

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 993**

51 Int. Cl.:

**G01V 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2009 PCT/US2009/062547**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10051366**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2009 E 09745230 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2344909**

54 Título: **Sistema y método para la formación de imágenes de difracción de rayos X**

30 Prioridad:

**31.10.2008 US 263023**

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

**27.11.2017**

73 Titular/es:

**MORPHO DETECTION, INC. (100.0%)  
7151 Gateway Boulevard  
Newark, CA 94560**

72 Inventor/es:

**HARDING, GEOFFREY**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 643 993 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

Sistema y método para la formación de imágenes de difracción de rayos X

5

## CAMPO DE LA INVENCION

[0001] Las realizaciones descritas en el presente se refieren en general a la formación de imágenes de difracción de rayos X y, más en concreto, al uso de imágenes combinadas de transmisión multivista y de imágenes de difracción de rayos X en sistemas de detección de seguridad.

10

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Se utilizan sistemas de detección de seguridad conocidos en puntos de control de viaje para inspeccionar equipajes de mano y/o equipajes facturados con el fin de detectar armas ocultas, estupefacientes y/o explosivos. Por lo menos algunos sistemas de detección de seguridad conocidos incluyen sistemas de imágenes de rayos X. En un sistema de imágenes de rayos X, una fuente de rayos X transmite rayos X a través de un recipiente, por ejemplo una maleta, hacia un detector, y se procesa la salida del detector para identificar un conjunto de objetos y/o materiales en el recipiente.

15

20

[0003] Al menos algunos sistemas de detección de seguridad conocidos utilizan escáneres de "Tecnología Avanzada" (TA) para la creación de imágenes de transmisión multivista. Dichos sistemas de detección de seguridad conocidos visualizan un recipiente desde dos o tres perspectivas de fuentes de rayos X. Las imágenes de proyección resultantes pueden compararse con imágenes de proyección de modelo de contenidos hipotéticos de recipientes, como por ejemplo ropa, artículos de higiene, libros u otros objetos comunes, con el fin de permitir el reconocimiento de objetos en el recipiente. En al menos algunos sistemas de detección de seguridad conocidos, las proyecciones multivista también pueden combinarse mediante el uso de la tomosíntesis o "reconstrucción de ángulo limitado" con el fin de derivar imágenes de sección del recipiente. El uso de cada una de estas técnicas, o una combinación de las mismas, para procesar información estereoscópica proporciona una mejora en la detección de amenazas en comparación con las máquinas de control de rayos X de una sola perspectiva. Sin embargo, una cantidad de información sobre el contenido de un recipiente que se puede derivar de imágenes de transmisión multivista sirviéndose únicamente de dos o tres perspectivas de fuentes de rayos X posee limitaciones y desventajas.

25

30

[0004] Además, al menos algunos sistemas de detección de seguridad conocidos incluyen sistemas para la formación de imágenes de difracción de rayos X (XDI, por sus siglas en inglés, *X-Ray Diffraction Imaging*). Al menos algunos sistemas XDI conocidos usan una geometría de haz de abanico inversa (una fuente grande y un detector pequeño) y una fuente de rayos X multifocal (MFXS por sus siglas en inglés, *Multi Focus X Ray Source*). Al menos algunos sistemas XDI conocidos proporcionan una mejora en la discriminación de materiales, en comparación con la que proporcionan otros sistemas conocidos de imágenes de rayos X, al medir los espacios-d entre los planos de retícula de los microcristales en materiales. También se sabe que la difracción de rayos X puede producir datos de una función de interferencia molecular que pueden usarse para identificar otros materiales, como por ejemplo líquidos, en un recipiente. Sin embargo, al menos algunos sistemas XDI conocidos generan un incremento en el número de falsos positivos debido a que se recibe en un elemento detector un número relativamente bajo de fotones de un elemento de volumen, o vóxel, del recipiente que se está escaneando. Además, mientras que el número de fotones recibidos en un elemento detector puede incrementarse al incrementar el ensanchamiento angular de un ángulo de dispersión asociado con el detector, este incremento de ensanchamiento angular tiene como resultado un perfil de difracción de rayos X con un incremento de anchuras de pico medidas de transferencia de momento. Puesto que las anchuras de pico más estrechas facilitan la identificación de un material escaneado, un resultado desventajoso del ensanchamiento angular del ángulo de dispersión para aumentar el número de fotones recibidos en un elemento detector consiste en un descenso correspondiente de la tasa de detección de un material.

35

40

45

50

[0005] Para obtener las ventajas tanto de las imágenes de transmisión multivista como de XDI, al menos algunos sistemas de detección de seguridad conocidos implementan sistemas de escaneado de TA y XDI independientes. Esto aumenta el tamaño y los costes del sistema de detección de seguridad, e incrementa asimismo el tiempo necesario para llevar a cabo la investigación de cada recipiente.

55

En US2007/0263771 se describe un sistema de detección de dispersión de rayos X de conformidad con el preámbulo de la reivindicación 1.

60

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0006] De conformidad con un aspecto, se da a conocer un sistema de detección de dispersión de rayos X que comprende una fuente de rayos X, un colimador secundario y un detector de dispersión, y que se caracteriza

65

porque: dicha fuente de rayos X está configurada para emitir un haz concentrado de rayos X; dicho detector de dispersión está configurado para recibir radiación dispersa que tiene un ángulo de dispersión desde el haz concentrado de rayos X, comprendiendo la radiación dispersa una pluralidad de partes de la radiación dispersa; dicho detector de dispersión está ubicado sustancialmente en un plano y comprende una pluralidad de bandas de detección y dicha pluralidad de bandas de detección comprenden: una primera banda de detección que tiene una primera anchura igual y paralela a una extensión lineal del haz concentrado de rayos X donde el haz concentrado de rayos X atraviesa el plano; dicha primera banda de detección está configurada para recibir una primera parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa, originándose la primera parte desde una primera distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano; y una segunda banda de detección que está configurada para recibir una segunda parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa, originándose la segunda parte desde una segunda distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano; y dicha segunda banda de detección comprende una segunda anchura definida por:

$$b = b_m \frac{L_2}{L_{2m}}$$

donde  $b$  es la segunda anchura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $L_2$  es la segunda distancia; y dicho colimador secundario está configurado para facilitar el aseguramiento de que una parte de la radiación dispersa que llega a dicho detector de dispersión posee un ángulo de dispersión constante con respecto al haz concentrado de rayos X.

[0007] De conformidad con el segundo aspecto, se da a conocer un método para operar un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, y dicho método comprende: la emisión de un haz concentrado de rayos X desde una fuente de rayos X y la dirección del haz concentrado de rayos X hacia un recipiente; la recepción en una pluralidad de detectores de dispersión de una parte de la radiación dispersa desde el recipiente a través de un colimador secundario, poseyendo la radiación dispersa un ángulo de dispersión, en el que la radiación dispersa comprende una pluralidad de partes de radiación dispersa, el colimador secundario está configurado para facilitar el aseguramiento de que la radiación dispersa que llega a cada detector de dispersión de la pluralidad de detectores de dispersión posee un ángulo de dispersión constante con respecto al haz concentrado de rayos X, en el que al menos uno de la pluralidad de detectores de dispersión está situado sustancialmente en un plano, [y] al menos un detector de dispersión comprende una pluralidad de bandas de detección, en el que dicha recepción en una pluralidad de detectores de dispersión de una parte de radiación dispersa comprende: la recepción de una primera parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa en una primera banda de detección de la pluralidad de bandas de detección, originándose la primera parte desde una primera distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano, y en el que una primera anchura de la primera banda de detección es igual y paralela a una extensión lineal de un haz concentrado de rayos X donde el haz concentrado de rayos X atraviesa el plano; y la recepción de una segunda parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa en una segunda banda de detección de la pluralidad de bandas de detección, originándose la segunda parte desde una segunda distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano, en la que una segunda anchura de la segunda banda de detección está definida por:

$$b = b_m \frac{L_2}{L_{2m}}$$

donde  $b$  es la segunda anchura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $L_2$  es la segunda distancia; la recepción de un haz en abanico de rayos X desde la fuente de rayos X atenuada por el recipiente en un conjunto de detectores de transmisión; y la generación de información relativa al contenido del recipiente mediante la combinación de una salida del conjunto de detectores de transmisión y una salida de la pluralidad de detectores de dispersión, un método para operar un sistema de imágenes de difracción de rayos X, comprendiendo dicho método:

la recepción en una pluralidad de detectores de dispersión de una parte de radiación dispersa desde un recipiente, y la radiación dispersa posee un ángulo de dispersión, en el que al menos uno de la pluralidad de detectores de dispersión está situado sustancialmente en un plano, uno de los detectores de dispersión comprende una pluralidad de bandas de detección, y una primera anchura de una primera banda de detección de la pluralidad de bandas de detección es igual a una extensión lineal de un haz concentrado de rayos X, en el que el haz concentrado de rayos X atraviesa el plano;

la recepción de un haz en abanico de rayos X atenuado por el recipiente en un conjunto de detectores de transmisión; y

la generación de información relativa al contenido del recipiente mediante la combinación de una salida del conjunto de detectores de transmisión y una salida de la pluralidad de detectores de dispersión.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0009] En las Figuras 1 a 7 se muestran ejemplos de realización de los sistemas y el método descritos en el presente.

