores comprende al menos uno de HPGe.
7. El vehículo de inspección móvil encubierto según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un módulo de adquisición de datos que comprende una pluralidad de detectores, fotomultiplicadores/fotodiodos y circuitería de conversión de analógico a digital.
- 35

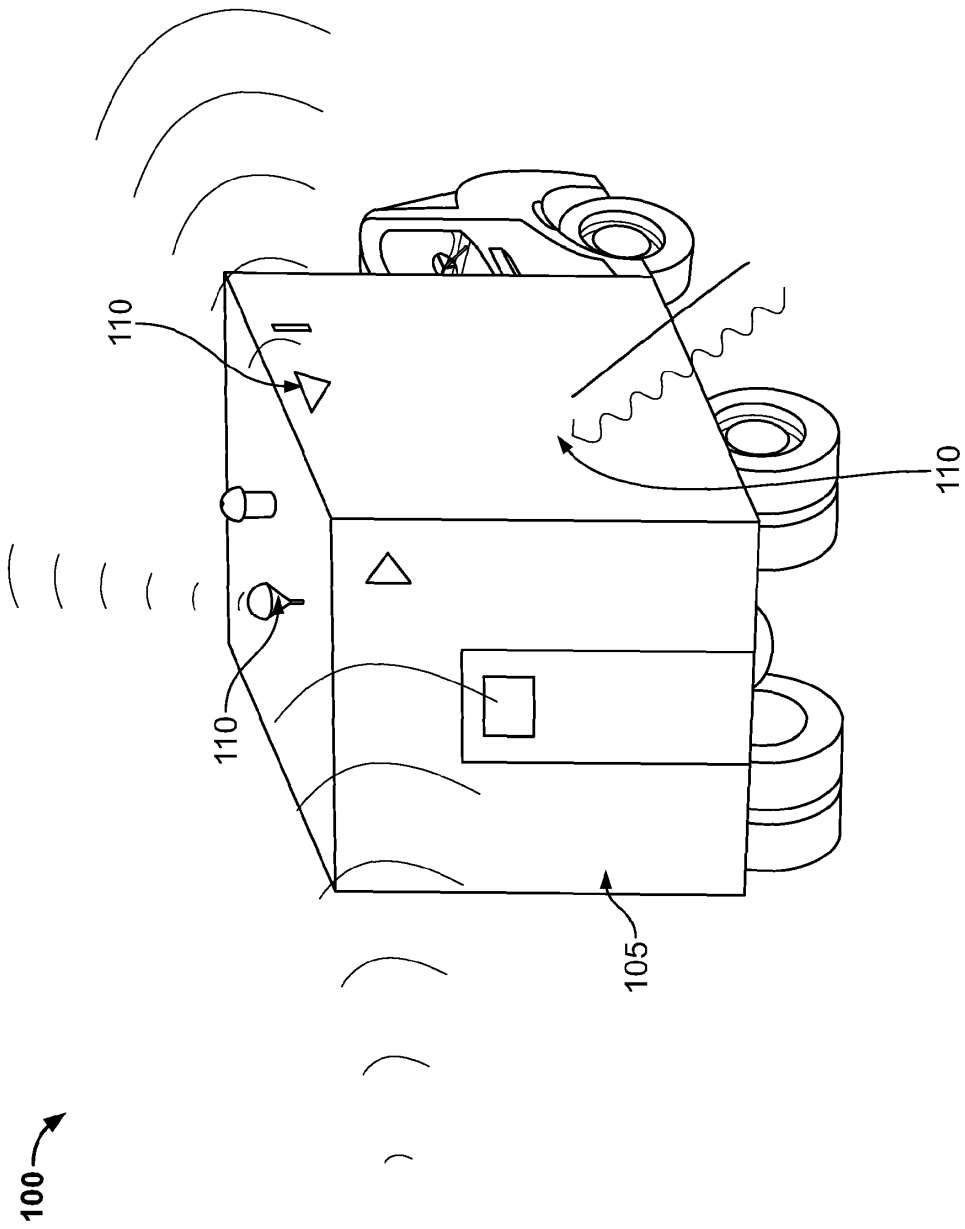


FIG. 1A

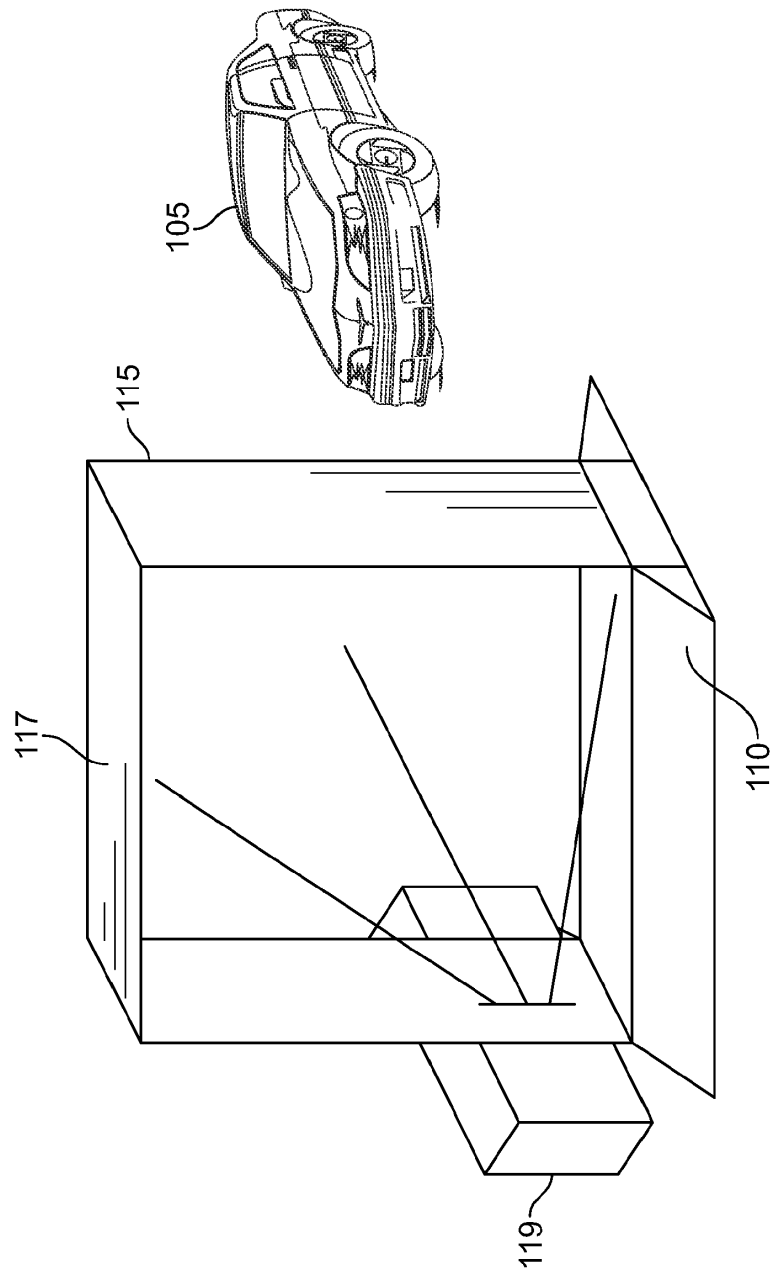


FIG. 1B

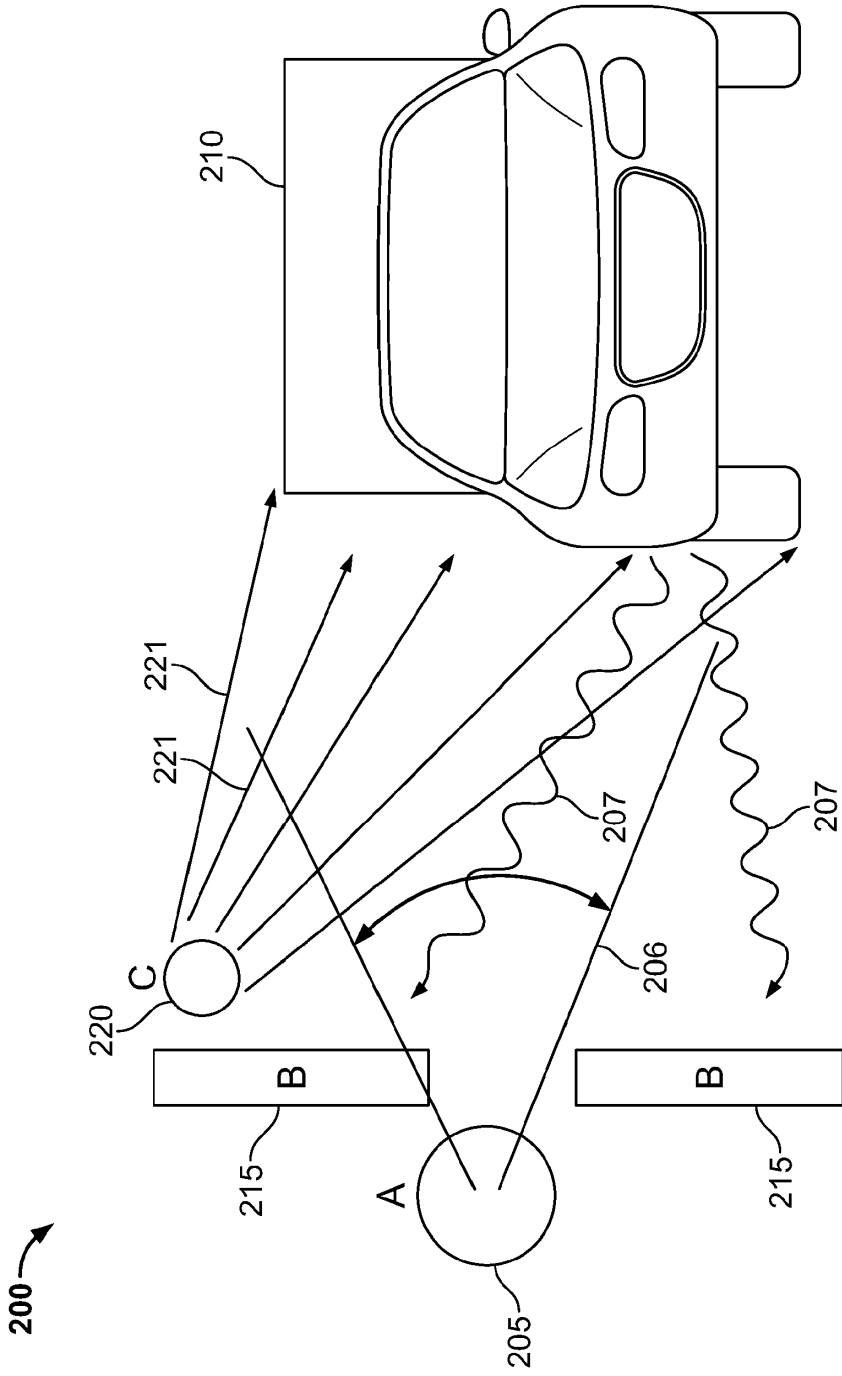


FIG. 1C

