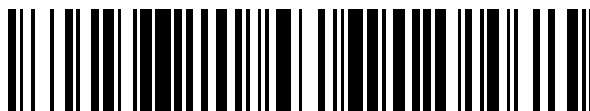


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 741**

51 Int. Cl.:

G01V 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2015** **E 15175559 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021** **EP 3115809**

54 Título: **Un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano, y un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2021

73 Titular/es:

**EXRUPTIVE A/S (100.0%)
Hovedgaden 451 F
2640 Hedehusene, DK**

72 Inventor/es:

**POULSEN, HENNING FRIIS y
OLSEN, ULRIK LUND**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 880 741 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

Un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano, y un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano

La presente invención se refiere a un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano, de acuerdo con la reivindicación 1.

Un procedimiento de este tipo se describe en el documento WO 03/065077 en el que los artículos de equipaje de mano se escanean uno tras otro. El escaneado se realiza, por tanto, en un único artículo de mano, y los artículos de equipaje de mano divulgados son todos equipajes de mano, es decir, equipaje de mano que tiene paredes laterales exteriores bien definidas. El artículo de mano individual se escanea en el módulo de primera etapa, y si el análisis determina que el contenido no contiene artículos de contrabando, entonces un dispositivo de desvío puede dirigir el artículo de mano a una trayectoria de descarga. Si el objeto de transporte no es desviado, continúa el escaneado en el módulo de la segunda etapa. El escaneado en el módulo de la primera etapa es un escaneado CT que involucra un detector en forma de anillo, y la fuente de rayos X rota anularmente alrededor del artículo de mano a una velocidad considerable, y el escaneado del artículo de mano involucra la generación de al menos 1000 proyecciones de datos de imágenes en 2D, y la reconstrucción de la representación en 3D puede ser realizada con precisión debido al alto número de proyecciones en 2D.

El escaneado CT tiene la desventaja de que el módulo de la primera etapa es muy grande y pesado debido al mecanismo de rotación utilizado para el escaneado. Un escáner de CT suele estar situado en la planta baja o en un sótano en el que se disponga de una base sólida, y el escáner de CT también requiere un fuerte apantallamiento con el fin de que no suponga un riesgo para la salud de las personas.

El escaneado de los artículos de equipaje de mano es diferente del escaneado del equipaje facturado. El equipaje facturado puede ser escaneado en un lugar remoto porque los artículos de equipaje son transportados en su propio flujo y a lo largo de su propia trayectoria de transporte, sin ninguna proximidad física a la persona a la que pertenece el artículo de equipaje. Así, el escaneado del equipaje facturado puede realizarse en un lugar adecuado para el equipo de escaneado, y no importa tanto si el equipo de escaneado es grande y pesado. El escaneado del equipaje facturado se puede realizar en cualquier momento conveniente entre la facturación de la pieza de equipaje y la entrega del equipaje escaneado, como por ejemplo en un avión antes de su salida. Por lo general, se dispone de al menos 20 minutos para encaminar la pieza de equipaje y para el escaneado, a veces incluso de aproximadamente una hora.

Los artículos de equipaje de mano siguen a la persona a la que pertenecen los artículos de equipaje de mano, ya que la persona transporta los artículos de equipaje de mano a lo largo del trayecto de la persona. Cuando se va a realizar un control de seguridad, la persona entrega temporalmente los artículos de equipaje de mano a la instalación de control, y la persona espera hasta que se complete el control de los artículos de equipaje de mano, y entonces la persona recibe los artículos de equipaje de mano y puede continuar hacia adelante junto con los artículos de equipaje de mano. Por lo tanto, es preferible que el escaneado de seguridad de los artículos de equipaje de mano se realice inmediatamente cuando la persona entregue los artículos de equipaje de mano para el control de seguridad, y que se realice en las proximidades de la persona.

Por razones de seguridad personal, el escáner CT que se describe en el documento WO 03/065077 requiere que el equipo esté alejado de la persona a la que pertenece el artículo de mano, y aunque esto puede encontrar una solución en la que el equipo de escaneado esté situado en una planta inferior a la de la persona que entrega y recibe el artículo de mano, una solución de este tipo requiere espacio.