5 [0010] La Figura 1 es una vista esquemática, en un plano X-Z, de un ejemplo de realización de un sistema de detección de seguridad.

[0011] La Figura 2 es una vista esquemática, en un plano X-Y, de un ejemplo de realización del sistema de detección de seguridad mostrado en la Figura 1.

10 [0012] La Figura 3 es una vista esquemática, en un plano X-Z, de un ejemplo de realización de un sistema de detección de dispersión de rayos X incorporado dentro del sistema de detección de seguridad mostrado en las Figuras 1 y 2.

15 [0013] En la Figura 4 se ilustra un ensanchamiento angular de un ángulo de dispersión de radiación dispersa que se origina desde un vóxel de un objeto representativo en un ejemplo de realización.

[0014] La Figura 5 muestra una proyección de plano X-Y de una relación geométrica óptima para una banda de detección en un ejemplo de realización.

20 [0015] La Figura 6 es una vista esquemática, en un plano Y-Z visto desde una fuente de rayos X, de la geometría de un detector de dispersión en un ejemplo de realización.

[0016] La Figura 7 es un diagrama de flujo de un ejemplo de método para operar el sistema de detección de seguridad que se muestra en las Figuras 1 y 2.

25

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0017] Aunque se describen en términos de detección de contrabando que incluyen, a título enunciativo pero no limitativo, armas, explosivos y/o estupefacientes, dentro del equipaje facturado o de mano, pueden utilizarse las realizaciones descritas en el presente para cualquier detección de seguridad apropiada u otra aplicación de imágenes de difracción de rayos X, incluidas las aplicaciones en el reciclaje de plásticos, la industria farmacéutica y la industria de ensayos no destructivos. Además, el término “paralelo”, tal y como se usa en el presente, se refiere a planos, líneas, curvas y/o capas que están equidistantemente espaciadas entre sí y nunca se cruzan entre sí. Asimismo, los ángulos y dimensiones mostrados en las figuras adjuntas en el presente no son a escala y pueden haber sido exagerados para mayor claridad.

[0018] La Figura 1 es una vista esquemática, en un plano X-Z, de un ejemplo de realización de un sistema de detección de seguridad (10). En el ejemplo de realización, el sistema de detección de seguridad (10) incluye una fuente de rayos X (12), un área de examen (14), una superficie de soporte (16), un colimador primario (18) y un colimador secundario (20). El sistema (10) también incluye dos tipos de detectores, un conjunto de detectores de transmisión (22) y una pluralidad (24) de detectores de dispersión de rayos X discretos y coherentes. El conjunto de detectores de transmisión (22) está desplazado en la dirección del eje Z desde la pluralidad (24) de detectores de dispersión.

[0019] En el ejemplo de realización, la fuente de rayos X (12) es una fuente de rayos X multifocal (MFXS) capaz de emitir radiación de rayos X secuencialmente a partir de una pluralidad de puntos focales distribuidos a lo largo de la MFXS en una dirección sustancialmente paralela al eje Y. En el ejemplo de realización, la MFXS cuenta con aproximadamente 40 puntos focales. En una realización alternativa, la MFXS cuenta con aproximadamente 100 puntos focales. En otras realizaciones alternativas, la MFXS cuenta con cualquier número adecuado de puntos focales que permitan que el sistema de detección de seguridad (10) funcione como se describe en el presente.

[0020] Además, en el ejemplo de realización, la fuente de rayos X (12) está ubicada en una superficie de soporte más baja, por ejemplo un suelo, mientras que el conjunto de detectores de transmisión (22) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión están ubicados sobre una estructura de soporte superior, por ejemplo un techo. En una realización alternativa, la fuente de rayos X está ubicada sobre una estructura de soporte superior, por ejemplo un techo, mientras que el conjunto de detectores de transmisión (22) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión están ubicados sobre una superficie de soporte más baja, por ejemplo un suelo. Además, en el ejemplo de realización, la fuente de rayos X (12), el conjunto de detectores de transmisión (22) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión son estacionarios, el soporte (16) es una cinta transportadora capaz de moverse hacia atrás y hacia delante en una dirección sustancialmente paralela al eje Z, y el área de examen (14) es un túnel de equipaje a través del cual se desplaza la cinta transportadora. En una realización alternativa, la fuente de rayos X (12), el conjunto de detectores de transmisión (22) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión son capaces de un movimiento coordinado al menos en una dirección sustancialmente paralela al eje Z, y el soporte (16) es estacionario. En determinadas realizaciones alternativas, la fuente de rayos X (12), el conjunto de detectores de transmisión (22), la pluralidad (24) de detectores de dispersión y el soporte (16) son todos ellos capaces de desplazarse.

65

[0021] En el ejemplo de realización, la fuente de rayos X (12) es capaz de emitir un haz en abanico de rayos X (32) desde cada punto focal de fuente de rayos X (12). Cada haz en abanico (32) se encuentra sustancialmente en un plano en ángulo (33) con relación al eje vertical X. Cada haz en abanico (32) se dirige al conjunto de detectores de transmisión (22). En el ejemplo de realización, el ángulo (33) es de aproximadamente 10°. En una realización alternativa, el ángulo (33) es de aproximadamente 15°. En otras realizaciones alternativas, el ángulo (33) es cualquier ángulo apropiado que permita que el sistema de detección de seguridad (10) funcione como se describe en el presente.

[0022] Asimismo, la fuente de rayos X (12) es capaz de emitir, a través del colimador primario (18), un conjunto (34) de haces concentrados de rayos X desde cada punto focal de la fuente de rayos X (12). Cada haz concentrado del conjunto (34) de haces concentrados se dirige a un punto objetivo correspondiente de una pluralidad de puntos objetivo (35) que se encuentran en el mismo plano X-Y que la fuente de rayos X (12). Además, cada uno de la pluralidad (35) de puntos objetivo está situado en la misma coordenada X, pero con diferentes valores Y. Debido a que cada haz concentrado del conjunto (34) de haces concentrados es emitido en el mismo plano X-Y, solo un haz concentrado del conjunto (34) (y solo uno de la pluralidad (35) de puntos objetivo) es visible en la vista en sección transversal X-Z de la Figura 1.

[0023] Una parte de la radiación de rayos X de cada haz concentrado del conjunto (34) de haces concentrados típicamente se dispersa en diversas direcciones al entrar en contacto con un recipiente (no mostrado) en el área de examen (14). El colimador secundario (20) está configurado para facilitar el aseguramiento de que una parte de la radiación dispersa (36) que llega a cada uno de la pluralidad (24) de detectores de dispersión tiene un ángulo de dispersión constante  $\theta$  con respecto al haz concentrado correspondiente del conjunto (34) de haces concentrados de rayos X a partir de los cuales se origina la radiación dispersa (36). En determinadas realizaciones, el ángulo de dispersión  $\theta$  es de aproximadamente 0,04 radianes. La pluralidad (24) de detectores de dispersión puede estar ubicada entre el conjunto (34) de haces concentrados de rayos X y el haz en abanico (32) con el fin de garantizar que solo se detecta radiación dispersa del primero y no del segundo. Por ejemplo, el colimador secundario (20) está configurado para absorber radiación dispersa (no mostrada) que no es paralela a la dirección de la radiación dispersa (36). Además, aunque en el ejemplo de realización el colimador secundario (20) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión están ubicados en un lado del conjunto (34) de haces concentrados con respecto al eje Z, en realizaciones alternativas el colimador secundario (20) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión pueden estar ubicados en el otro lado o en ambos lados del conjunto (34) de haces concentrados con respecto al eje Z.

[0024] En el ejemplo de realización, los detectores en el conjunto de detectores de transmisión (22) incluyen detectores de integración de carga, mientras que la pluralidad (24) de detectores de dispersión incluye detectores de resolución de energía y cómputo de pulsaciones. El conjunto de detectores de transmisión (22) y cada uno de la pluralidad (24) de detectores de dispersión se encuentran en comunicación electrónica con un número de canales (110), por ejemplo, un número N de canales  $C_1, \dots, C_N$ , el que N se selecciona basándose en la configuración del sistema de detección de seguridad (10). Los canales (110) comunican electrónicamente los datos recogidos por el conjunto de detectores de transmisión (22) y cada uno de la pluralidad (24) de detectores de dispersión al sistema de procesamiento de datos (112). En el ejemplo de realización, el sistema de procesamiento de datos (112) combina una salida del conjunto de detectores de transmisión (22) y una salida de la pluralidad (24) de detectores de dispersión para generar información sobre el contenido del área de examen (14). Por ejemplo (pero sin tener carácter limitativo), el sistema de procesamiento de datos (112) puede generar proyecciones multivista y/o imágenes de sección de un recipiente (no mostrado) en el área de examen (14) que identifican una ubicación en el recipiente de materiales específicos detectados por análisis XDI.