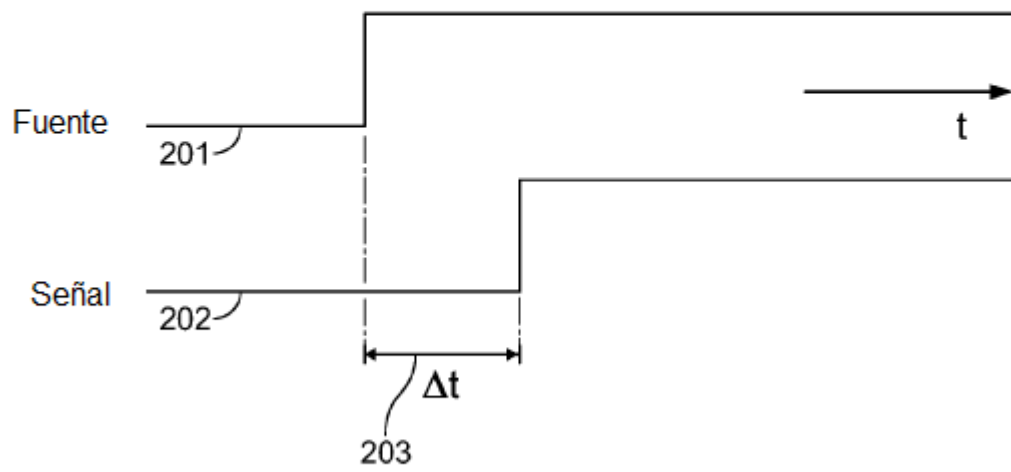


FIG. 2A

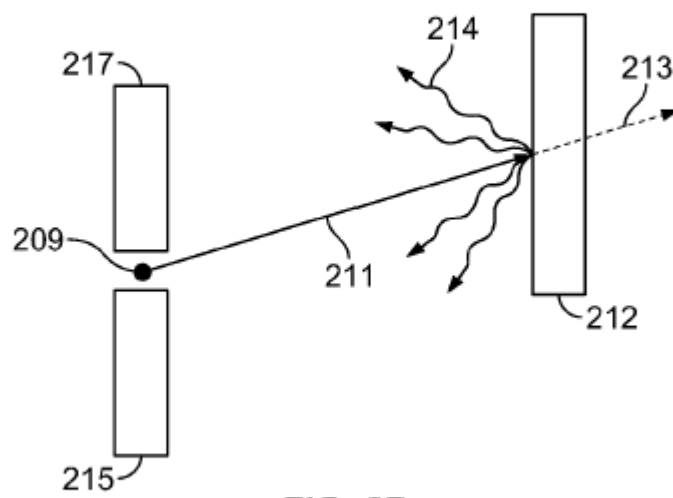


FIG. 2B

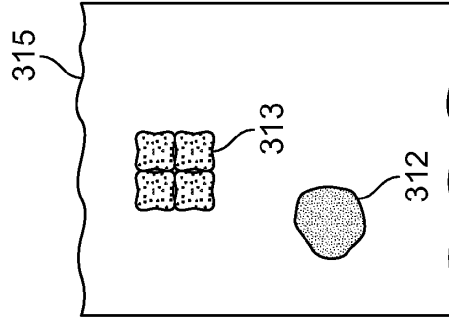


FIG. 3C