El escaneado de artículos de equipaje de mano se ha realizado durante años sin el paso de reconstruir la representación en 3D de los artículos de equipaje de mano. Un ejemplo de esto se da en el documento US 5.600.303 en el que los artículos de equipaje de mano se reciben y escanean en un módulo de primera etapa utilizando al menos una fuente de rayos X y primeros detectores para realizar una radiografía de contraste de transmisión que genera una proyección de datos de imagen bidimensional (en 2D) de los artículos de equipaje de mano. La imagen en 2D puede ser mejorada, por ejemplo, haciendo más nítidos los bordes y mejorando el contraste, y ser analizada por ordenador para detectar posibles amenazas, y a continuación un operador ve la imagen en 2D mejorada y determina si se requiere un escaneado adicional, y si es necesario, el artículo de mano es escaneado en un módulo de segunda etapa utilizando al menos una fuente de rayos X y al menos un segundo detector. El módulo de la primera etapa puede ser de construcción pequeña y sencilla, y puede estar debidamente blindado sin mayor dificultad. Pero se necesita un operador para ver la imagen en 2D.

En el documento WO 2006/074431 se sugiere mantener los artículos de equipaje de mano sobre el carro utilizado para transportarlos y pasar el carro con los artículos de equipaje de mano por un sistema de escaneado de rayos X. Sólo hay un módulo de una etapa, y los detectores de este módulo pueden tener forma de L o ser lineales. Las imágenes en 2D capturadas son analizadas por una unidad de procesamiento en busca de amenazas, y si no se en-

cuentra ninguna amenaza después del escaneado en el módulo de una única etapa, el carro es autorizado y devuelto a la persona a la que pertenecen los artículos de equipaje de mano. Sin embargo, si se encuentra una amenaza potencial, la imagen se envía a una estación de trabajo en la que el personal de seguridad puede ver la imagen y determinar si los artículos del carro deben ser registrados a mano.

- 5 Otra tecnología relevante se puede ver en los documentos US2006/098773, WO2006/074431, US6438209, WO2010/138607, US4020346 y US2009/11617.

Un objeto de la presente invención es mejorar el escaneado de seguridad de los artículos de equipaje de mano.

En un primer aspecto, la invención se refiere al procedimiento de la reivindicación 1.

- 10 Con vistas a esto, en el procedimiento que se ha mencionado más arriba de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la presente invención, los artículos de equipaje de mano en el paso a) son recibidos como un grupo de artículos de equipaje de mano en un portador y son escaneados simultáneamente como un grupo en el paso b), y e) un grupo de artículos de equipaje de mano en los que se ha determinado en el paso d) que tienen al menos un área local que requiere escaneado adicional, se escanea adicionalmente en un módulo de segunda etapa, en el que el grupo de artículos de equipaje de mano y una fuente de rayos X y un dispositivo de enfoque se colocan unos con respecto a los otros de forma que una posición de medición esté en línea con el área local que requiere un escaneado adicional, y la fuente de rayos X emite fotones en un haz de rayos X policromático, los citados fotones son enfocados hacia la posición de medición por el dispositivo de enfoque, y al menos un segundo detector detecta los rayos X difractados del área local.

- 20 Los artículos de equipaje de mano se reciben como un grupo sobre un portador y se escanean simultáneamente como un grupo, y esto simplifica el manejo de los artículos de equipaje de mano y el escaneado, ya que se evita separar los artículos de equipaje de mano individuales y se evita pasarlos uno tras otro por el escaneado como objetos individuales escaneados uno por uno. Se trata de una mejora en la manipulación y se consigue un escaneado más rápido al escanear simultáneamente un grupo de artículos de equipaje de mano sobre un portador.

- 25 El escaneado en el módulo de la segunda etapa se realiza en el área local individual que requiere un escaneado adicional, y si hay más de un área local de este tipo en un grupo de artículos de equipaje de mano, entonces cada área local se escanea por separado, ya sea un área local después de otra por la misma fuente de rayos X y dispositivo de enfoque y segundo detector, o dos o más áreas locales simultáneamente en caso de que el módulo de la segunda etapa esté provisto de dos o más conjuntos de fuente de rayos X, dispositivos de enfoque y segundo(s) detector(es). El escaneado simultáneo puede ir seguido por uno o más escaneados posteriores. Si, por ejemplo, el grupo de artículos de equipaje de mano incluye 5 áreas locales que requieren un escaneado adicional y el módulo de la segunda etapa está provisto de dos conjuntos de fuente de rayos X, dispositivos de enfoque y segundo detector, entonces el escaneado se realiza como tres escaneados posteriores, dos de los cuales implican el escaneado simultáneo de dos áreas locales.