[0025] La Figura 2 es una vista esquemática, en un plano X-Y, de un ejemplo de realización del sistema de detección de seguridad (10) mostrado en la Figura 1. Por lo que respecta a las Figuras 1 y 2, en el ejemplo de realización, la pluralidad (24) de detectores de dispersión incluye tres detectores de dispersión de rayos X discretos y coherentes (40, 42 y 44). Los detectores de dispersión (40, 42 y 44) comparten coordenadas X y Z idénticas y están espaciados en una dirección sustancialmente paralela al eje Y. Además, en el ejemplo de realización, cada conjunto (34) de haces concentrados generados por la fuente de rayos X (12) incluye tres haces concentrados correspondientes al número (tres) de detectores de dispersión (40, 42 y 44). En realizaciones alternativas, se puede utilizar un número diferente de detectores de dispersión y un número diferente correspondiente de haces concentrados en el conjunto (34) de haces concentrados.

[0026] Como se ha descrito anteriormente, la fuente de rayos X (12) incluye una pluralidad de puntos focales, de los cuales se muestran en la Figura 2 los puntos focales (50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64 y 66). La fuente de rayos X (12) es capaz de generar secuencialmente un haz en abanico (32) y, a través del colimador primario (18), un conjunto (34) de haces concentrados desde cada punto focal, como por ejemplo los puntos focales (50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64 y 66). Cada haz concentrado de cada conjunto (34) de haces concentrados se dirige a un punto objetivo (35) asociado con uno de los detectores de dispersión (40, 42 y 44). Por ejemplo, el conjunto (34) de haces concentrados generados desde el punto focal (50) incluye el haz concentrado (70), el haz concentrado (72) y el haz concentrado (74) y la radiación dispersa (36) en ángulo  $\theta$  (mostrado en la Figura 1) procedente del haz concentrado (70) es recibida por el detector de rayos X discreto y coherente (40), la radiación dispersa (36) procedente del haz concentrado (72) es recibida por el detector de rayos X discreto y coherente (42), y la radiación dispersa (36)

procedente del haz concentrado (74) es recibida por el detector de rayos X discreto y coherente (44), respectivamente. Para otro ejemplo, el conjunto (34) de haces concentrados generado desde el punto focal (66) incluye el haz concentrado (80), el haz concentrado (82) y el haz concentrado (84), y la radiación dispersa (36) en ángulo  $\theta$  procedente del haz concentrado (80) es recibida por el detector de rayos X discreto y coherente (40), la radiación dispersa (36) procedente del haz concentrado (82) es recibida por el detector de rayos X discreto y coherente (42) y la radiación dispersa (36) procedente del haz concentrado (84) es recibida por el detector de rayos X discreto y coherente (44), respectivamente.

[0027] Además, cada haz en abanico (32) generado secuencialmente desde cada punto focal de la fuente de rayos X (12), como por ejemplo los puntos focales (50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64 y 66), se dirige al conjunto de detectores de transmisión (22). El conjunto de detectores de transmisión (22) se extiende en una dirección sustancialmente paralela al eje Y. El conjunto de detectores de transmisión (22) recibe típicamente radiación de cada haz en abanico (32) después de que es atenuado por un recipiente (no mostrado) en el área de examen (14). En el ejemplo de realización, el conjunto de detectores de transmisión (22) es un conjunto de detectores de transmisión de energía dual. En determinadas realizaciones, el conjunto de detectores de transmisión (22) incluye aproximadamente 1000 elementos detectores.

[0028] En el ejemplo de realización, el sistema de detección de seguridad (10) está configurado para operar de tal manera que el punto focal (50), el punto focal en un primer extremo de la fuente de rayos X (12) relativo a la dirección Y, primero genera simultáneamente un haz en abanico (32) y un conjunto (34) de haces concentrados para los cuales se recopilan datos desde el conjunto de detectores de transmisión (22) y detectores de dispersión (40, 42 y 44), respectivamente, y se comunican electrónicamente al sistema de procesamiento de datos (112). A continuación, el punto focal (52), el punto focal de la fuente de rayos X (12) adyacente al punto focal (50) en la dirección Y, genera simultáneamente un haz en abanico (32) y un conjunto (34) de haces concentrados para los cuales se recopilan datos desde el conjunto de detectores de transmisión (22) y los detectores de dispersión (40, 42 y 44), respectivamente, y se comunican electrónicamente al sistema de procesamiento de datos (112). Los restantes puntos focales (54, 56, 58, 60, 62, 64 y 66), en secuencia a lo largo de la dirección Y, generan de la misma forma simultáneamente tanto un haz en abanico (32) como un conjunto (34) de haces concentrados para los cuales se recopilan datos desde el conjunto de detectores de transmisión (22) y detectores de dispersión (40, 42 y 44), respectivamente, y se comunican electrónicamente al sistema de procesamiento de datos (112). El sistema de detección de seguridad (10) repite entonces la secuencia, comenzando de nuevo con el punto focal (50). En determinadas realizaciones, el recipiente examinado (no mostrado) se mueve en la dirección Z con relación a la fuente de rayos X (12) a una velocidad relativamente lenta en comparación con la velocidad a la cual la fuente de rayos X (12) se traslada entre los puntos focales.

[0029] En realizaciones alternativas, cada punto focal genera un haz en abanico (32) y un conjunto (34) de haces concentrados de una forma no simultánea. Además, en realizaciones alternativas, los puntos focales de la fuente de rayos X (12) generan un haz en abanico (32) y un conjunto (34) de haces concentrados en una secuencia que no está basada en su posición relativa a lo largo de la dirección Y. En un ejemplo de realización para un punto de control o un control de equipaje de mano, el conjunto de detectores de transmisión (22) posee una longitud paralela al eje Y de aproximadamente 650 mm, la pluralidad (24) de detectores de dispersión está espaciada secuencialmente a intervalos de aproximadamente 250 mm en una dirección sustancialmente paralela al eje Y, y el conjunto de detectores de transmisión (22) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión están situados cada uno a aproximadamente 1500 mm de distancia de la fuente de rayos X (12) en una dirección sustancialmente paralela al eje X. En un ejemplo de realización para el control de equipaje facturado, el conjunto de detectores de transmisión (22) tiene una longitud paralela al eje Y de aproximadamente 2000 mm, la pluralidad (24) de detectores de dispersión está espaciada secuencialmente a intervalos de aproximadamente 50 mm en una dirección sustancialmente paralela al eje Y, y el conjunto de detectores de transmisión (22) y la pluralidad (24) de detectores de dispersión se encuentran cada uno a aproximadamente 2000 mm de distancia de la fuente de rayos X (12) en una dirección sustancialmente paralela al eje X. En realizaciones alternativas, se utilizan otras dimensiones apropiadas que permiten cubrir todas las partes deseadas del área de examen (14) tanto para análisis de XDI como para la formación de imágenes de transmisión multivista.

[0030] La Figura 3 es una vista esquemática, en un plano X-Z, de un ejemplo de realización de un sistema de detección de dispersión de rayos X incorporado dentro del sistema de detección de seguridad (10). En particular, la Figura 3 ilustra uno de la pluralidad (24) de detectores de dispersión y radiación dispersa (36) que recibe de uno de los conjuntos (34) de haces concentrados de rayos X en el ejemplo de realización. Se utilizan el detector de dispersión (40) y el haz concentrado (70), como se muestra en las Figuras 2 y 3, como un ejemplo representativo. El detector de dispersión (40) incluye una pluralidad de bandas de detección colocadas secuencialmente adyacentes a lo largo de una dirección sustancialmente paralela al eje Z. En un ejemplo de realización, la pluralidad de bandas de detección incluye dieciocho bandas de detección. En la realización mostrada en la Figura 3, para una mayor claridad, solo se muestran cinco bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108). En realizaciones alternativas, puede usarse cualquier número apropiado de bandas de detección a lo largo de una dirección sustancialmente paralela al eje Z.

[0031] Cada banda de detección (100, 102, 104, 106 y 108) tiene una anchura asociada  $b$  medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Y (no visible en la Figura 3) y una altura asociada  $Z_D$  medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Z. En determinadas realizaciones, cada banda de detección (100, 102, 104, 106 y 108) es un conjunto de detectores pixelados unidimensionales o bidimensionales con una anchura activa compuesta  $b$  medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Y (no visible en la Figura 3) y una altura activa compuesta  $Z_D$  medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Z.

[0032] Por lo que respecta a las Figuras 1, 2 y 3, el colimador secundario (20) está configurado para facilitar el aseguramiento de que la parte de radiación dispersa (36) que llega al detector de dispersión (40) posea un ángulo de dispersión  $\theta$  constante con respecto al haz concentrado de rayos X (70). Además, un colimador secundario (20) está configurado para facilitar la determinación de la profundidad, medida en una dirección sustancialmente paralela al eje X, en la cual la parte de radiación dispersa (36) recibida en cada banda de detección (100, 102, 104, 106 y 108) se originó en un recipiente (90) que se está examinando. Por ejemplo, debido a que el colimador secundario (20) absorbe (es decir, no transmite al detector de dispersión (40)) una radiación dispersa no paralela a la radiación dispersa (36), puede determinarse que una parte de la radiación dispersa (36) recibida en la banda de detección (100) se originó a partir de un impacto del haz concentrado de rayos X (70) en aproximadamente un primer lado o parte inferior del recipiente (90), una parte de la radiación dispersa (36) recibida en la banda de detección (102) se originó a partir de un impacto del haz concentrado de rayos X (70) a aproximadamente una profundidad  $D_3$  en el recipiente (90), una parte de la radiación dispersa (36) recibida en la banda de detección (104) se originó a partir de un impacto del haz concentrado de rayos X (70) a aproximadamente una profundidad  $D_2$  en el recipiente (90), una parte de radiación dispersa (36) recibida en la banda de detección (106) se originó a partir de un impacto del haz concentrado de rayos X (70) a aproximadamente una profundidad  $D_1$  en el recipiente (90) y una parte de la radiación dispersa (36) recibida en la banda de detección (108) se originó a partir de un impacto del haz concentrado de rayos X (70) en aproximadamente un segundo lado opuesto o parte superior del recipiente (90).