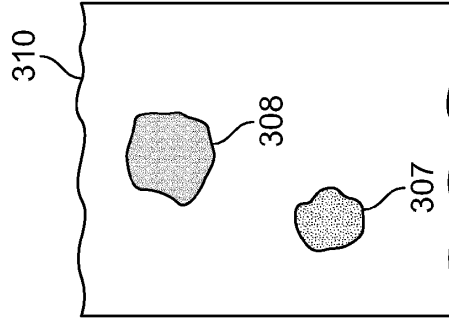


FIG. 3B

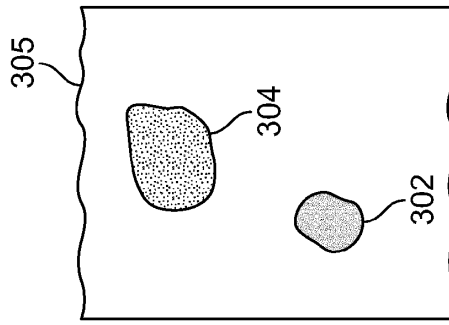


FIG. 3A

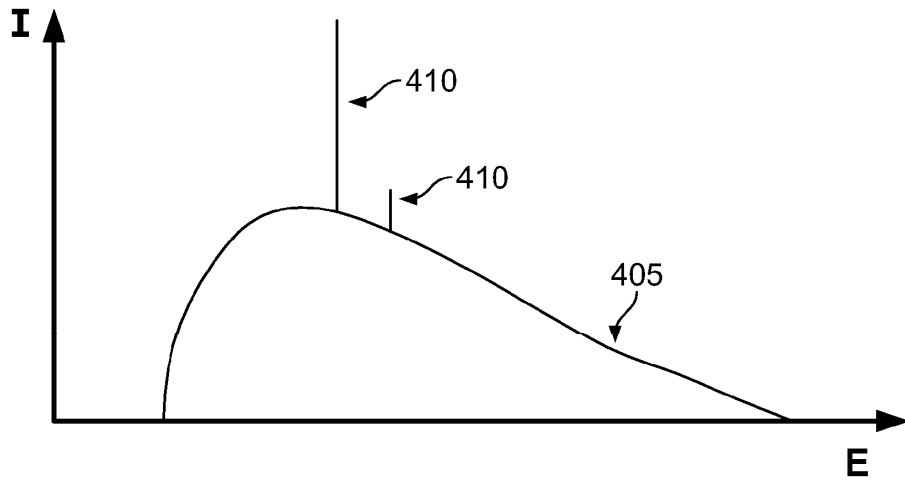


FIG. 4