- 35 Una ventaja de escanear sólo un área local es que la fuente de rayos X puede tener menos potencia y sin embargo proporcionar un haz de rayos X de la densidad de flujo de energía deseada, porque las dimensiones del área local son pequeñas, tales como un ancho y una amplitud de menos de 5 mm por 5 mm, y el haz de rayos X puede iluminar incluso sólo una parte del área local. Una fuente de rayos X de baja potencia, tal como una potencia en el rango de 0,5 Kw a 4 Kw, requiere menos apantallamiento y es más fácil de instalar en un módulo de segunda etapa situado cerca de la trayectoria de transporte de las personas a las que pertenecen los grupos de artículos de equipaje de mano.

- 40 El enfoque de los fotones por el dispositivo de enfoque aumenta la densidad de flujo de los fotones incidentes en la posición de medición, y el aumento de la densidad de flujo conduce a una disminución correspondiente en el tiempo de medición requerido. El haz de rayos X policromático de la fuente de rayos X se emite en forma divergente, y en una forma divergente de este tipo, la densidad de flujo de fotones disminuye con el cuadrado de la distancia a la fuente de rayos X. El dispositivo de enfoque capta la totalidad o una parte del haz de forma divergente de la fuente de rayos X y enfoca los fotones del haz hacia la posición de medición. Desde la salida del dispositivo de enfoque, la densidad de flujo de fotones en el haz de rayos X policromático aumenta o es sustancialmente constante con el aumento de la distancia desde el dispositivo de enfoque hacia la posición de medición.

- 45 Es posible utilizar sólo el segundo detector. Sin embargo, también es posible disponer de un tercer detector para detectar los rayos X en el haz directo de la zona local. El tercer detector detecta el haz directo después de pasar por la posición de medición dentro del grupo de artículos de equipaje de mano y, por lo tanto, tiene en cuenta la absorción de rayos X en el lugar específico en el que el haz de rayos X pasa por el grupo de artículos de equipaje de mano. Esta absorción puede ser utilizada para corregir los rayos X difractados detectados en el segundo detector por el efecto de la absorción.