[0033] En la Figura 4 se ilustra un ensanchamiento angular  $\Delta\theta$  del ángulo de dispersión  $\theta$  para un vóxel de un objeto representativo (218) centrado en un punto (200). Un punto focal (204) de la fuente de rayos X (12) emite un haz concentrado que se centra en la línea (214) y dirigido a un punto objetivo (210). Se traza una línea (202) desde el punto focal (204) para subtender, en un plano X-Y en el que está situada la línea (214), un punto de borde (206) del vóxel de objeto (218) que se está examinando. La línea (202) representa una extensión o borde exterior, en el plano X-Y en el que está situada la línea (214), del haz concentrado que se centra en la línea (214). Una distancia entre los puntos 204 y 210 es  $L_1$ , mientras que una distancia entre el punto 200 y el punto 210 es  $L_2$ .

[0034] Una primera banda de detección de dispersión (212) está centrada en el punto (216), se extiende hasta una primera anchura  $b$  entre el punto (220) y el punto (222) en una dirección sustancialmente paralela al eje Y y posee una altura infinitesimal a lo largo de una dirección sustancialmente paralela al eje Z. La primera banda de detección (212) está separada del plano X-Y en el que las líneas (202 y 214) están situadas a una distancia  $A$  medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Z. La línea (202) corta un plano Y-Z en el que la primera banda de detección (212) está situada en un punto (208). El ángulo  $\angle 216-200-210$  define el ángulo de dispersión  $\theta$  de la radiación dispersa recibida por la primera banda de detección (212). Además, la primera banda de detección (212) recibe radiación con un ángulo de inclinación de dispersión,  $\theta'$ , definido por el ángulo  $\angle 208-206-222$ . El ensanchamiento angular  $\Delta\theta$  se define como  $\theta'$  menos  $\theta$ .

[0035] En el caso en el que la resolución de energía del detector de dispersión es lo suficientemente alta, el ensanchamiento angular  $\Delta\theta$  está relacionado con las anchuras  $\Delta x$  de los picos de Bragg de difracción de rayos X medidos mediante la siguiente ecuación, donde  $x$  es la transferencia de momento desde un fotón de rayos X al material en el vóxel de objeto (200):

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta\theta}{\theta} \quad (1)$$

[0036] Por una parte, es un requisito para obtener una tasa mayor de detección de material que el perfil XDI tenga anchuras estrechas  $\Delta x$ , lo que implica en la Ecuación 1 que el ensanchamiento angular  $\Delta\theta$  debe ser bajo. En contraposición con este requisito, una tasa baja de falsas alarmas requiere que se acumulen un mayor número de fotones en el perfil XDI. Para maximizar el número de fotones recibidos en la primera banda de detección (212), que a veces se denomina "aceptación de detección" o "rendimiento de fotón", para el vóxel de objeto (218) que se está investigando, se debe maximizar el producto del ángulo sólido que el vóxel subtiende en el punto focal (204) y el ángulo sólido que la primera banda de detección (212) subtiende en el vóxel. El ángulo  $\angle 208-204-210$  proporciona una medida para el ángulo sólido de la fuente, y el ángulo  $\angle 216-206-222$  proporciona una medida para el ángulo sólido del detector. Para un ensanchamiento angular determinado,  $\Delta\theta$ , la condición de maximización del producto de ángulo sólido se satisface cuando:

$$\frac{\angle 208 \cdot 204 \cdot 210}{\angle 216 \cdot 206 \cdot 222} = \frac{L_2}{L_1} \quad (2)$$

[0037] En la Figura 5 se muestra una proyección de plano X-Y de la relación geométrica óptima para la primera banda de detección (212), como se establece en la Ecuación (2). Por lo que respecta a las Figuras 1, 3, 4 y 5, la primera banda de detección (212) está separada en la dirección Z del plano X-Y en el que están situados los puntos (200, 204, 206, 208 y 210). El ángulo  $\angle 208-204-210$  está determinado por una anchura de canal conocida (19) del colimador primario (18), y también se conocen los siguientes elementos: el componente de dirección X de las distancias  $L_1$ , desde el punto focal de fuente (204) hasta la primera banda de detección (212), y  $L_2$ , desde el punto (200) o el centro del vóxel de objeto (218) a la primera banda de detección (212). El elemento restante de la Ecuación (2), el ángulo  $\angle 216-206-222$ , depende de la primera anchura activa  $b$  en la dirección Y de la primera banda de detección (212). Para satisfacer la Ecuación (2), la primera anchura  $b$  de la banda de detección (212) se elige para igualar la extensión lineal en la dirección Y del haz concentrado (202) en el plano Y-Z en el que se encuentra situada la banda de detección (212). En otras palabras, por lo que respecta también a la Figura 4, se elige la primera anchura  $b$  de manera que el punto (208) comparte una coordenada Y con el punto (220). Por lo tanto, en determinadas realizaciones de la invención, la primera banda de detección (212) posee una primera anchura  $b$  igual a una extensión lineal del haz concentrado de rayos X (202) medido en el plano Y-Z en el que está situada la primera banda de detección (212) y medido en una dirección paralela a la primera anchura  $b$ . Como resultado, para un ensanchamiento angular determinado,  $\Delta\theta$ , el producto del ángulo sólido que el vóxel (218) subtiende en el punto focal (204) y el ángulo sólido que la banda de detección (212) subtiende en el vóxel (218) y, por lo tanto, el rendimiento del fotón, es incrementado al máximo para la banda de detección (212) en el ejemplo de realización. Esta anchura óptima del detector  $b$  para la banda de detección (212), como se encuentra en la Ecuación (2) para un ensanchamiento angular determinado  $\Delta\theta$ , puede denominarse  $b_m$ , y la distancia  $L_2$  desde el plano Y-Z en la que la banda de detección (212) se encuentra con relación al vóxel de objeto (218), desde la que la banda de detección (212) recibe la radiación dispersa (36), puede denominarse  $L_{2m}$ .

[0038] En el ejemplo de realización, se satisface la Ecuación (2) para la banda de detección (104), que está situada en el centro del detector de dispersión representativo (40) del ejemplo de realización, como se muestra en la Figura 3. Como se muestra en la Figura 3, la banda de detección (104) recibe la radiación dispersa (36) que se origina aproximadamente desde una parte central del recipiente (90). En realizaciones alternativas, se satisface la Ecuación (2) para una banda de detección diferente a la del detector de dispersión (40).

[0039] Asimismo, en el ejemplo de realización, se eligen las anchuras activas  $b$  en la dirección Y de las otras bandas de detección (100, 102, 106 y 108) para conservar el ensanchamiento angular determinado,  $\Delta\theta$ , para el cual se optimizó el rendimiento del fotón con respecto a la banda de detección (104). Como se ha descrito anteriormente y se ha mostrado en la Figura 3, cada banda de detección (100, 102, 104, 106 y 108) recibe una parte de radiación dispersa (36) que se origina a partir de una profundidad conocida diferente, medida en una dirección sustancialmente paralela al eje X, dentro del recipiente (90). Volviendo a las Figuras 3, 4 y 5, el ángulo de inclinación de dispersión  $\theta'$ , definido por el ángulo  $\angle 208-206-222$ , puede aproximarse como el ángulo  $\angle 210-200-222$ . A su vez, el ángulo  $\angle 210-200-222$  puede aproximarse para cada banda de detección (100, 102, 104, 106 y 108) de la siguiente manera:

$$\angle 210 \cdot 200 \cdot 222 \cong \frac{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + (L_2 \tan(\theta'))^2}}{L_2} \quad (3)$$

[0040] La Ecuación (3) demuestra que el ángulo de inclinación de dispersión  $\theta'$ , y por lo tanto el ensanchamiento angular  $\Delta\theta$ , varía con la separación  $L_2$  del vóxel de objeto (218) de la banda de detección (212) en la dirección X. Por consiguiente, para una banda de detección (100, 102, 106 o 108) que recibe una parte de radiación dispersa (36) que se origina desde cualquier profundidad conocida  $L_2$  medida en una dirección sustancialmente paralela al eje X, la anchura de banda de detección óptima  $b$  que conserva el ensanchamiento angular determinado  $\Delta\theta$  viene dada por la ecuación:

$$b = b_m \frac{L_2}{L_{2m}} \quad (4)$$

[0041] De manera similar, la altura óptima  $Z_D$ , medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Z, para cada banda de detección (100, 102, 104, 106 y 108) puede derivarse para que sea el valor constante proporcionado por la ecuación:



$$Z_D = \frac{b_m^2}{8 L_{2m} \tan(\theta)} \quad (5)$$

[0042] La Figura 6 es una vista esquemática, en un plano Y-Z visto desde la fuente de rayos X (12), de la geometría del detector de dispersión (40) de acuerdo con el ejemplo de realización. Por lo que respecta a las Figuras 3, 4, 5 y 6, la banda de detección (104) tiene una anchura óptima  $b_m$ , medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Y, elegida para satisfacer la Ecuación (2). Cada una de las otras bandas de detección (100, 102, 106 y 108) tiene una anchura respectiva  $b$  determinada a partir de la Ecuación (4), dependiendo de la profundidad relativa en el recipiente (90) desde la cual recibe la radiación dispersa (36). Además, cada banda de detección (106 y 108) tiene una altura  $Z_D$ , medida en una dirección sustancialmente paralela al eje Z, elegida de acuerdo con la Ecuación (5). Como se muestra en la Figura 6, las bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108) están situadas dentro de un contorno sustancialmente triangular (250) con un vértice en el punto objetivo (35) del haz concentrado (70) (ambos mostrados en la Figura 3). La banda de detección (108) con la anchura más corta  $b$  recibe la radiación dispersa (36) desde cerca de la parte superior del área de examen (14), mientras que la banda de detección (100) con la anchura más larga  $b$  recibe la radiación dispersa (36) desde cerca de la parte inferior del área de examen (14) (como se muestra en la Figura 3).