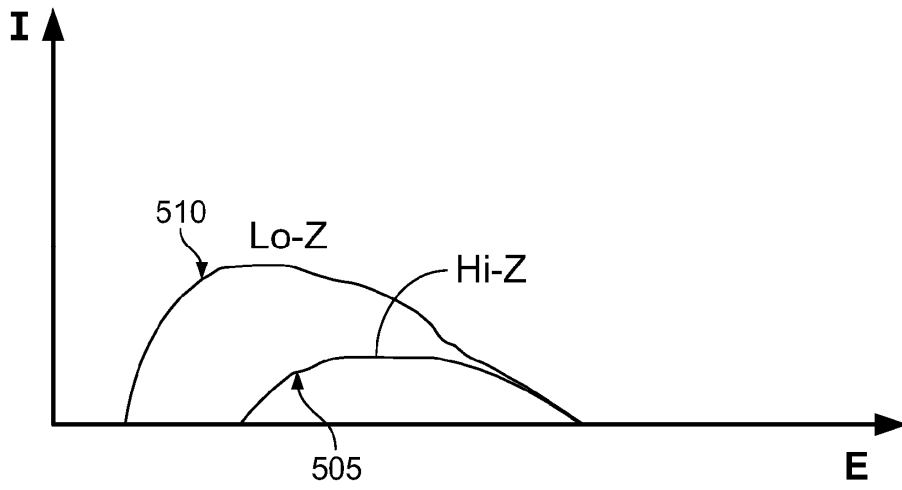


FIG. 5

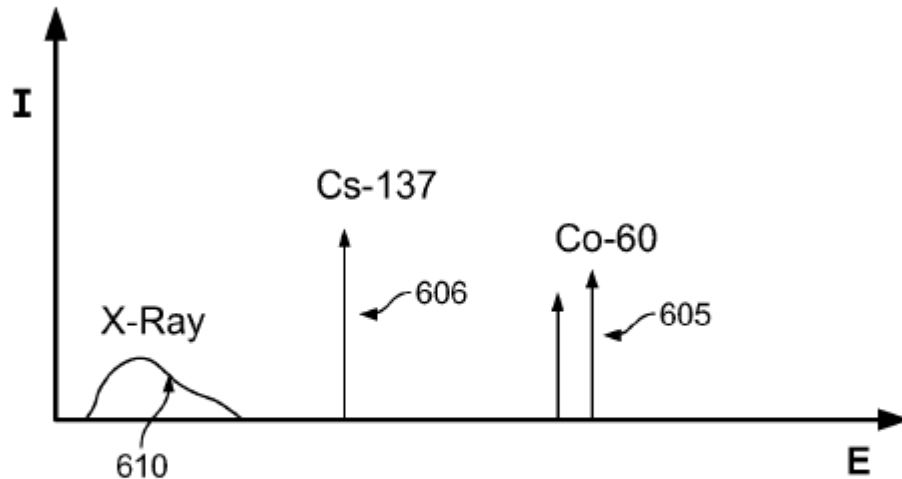


FIG. 6

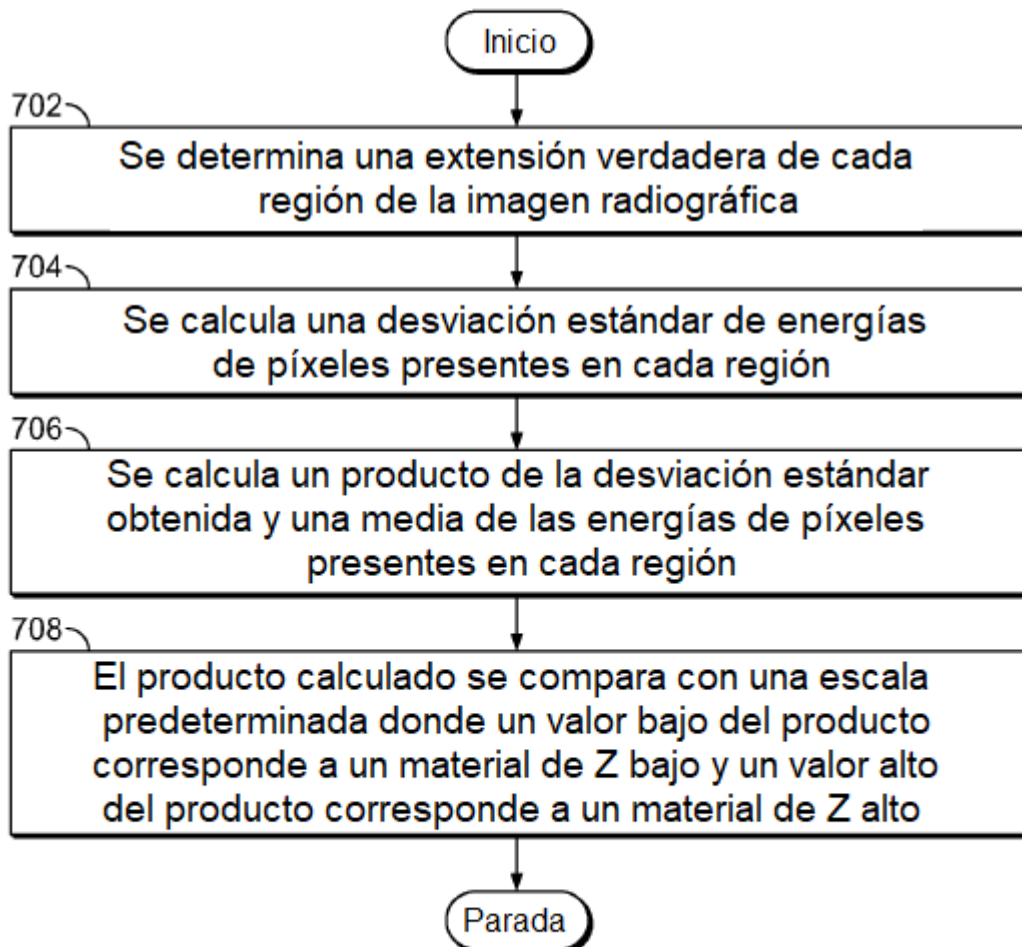


FIG. 7