- Preferiblemente los fotones son guiados por al menos un miembro con forma de tubo en el dispositivo de enfoque. El miembro con forma de tubo puede ser capaz de capturar una porción más grande del haz con forma divergente, y por lo tanto - para cualquier potencia dada de la fuente de rayos X - proporcionar una mayor densidad de flujo de fotones en la posición de medición que la que es posible con dispositivos de colimación alternativos. Esta alternativa en forma de un conjunto de rendijas consecutivas puede utilizarse para guiar los fotones en el dispositivo de enfoque de manera que la sección transversal del haz de rayos X sea sustancialmente constante cuando la distancia desde la fuente a la posición de medición varía dentro del grupo de artículos de equipaje de mano. Las rendijas recortan las partes exteriores del rayo y dejan pasar una parte central. El enfoque preciso minimiza la difracción de las zonas que rodean el área local que requieren un escaneado adicional.
- Los líquidos y los geles suelen provocar menos difracciones por área de volumen que una sustancia sólida. Para reducir el tiempo necesario para el escaneado cuando se exploran geles o líquidos, el dispositivo de enfoque ajusta el enfoque de manera que la posición de medición tenga una sección transversal mayor cuando el área local contiene líquidos o geles que cuando el área local contiene una sustancia sólida. Como alternativa a la utilización de un dispositivo de enfoque ajustable de este tipo, es posible aplicar dos dispositivos de enfoque en los que uno proporciona una posición de medición que tiene una sección transversal mayor que la posición de medición del otro dispositivo de enfoque.
- Es posible utilizar un equipo de escaneado estacionario y a continuación desplazar la posición del grupo de artículos de equipaje de mano, pero preferiblemente la fuente de rayos X y el dispositivo de enfoque en un lado de la posición de medición y el al menos un segundo detector en el lado opuesto a la posición de medición están interconectados y son móviles como una unidad durante el posicionamiento en relación con una única área local que requiere un escaneado adicional. Una de las ventajas de ajustar la posición del equipo de escaneado es que el grupo de artículos de equipaje de mano se manipula con la mayor suavidad posible. El equipo de escaneado se desplaza fácil y rápidamente entre las posiciones de medición.
- La presente invención también se refiere a un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la reivindicación 5. Con respecto a los efectos, se hace referencia a los efectos que se han mencionado más arriba del procedimiento de acuerdo con la invención.
- En una realización, el dispositivo de enfoque comprende al menos un miembro con forma de tubo a través del cual se guían los fotones. En un desarrollo posterior, el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie. El revestimiento de la superficie provoca la reflexión de una porción más alta de los fotones dentro del miembro con forma de tubo y, por tanto, da lugar a una mayor densidad de flujo en la posición de medición.
- En una realización, el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con un material que tiene una densidad de al menos 10 g/cm^3 , preferiblemente una densidad de al menos 16 g/cm^3 . La alta densidad del revestimiento mejora la capacidad del mismo para reflejar los fotones.
- En una realización el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con al menos un material, o una mezcla de materiales, seleccionado del grupo que comprende oro, platino, iridio, tungsteno, plata, paladio, rodio, rutenio y molibdeno.
- En otra realización adicional, el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con un revestimiento multicapa que comprende al menos una capa de un material que tiene una densidad de como máximo 4 g/cm^3 , y preferentemente de como máximo $2,5 \text{ g/cm}^3$, como por ejemplo al menos un material, o una mezcla de materiales, seleccionados del grupo que comprende silicio, carburo de boro y carbono.
- El miembro tubular puede ser un miembro capilar, y en una realización el dispositivo de enfoque tiene un único miembro capilar. En otra realización, el dispositivo de enfoque comprende una pluralidad de miembros capilares singulares, que pueden estar agrupados en un único paquete o en varios paquetes. En otra realización, el dispositivo de enfoque comprende un miembro de policapilaridad a través del cual se guían los fotones. El miembro de policapilaridad es un cuerpo fijo en el que están conformados muchos capilares. El miembro de policapilaridad puede recoger una gran parte del haz en forma de abanico y enfocar todos los capilares en la posición de medición.
- En una realización, la fuente de rayos X del módulo de la segunda etapa tiene una tensión nominal del tubo de al menos 110 kV. Aunque es posible que la tensión nominal del tubo sea, por ejemplo, de 40 kV, el haz de rayos X es capaz de penetrar a través de más material cuando la tensión del tubo es de al menos 110 kV, y preferiblemente de al menos 140 kV. El grupo de elementos portadores puede comprender varios elementos, y si por ejemplo tres elementos están superpuestos en la trayectoria del haz desde el dispositivo de enfoque hasta el segundo detector, entonces es una ventaja con una alta tensión nominal del tubo.
- En una realización, la fuente de rayos X del módulo de la segunda etapa está refrigerada por aire y no por agua. Esta realización es de diseño simple porque el aire es fácilmente disponible y una toma de aire puede ser dispuesta convenientemente. El peso de la fuente de rayos X y de la carcasa y el montaje asociados es menor cuando se

utiliza la refrigeración por aire y se puede prescindir de la refrigeración por agua, lo que supone una ventaja especialmente cuando la fuente está montada de forma móvil en un bastidor.

5 En una realización, el haz de rayos X enfocado en la posición de medición tiene la dimensión de sección transversal mayor en el rango de 4 μm a 500 μm . Las difracciones de esta manera se originan en un volumen muy pequeño de material y las difracciones en el segundo detector se detectan de esta manera con muy poco ruido y un bajo grado de manchado, y esta calidad mejorada de las detecciones permite acortar el tiempo requerido para un escaneado, o permite mejorar la validez en la determinación del tipo de material en el volumen escaneado.

10 En una realización, el al menos un segundo detector tiene al menos una resolución energética doble. La al menos doble resolución energética proporciona información adicional sobre la naturaleza de los materiales de los artículos de equipaje de mano y permite una mejor separación de los artículos de equipaje de mano individuales en el grupo de artículos de equipaje de mano en el portador. Aunque en una realización es posible utilizar un segundo detector que no tenga resolución energética, se prefiere un segundo detector con resolución energética. Se prefiere un segundo detector con resolución multi - energética, y un segundo detector de este tipo puede tener, por ejemplo, una adquisición de 1000 a 4000 canales de energía, o incluso hasta 8000 canales de energía, y los datos adquiridos se reagrupan en 100 a 200 canales de energía o niveles de energía en el postprocesamiento para reducir el ruido. De esta manera el segundo detector puede tener una resolución multi - energética, como una resolución energética de típicamente 100 a 200 niveles, aunque un menor número de niveles también pueden ser aplicables, como la resolución energética en 16 niveles, o 56 niveles o 128 niveles.

20 La fuente de rayos X y los segundos detectores pueden estar montados en una estructura fija de manera que su posicionamiento mutuo sea fijo, pero siendo la estructura fija movable, como por ejemplo lateralmente o en la dirección de la altura.