[0043] En determinadas realizaciones, los detectores de dispersión (42 y 44) también tienen la geometría de la Figura 6. En realizaciones alternativas, cualquiera de los detectores de dispersión (40, 42 y 44) tiene la geometría mostrada en la Figura 6, y los detectores de dispersión restantes poseen geometrías diferentes. En otras realizaciones alternativas, se utiliza cualquier número adecuado de detectores de dispersión, y uno o más de ellos tienen la geometría de la Figura 6.

[0044] La Figura 7 es un diagrama de flujo que representa un método ejemplar (300) del sistema operativo de detección de seguridad (10). A menos que se indique lo contrario, se pueden realizar uno o más de los pasos incluidos en la Figura 7 secuencialmente, simultáneamente o en cualquier orden adecuado. Por lo que respecta a las Figuras 3, 6 y 7, en el método ejemplar, la pluralidad (24) de detectores de dispersión (302) recibe una parte de radiación dispersa (36) que posee un ángulo de dispersión  $\theta$ . En determinadas realizaciones, al menos una de la pluralidad (24) de detectores de dispersión está ubicada sustancialmente en un plano Y-Z, como se muestra en la Figura 4, e incluye una pluralidad de bandas de detección, como por ejemplo las bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108). Además, la primera anchura  $b_m$  de una primera banda de detección, como por ejemplo la banda de detección (104), se selecciona durante la fabricación o reequipamiento, de tal manera que se satisfaga la Ecuación (2). En otras palabras, la primera anchura  $b_m$  de la primera banda de detección, como por ejemplo la banda de detección (104), es igual a una extensión lineal de un haz concentrado de rayos X del conjunto (34) de haces concentrados de rayos X medidos en el plano Y-Z en una dirección paralela a la primera anchura  $b_m$ . Además, el conjunto de detectores de transmisión (22) recibe (304) un haz en abanico (32) atenuado por el recipiente (90). El sistema de procesamiento de datos (112) genera (306) información relativa al contenido del recipiente (90) combinando una salida del conjunto de detectores de transmisión (22) y una salida de la pluralidad (24) de detectores de dispersión.

[0045] En determinadas realizaciones del método ejemplar (300), la parte de la radiación dispersa (36) comprende una pluralidad de partes de radiación dispersa (36), como se muestra en la Figura 3. El paso de recepción (302) de una parte de radiación dispersa (36) que posee un ángulo de dispersión  $\theta$  incluye la primera banda de detección, como por ejemplo la banda de detección (104), que recibe una primera parte de una pluralidad de partes de radiación dispersa (36), y una segunda banda de detección, como por ejemplo la banda de detección (100, 102, 106 o 108), que recibe una segunda parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa (36). Se selecciona la anchura  $b$  de la segunda banda de detección durante la fabricación o reequipamiento para satisfacer la Ecuación (4) y se selecciona la altura  $Z_D$  de al menos una de las bandas de detección, como por ejemplo la banda de detección (100, 102, 104, 106 o 108), durante la fabricación o reequipamiento para satisfacer la Ecuación (5).

[0046] Las realizaciones descritas anteriormente facilitan la combinación de las ventajas de imágenes de transmisión multivista y XDI utilizando la misma fuente de rayos X en un único sistema de detección de seguridad, disminuyendo la necesidad de implementar sistemas independientes de escaneado de TA y XDI. Más específicamente, las realizaciones descritas anteriormente disminuyen el tamaño y el coste del sistema de detección de seguridad, y también disminuyen el tiempo necesario para completar una investigación de cada recipiente. Las realizaciones descritas anteriormente también facilitan la disminución del ensanchamiento angular de un ángulo de dispersión asociado con el detector, facilitando así un perfil de difracción de rayos X con anchuras inferiores de pico medidas de transferencia de momento, lo que a su vez facilita un aumento de la velocidad de detección de material. Además, las realizaciones descritas anteriormente facilitan el incremento al máximo del número de fotones recibidos en cada detector de dispersión para un ensanchamiento angular constante determinado, lo que a su vez facilita una disminución en la tasa de detección de falsos positivos. Por consiguiente, las realizaciones descritas anteriormente facilitan, por ejemplo, la identificación de líquidos dentro de botellas de vidrio, latas metálicas, termos u otros dispositivos ocultos en maletas sin necesidad de retirar el dispositivo de la maleta.

[0047] Además, las realizaciones descritas anteriormente facilitan una funcionalidad mejorada de TA ya que se forman imágenes sobre el recipiente a partir de muchas direcciones de proyección, por ejemplo cuarenta o cien. Las realizaciones descritas anteriormente también facilitan la identificación de explosivos cristalinos convencionales, así como de explosivos líquidos, amorfos y caseros, por medio de imágenes de difracción de rayos X del recipiente usando un número reducido –por ejemplo tres– de detectores de dispersión coherentes en una geometría inversa para la cobertura completa del recipiente.

[0048] Anteriormente se han descrito en detalle ejemplos de realización de un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, que incluye un sistema de detección de dispersión de rayos X y un método para operar un sistema de imágenes de difracción de rayos X. El sistema de imágenes de difracción de rayos X, el sistema de detección de dispersión de rayos X y el método no se limitan a las realizaciones específicas descritas en el presente. Por ejemplo, el sistema de detección de dispersión de rayos X también se puede usar en combinación con otros sistemas de inspección/detección y/o métodos de inspección, y no se limita a la aplicación exclusiva en un sistema de detección de seguridad como se ha descrito en el presente. Asimismo, el sistema de imágenes de difracción de rayos X, el sistema de detección de dispersión de rayos X y el método para operar un sistema de imágenes de difracción de rayos X descritos en el presente tienen aplicaciones que van más allá de la detección de seguridad, incluidas aplicaciones en la industria de reciclaje de plásticos, la industria farmacéutica y la industria de ensayos no destructivos.

[0049] Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, incluido el modo óptimo, y también para permitir que cualquier experto en la técnica lleve a la práctica la invención, incluidos la fabricación y el uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualquier método incorporado. El ámbito patentable de la invención queda definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos concebidos por los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de detección de dispersión de rayos X que comprende una fuente de rayos X (12), un colimador secundario (20) y un detector de dispersión (40), en el que:

5 dicha fuente de rayos X (12) está configurada para emitir un haz concentrado de rayos X (70 y 202); dicho colimador secundario (20) está configurado para garantizar que una parte de la radiación dispersa que llega a dicho detector de dispersión (40) posee un ángulo de dispersión constante con respecto al haz concentrado de rayos X; y

10 dicho detector de dispersión (40) está configurado para recibir radiación dispersa (36) que tiene un ángulo de dispersión desde el haz concentrado de rayos X, comprendiendo la radiación dispersa una pluralidad de partes de la radiación dispersa; dicho detector de dispersión está ubicado sustancialmente en un plano y comprende una pluralidad de bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108) y dicha pluralidad de bandas de detección comprenden:

15 una primera banda de detección (104 y 212) que tiene una primera anchura igual y paralela a una extensión lineal del haz concentrado de rayos X, en la que el haz concentrado de rayos X atraviesa el plano; dicha primera banda de detección está configurada para recibir una primera parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa, originándose la primera parte desde una primera distancia, medida de forma perpendicular al plano, del plano; y

20 una segunda banda de detección (100, 102, 106 y 108) que está configurada para recibir una segunda parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa, originándose la segunda parte desde una segunda distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano, que se caracteriza porque dicha segunda banda de detección comprende una segunda anchura definida por:

$$b = b_m \frac{L_2}{L_{2m}}$$

25 donde  $b$  es la segunda anchura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $L_2$  es la segunda distancia.

30 2. Un sistema de detección de dispersión de rayos X de conformidad con la Reivindicación 1, en el que al menos una de la mencionada pluralidad de bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108) comprende una altura definida por:

$$Z_D = \frac{b_m^2}{8 L_{2m} \tan(\theta)}$$

35 en la que  $Z_D$  es la altura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $\theta$  es el ángulo de dispersión.

40 3. Un sistema de detección de dispersión de rayos X de conformidad con la Reivindicación 1, que además comprende un colimador primario (18), en el que la extensión lineal del haz concentrado de rayos X (70 y 202) medida en el plano está determinada por una anchura de canal del colimador primario (18).