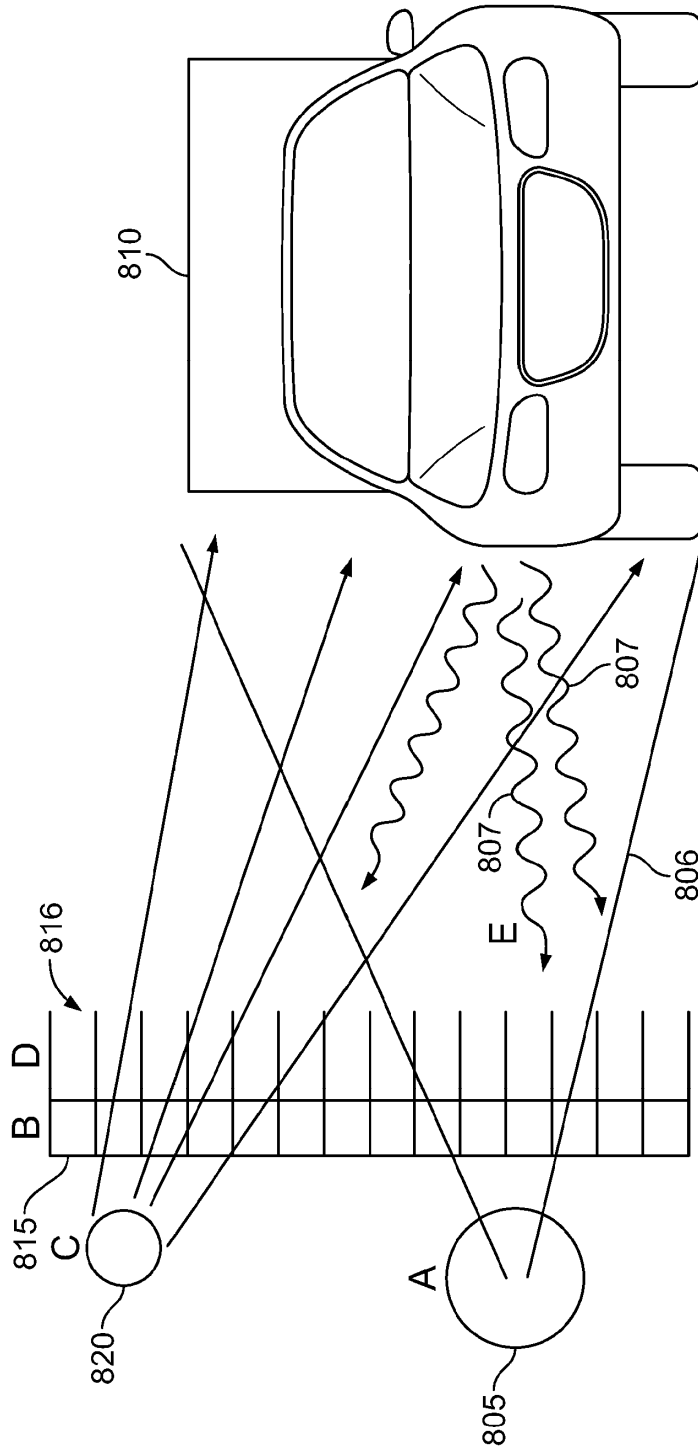


FIG. 8

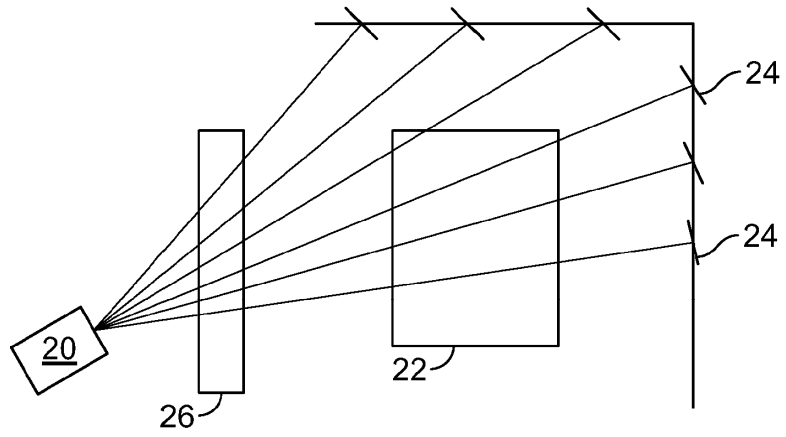


FIG. 9

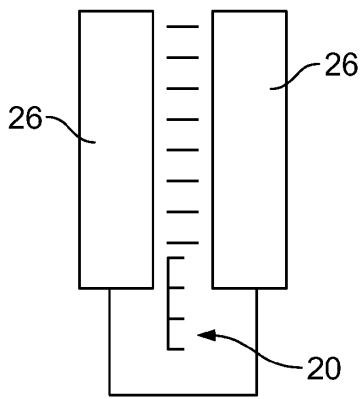


FIG. 10