25 Se prefiere que los grupos de artículos de equipaje de mano que requieran un escaneado adicional sean en promedio durante una semana de operación como máximo el 10 por ciento de todos los grupos de artículos de equipaje de mano escaneados durante la semana. El escaneado adicional requiere mucho tiempo y la eficiencia del escaneado de seguridad es alta cuando se determina que al menos el 90 por ciento de todos los grupos de artículos de equipaje de mano escaneados incluyen una amenaza o no incluyen una amenaza únicamente por el escaneado en el módulo de la primera etapa y la posterior reconstrucción y análisis. El escaneado en el módulo de la segunda etapa determinará con gran precisión, para una gran proporción de los grupos que requieren un escaneado posterior, si el grupo individual de artículos de equipaje de mano incluye realmente una amenaza o no incluye una amenaza y, en consecuencia, sólo muy pocos grupos de artículos de equipaje de mano requieren una inspección manual posterior por parte del personal de seguridad. También es posible, pero menos preferible, un nivel inferior de determinación sin escaneado en el módulo de la segunda etapa, como por ejemplo que los grupos de artículos de equipaje de mano que se determine que requieren un escaneado adicional sean, en promedio, durante una semana de funcionamiento, como máximo el 20% de todos los grupos de artículos de equipaje de mano escaneados durante la semana.

35 En una realización hay dos o más segundos detectores dispuestos a lo largo de un círculo concéntrico con la trayectoria del haz directo.

Una ventaja del procedimiento de escaneado de seguridad de acuerdo con la presente invención es que pueda determinar con un alto grado de certeza si un grupo de artículos de equipaje de mano contiene una amenaza o no, y que esta determinación pueda realizarse sin una inspección manual del grupo de artículos de equipaje de mano.

40 El portador del grupo individual de artículos de equipaje de mano puede ser, por ejemplo, un carro utilizado por una persona para transportar su grupo personal de artículos de equipaje de mano. Esto hace que el escaneado de seguridad del grupo de artículos de equipaje de mano sea muy sencillo, ya que la persona no necesita descargar los artículos de equipaje de mano en un portador especial utilizado sólo para fines de escaneado de seguridad, sino que puede simplemente pasar el carro utilizado para transportar los artículos de equipaje de mano al lugar de escaneado de seguridad a través del escaneado de seguridad, posiblemente después de haber colocado artículos de equipaje de mano adicionales en el carro, tales como llaveros, un teléfono o una prenda de vestir, con el fin de simplificar el escaneado personal en un procedimiento separado para un escaneado de este tipo. Cuando el carro ha sido escaneado y se ha aceptado que no presenta ninguna amenaza, simplemente se libera a la persona, y ésta puede continuar inmediatamente en la trayectoria de viaje deseada sin tener que retirar los artículos de equipaje de mano del soporte utilizado durante el escaneado de seguridad. Sin embargo, también es posible utilizar un portador dedicado al escaneado de seguridad, y entonces los artículos de equipaje de mano deben cargarse en el portador antes del escaneado y retirarse del mismo una vez finalizado éste.

55 La capacidad de escanear y determinar líquidos y geles hace posible que un grupo de artículos de equipaje de mano en el portador incluya artículos de contenido que contengan cantidades de líquido en el rango de 0,13 l a 3 l. Actualmente un requisito en muchos lugares de escaneado de seguridad, como en los aeropuertos, es que los artículos de contenido tengan que ser retirados del artículo de mano si el artículo de contenido cumple ciertos criterios, tal como una cantidad de líquido superior a 0,1 l. Muchas botellas contienen más de 100 ml de líquido, por lo que resul-

ta incómodo para las personas que viajan que los actuales sistemas de escaneado de seguridad no puedan determinar que, por ejemplo, una botella de agua es realmente una botella de agua y no supone una amenaza para la seguridad. El procedimiento de escaneado de seguridad de acuerdo con la presente invención es capaz de realizar la determinación de si un líquido es una amenaza o no. Esta determinación se realiza en volúmenes pequeños, y estos volúmenes son mucho más pequeños que un volumen que contenga 100 ml. El procedimiento de escaneado de seguridad de acuerdo con la presente invención es capaz de determinar, por consiguiente, si un líquido es una amenaza o no, independientemente de si el artículo que contiene el líquido es mayor de 100 ml o menor de 100 ml. Cuando el procedimiento de escaneado de seguridad es capaz de determinar si un elemento de contenido que contiene cantidades de líquido en el rango de 0,13 l a 3 l es una amenaza o no, entonces el procedimiento puede determinar si un elemento de contenido que contiene líquido es una amenaza, también cuando la cantidad de líquido en el elemento de contenido es inferior a 130 ml o superior a 3000 ml. Para las personas que llevan los grupos de artículos de equipaje de mano, será un alivio no tener que sacar artículos de contenido singular de un artículo de mano, sólo porque contiene líquido en una cantidad superior a 100 ml.