45 4. Un sistema de detección de dispersión de rayos X de conformidad con la Reivindicación 1, en el que el mencionado sistema de detección de dispersión de rayos X comprende un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, en el que la mencionada fuente de rayos X (12) está configurada para emitir un haz en abanico de rayos X (32) y un conjunto de haces concentrados de rayos X (34), comprendiendo dicho sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X:

un área de examen (14); una pluralidad de detectores de dispersión (24), y cada uno de la mencionada pluralidad de detectores de dispersión (24) está configurado para recibir radiación dispersa (36) desde una interacción de un haz concentrado de rayos X (70 y 202) del conjunto de haces concentrados de rayos X (34) y un recipiente en dicha área de examen, y la radiación dispersa (36) tiene el ángulo de dispersión, en el que al menos uno de la pluralidad de detectores de dispersión (24) está ubicado sustancialmente en el plano, y dicho detector de dispersión comprende la mencionada pluralidad de bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108);

55 un conjunto de detectores de transmisión (22) configurados para recibir el haz en abanico de rayos X (32) atenuado por el recipiente; y

un sistema de procesamiento de datos (112) configurado para combinar una salida desde el mencionado conjunto de detectores de transmisión (22) y una salida desde la mencionada pluralidad de detectores de dispersión (24) para generar información sobre el recipiente.

5. Un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, de conformidad con la Reivindicación 4, en el que al menos una de la mencionada pluralidad de bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108) comprende una altura definida por:

$$Z_D = \frac{b_m^2}{8 L_{2m} \tan(\theta)}$$

5

en la que  $Z_D$  es la altura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $\theta$  es el ángulo de dispersión.

6. Un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, de conformidad con la Reivindicación 4, en el que el mencionado sistema de procesamiento de datos (112) está configurado asimismo para llevar a cabo un análisis de difracción de rayos X utilizando la salida de la mencionada pluralidad de detectores de dispersión (24), y la información relacionada con el recipiente comprende una de una proyección multivista y una imagen de sección del recipiente, definiendo la una de la proyección multivista y la imagen de sección una ubicación en el recipiente de un material detectado por el análisis de difracción de rayos X.

10

7. Un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, de conformidad con la Reivindicación 4, en el que la mencionada fuente de rayos X (12) comprende una pluralidad de puntos focales (50, 52, 54, 56, 58, 60, 61, 64 y 66), y cada uno de la mencionada pluralidad de puntos focales (50, 52, 54, 56, 58, 60, 61, 64 y 66) está configurado para emitir el haz en abanico de rayos X (32) y el conjunto de haces concentrados de rayos X (34).

15

8. Un sistema para la formación de imágenes de difracción de rayos X, de conformidad con la Reivindicación 7, en el que la mencionada pluralidad de puntos focales (50, 52, 54, 56, 58, 60, 61, 64 y 66) está ubicada sustancialmente a lo largo de un eje de dicha fuente de rayos X (12), la fuente de rayos X está configurada para generar el haz en abanico de rayos X (32) y el conjunto de haces concentrados de rayos X (34) desde cada punto focal de la mencionada pluralidad de puntos focales en secuencia a lo largo del eje.

20

9. Un método para la operación de un sistema de imágenes de difracción de rayos X, comprendiendo dicho método: la emisión de un haz concentrado de rayos X (70 y 202) desde una fuente de rayos X (12) y la dirección del haz concentrado de rayos X hacia un recipiente;

la recepción en una pluralidad de detectores de dispersión (24) de una parte de la radiación dispersa (36) desde el recipiente a través de un colimador secundario (20), poseyendo la radiación dispersa (36) un ángulo de dispersión, en el que la radiación dispersa (36) comprende una pluralidad de partes de radiación dispersa (36), el colimador secundario está configurado para facilitar el aseguramiento de que la radiación dispersa que llega a cada detector de dispersión de la pluralidad de detectores de dispersión posee un ángulo de dispersión constante con respecto al haz concentrado de rayos X, en el que al menos uno de la pluralidad de detectores de dispersión está situado sustancialmente en un plano, comprendiendo el al menos un detector de dispersión una pluralidad de bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108), en el que dicha recepción en una pluralidad de detectores de dispersión (24) de una parte de radiación dispersa (36) comprende:

25

la recepción de una primera parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa (36) en una primera banda de detección (104 y 212) de la pluralidad de bandas de detección (100, 102, 104, 106 y 108), originándose la primera parte desde una primera distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano, y en el que una primera anchura de la primera banda de detección es igual y paralela a una extensión lineal de un haz concentrado de rayos X donde el haz concentrado de rayos X atraviesa el plano;

30

y la recepción de una segunda parte de la pluralidad de partes de radiación dispersa (36) en una segunda banda de detección en la pluralidad de bandas de detección, originándose la segunda parte desde una segunda distancia del plano, medida de forma perpendicular al plano, en la que una segunda anchura de la segunda banda de detección está definida por:

35

$$b = b_m \frac{L_2}{L_{2m}}$$

40

donde  $b$  es la segunda anchura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $L_2$  es la segunda distancia;

la recepción de un haz en abanico de rayos X (32) desde la fuente de rayos X atenuada por el recipiente en un conjunto de detectores de transmisión (22); y

la generación de información relativa al contenido del recipiente mediante la combinación de una salida del conjunto de detectores de transmisión y una salida de la pluralidad de detectores de dispersión.

45

50

55

10. Un método de conformidad con la Reivindicación 9, en el que la mencionada recepción en una pluralidad de detectores de dispersión (24) de una parte de radiación dispersa también comprende la primera parte que se origina desde la primera distancia, en el que una altura de al menos una de la pluralidad de bandas de detección (24) está definida por:

5

$$Z_D = \frac{b_m^2}{8 L_{2m} \tan(\theta)}$$

en la que  $Z_D$  es la altura,  $b_m$  es la primera anchura,  $L_{2m}$  es la primera distancia y  $\theta$  es el ángulo de dispersión.

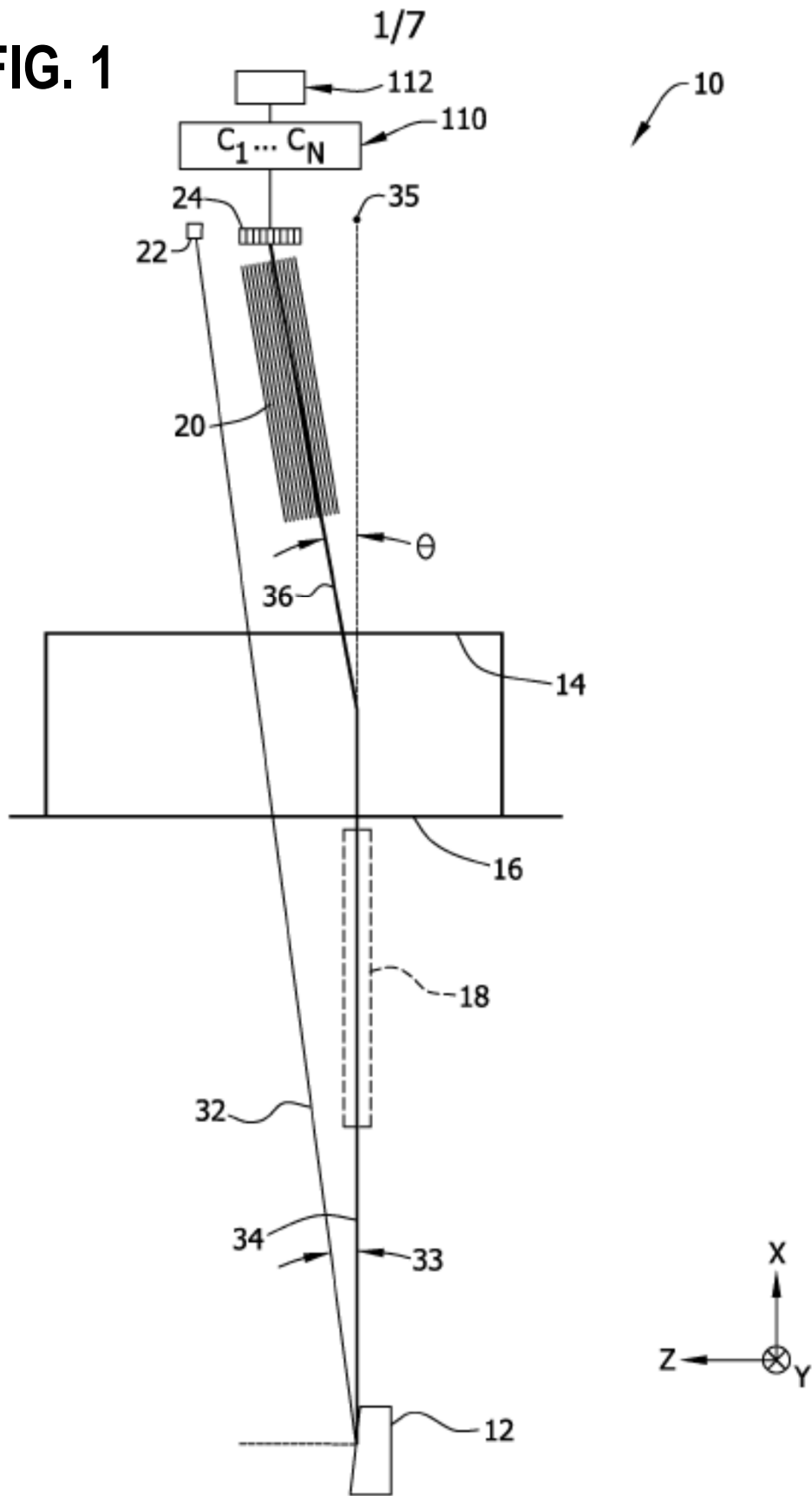
10 11. Un método de conformidad con la Reivindicación 9, en el que la radiación dispersa (36) procede de un conjunto de haces concentrados de rayos X (34) dirigidos al recipiente, el conjunto de haces concentrados de rayos X (34) se encuentra sustancialmente en un primer plano, [y] dicho método también comprende la orientación del haz en abanico de rayos X (32) sustancialmente en un segundo plano.