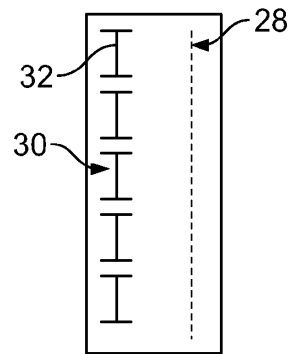


FIG. 11

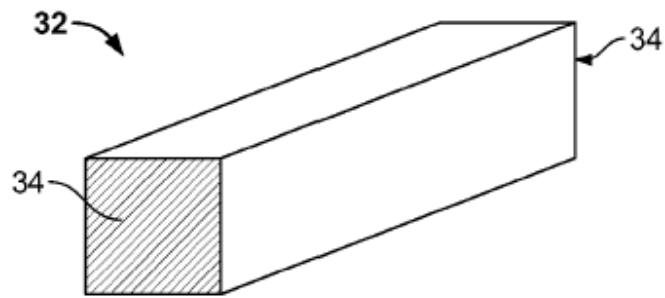


FIG. 12

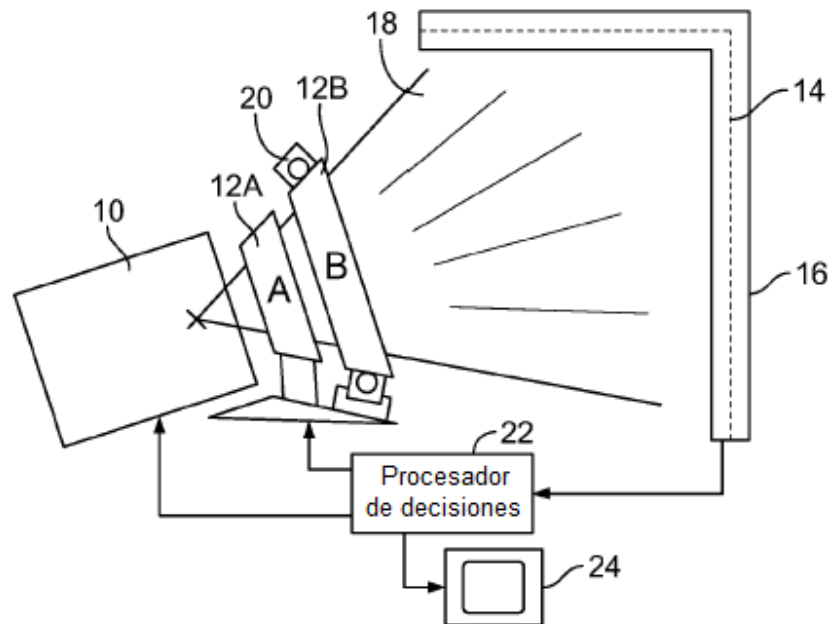


FIG. 13