15 12. Un método de conformidad con la Reivindicación 9, en el que la mencionada generación de información relativa al contenido del recipiente también comprende:

la realización de un análisis de difracción de rayos X usando la salida de la pluralidad de detectores de dispersión (24); y

20 la generación de una de una proyección multivista y una imagen de sección del recipiente, la una de la proyección multivista y la imagen de sección identifican una ubicación en el recipiente de un material detectado por el análisis de difracción de rayos X.

FIG. 1



2/7

FIG. 2

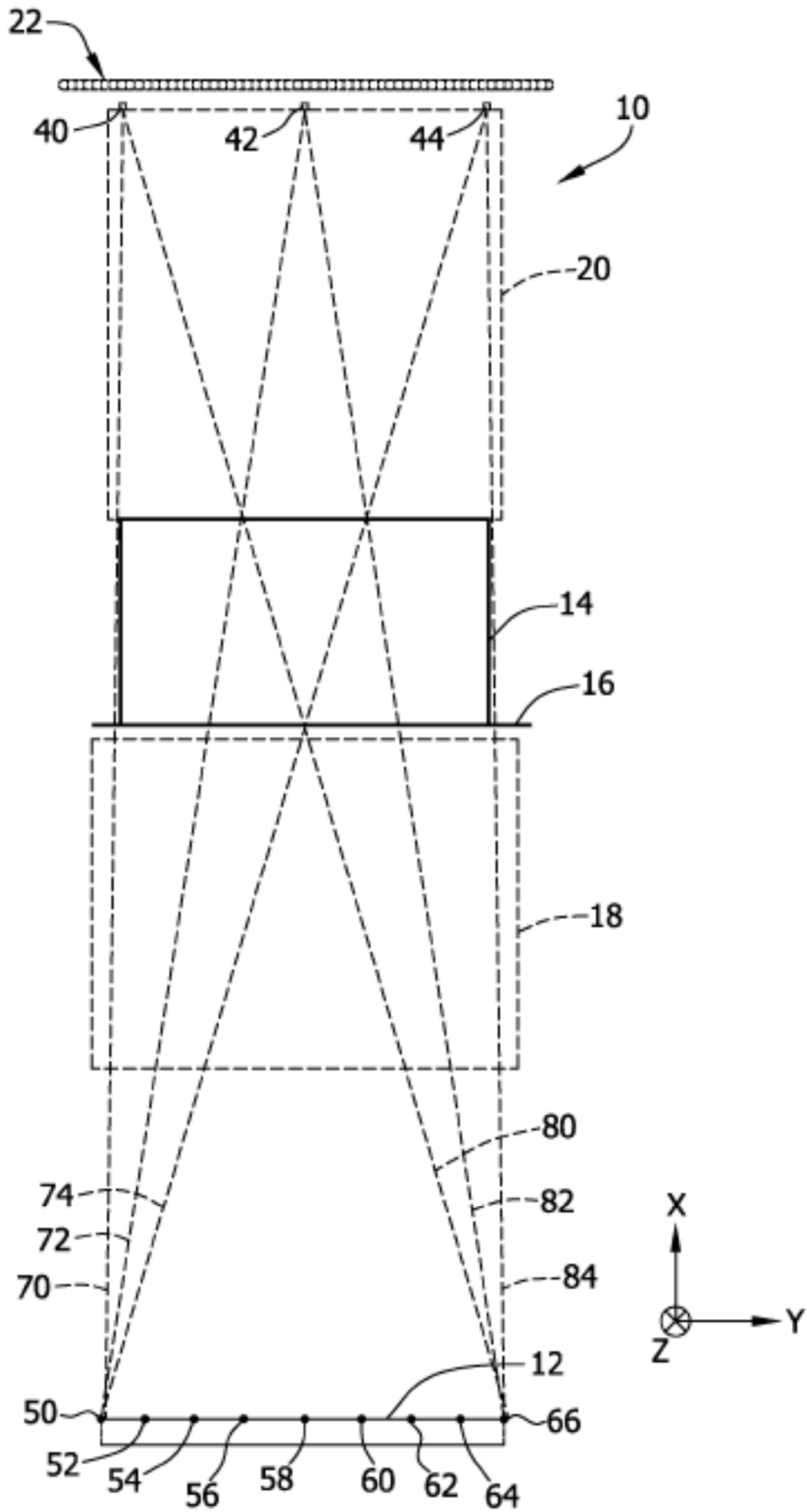


FIG. 3

3/7

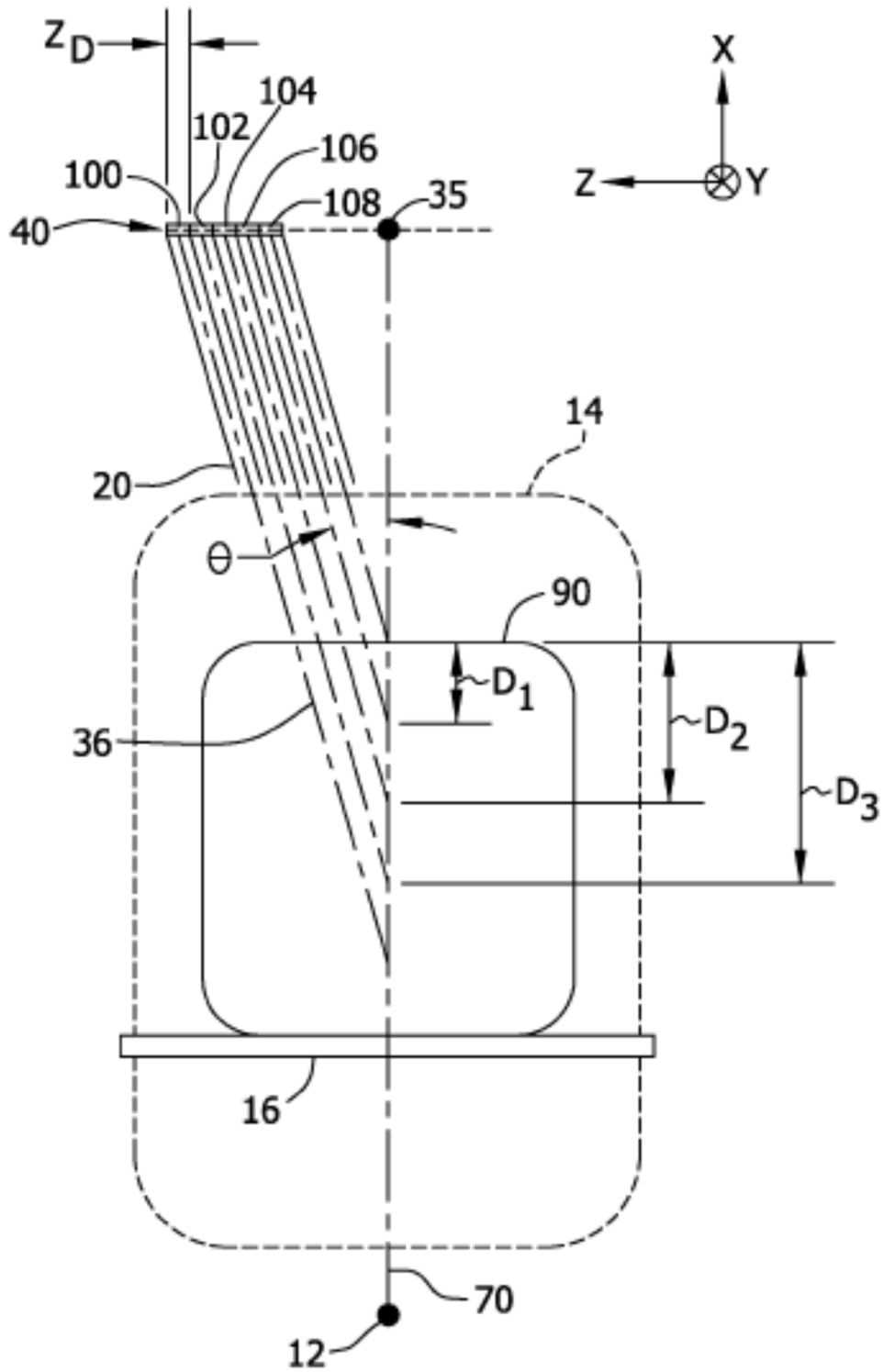




FIG. 4

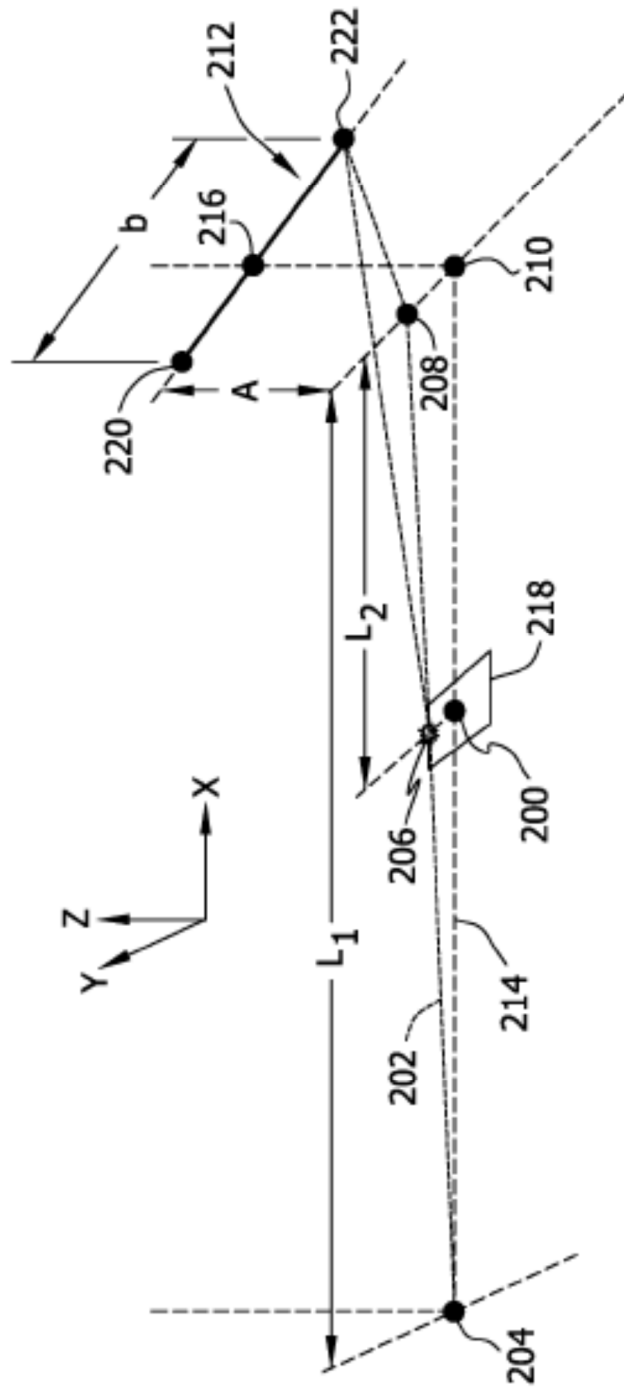


FIG. 5

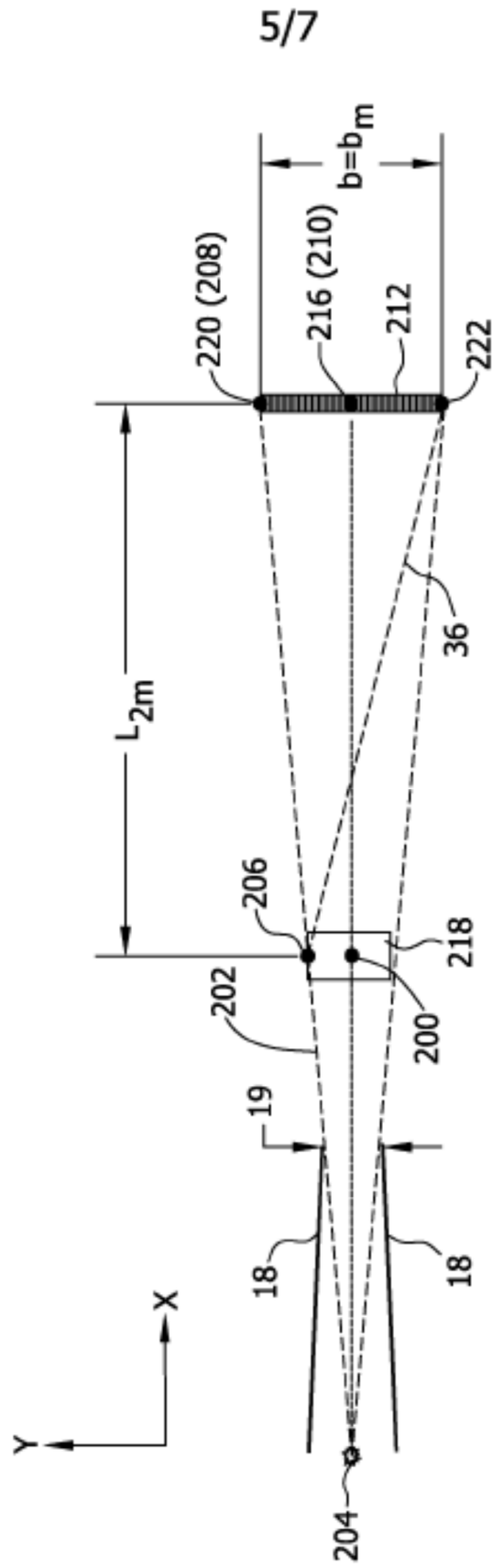
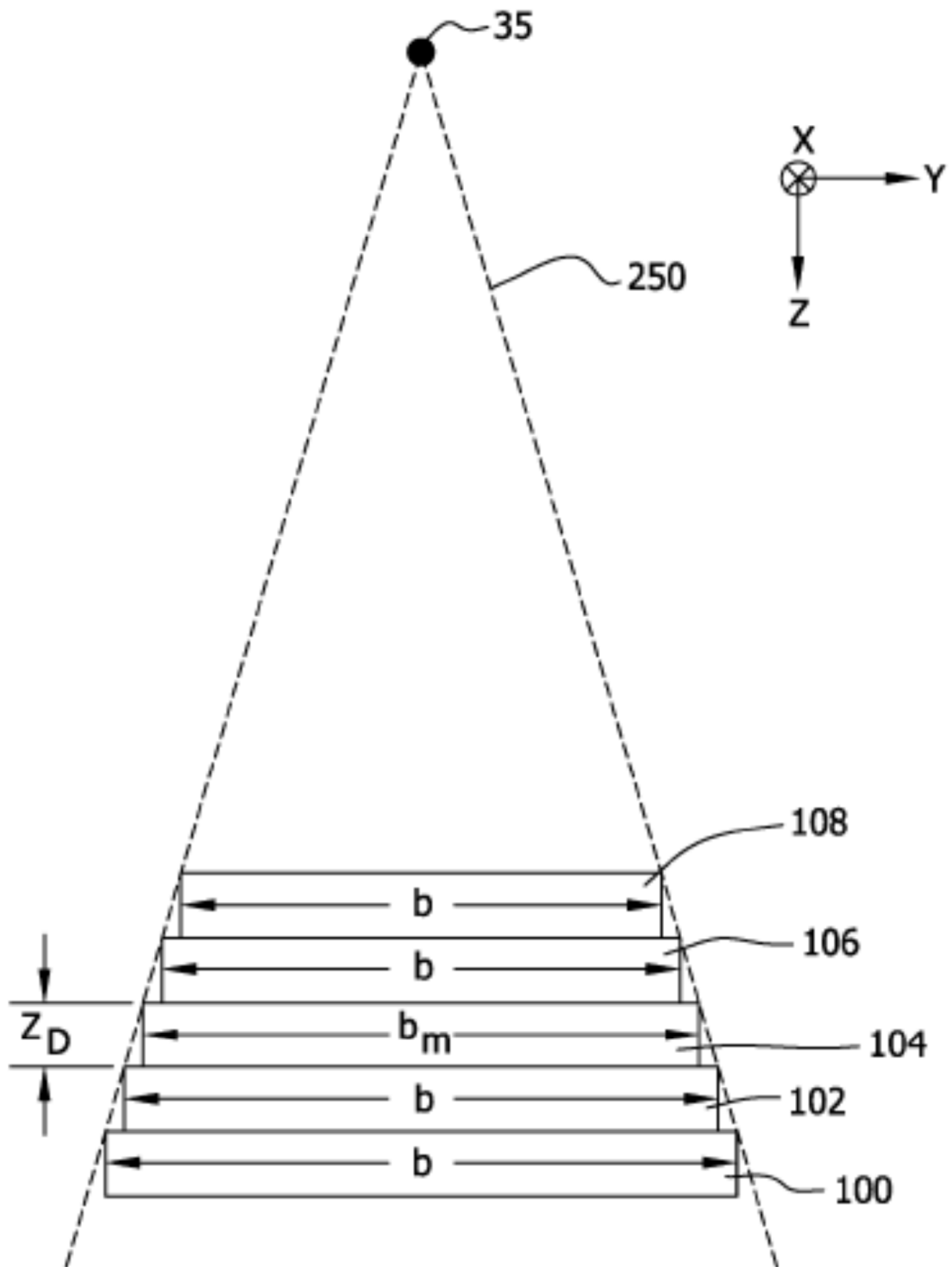


FIG. 6

6/7



7/7

**FIG. 7**