A continuación, se describen con más detalle ejemplos ilustrativos y realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos esquemáticos, en los que

la figura 1 ilustra un sistema de escaneado de seguridad de acuerdo con la presente invención,

la figura 2 ilustra un módulo de primera etapa del sistema de la figura 1,

la figura 3 ilustra una realización de un primer detector en forma de línea,

la figura 4 ilustra una realización de un carro con un grupo de artículos de equipaje de mano,

la figura 5 ilustra un módulo de segunda etapa en el sistema de la figura 1,

las figuras 6, 7 y 8 ilustran una primera realización, una segunda realización y una tercera realización, respectivamente, de un dispositivo de enfoque en el módulo de la segunda etapa de la figura 1,

la figura 9 ilustra en ampliación una sección de pared de otra realización del dispositivo de enfoque,

la figura 10 ilustra una vista parcial de otra realización del módulo de la segunda etapa, y

la figura 11 ilustra un colimador y segundos detectores de la realización de la figura 10.

Una realización de un sistema de escaneado de seguridad para el escaneado de artículos de equipaje de mano se denota generalmente por 1 en la figura 1. El sistema de escaneado de seguridad tiene una estación de entrada 2 para artículos de equipaje de mano situada al final de un módulo de primera etapa 3. Una persona que llega al sistema de escaneado de seguridad para ser escaneada por seguridad entrega los artículos de equipaje de mano en la estación de entrada. En el caso de que el sistema de escaneado de seguridad esté situado en una instalación en la que la persona transporta los artículos de equipaje de mano, el sistema de escaneado de seguridad puede tener portadores para recibir los artículos de equipaje de mano en la estación de entrada 2. En este caso, la persona coloca los artículos de equipaje de mano en el portador como un grupo 4 de artículos de equipaje de mano. En caso de que el sistema de escaneado de seguridad se encuentre en una instalación, tal como un aeropuerto, en el que se proporcionan carros para transportar artículos de equipaje de mano dentro de la instalación, el carro con el grupo de artículos de equipaje de mano se entrega simplemente en la estación de entrada 2. A continuación, la persona camina hacia una estación de liberación 5 a lo largo de un trayecto 10 como se indica en la línea discontinua, y en el trayecto la persona puede pasar por una estación de escaneado de personas.

En la siguiente descripción de realizaciones, se utilizan los mismos números de referencia para detalles del mismo tipo. Las realizaciones descritas pueden combinarse, y diferentes detalles de las diversas realizaciones pueden combinarse en otras realizaciones dentro del alcance de las reivindicaciones de la patente.

El módulo de la primera etapa 3 tiene al menos una fuente de rayos X 6 y al menos tres primeros detectores 7 para realizar la radiografía de contraste de transmisión. El primer detector individual tiene forma de línea a lo largo de un eje longitudinal 8 (véase la figura 3). La fuente de rayos X 6 está situada para emitir un haz de rayos X desde un lado de un volumen de escaneado en el módulo de la primera etapa hacia un primer detector asociado en forma de línea situado en el lado opuesto del volumen de escaneado. Cuando un grupo de artículos de equipaje de mano, por un lado, y la fuente de rayos X y el primer detector asociado, por otro, se mueven uno en relación con el otro, y el haz de rayos X ilumina el grupo de artículos de equipaje de mano y pasa al primer detector, entonces los datos de imagen detectados por el primer detector se muestrean con una frecuencia que permite la adquisición de una imagen bidimensional completa del grupo de artículos de equipaje de mano. La frecuencia de muestreo es preferentemente tal que, de un muestreo a otro, el grupo de artículos de equipaje de mano se haya desplazado una distancia correspondiente a la anchura del primer detector en la dirección del movimiento. La frecuencia de muestreo también puede ser mayor, y entonces el manejo de los datos de la imagen puede hacer un ajuste para tener en cuenta que la

misma posición dentro del grupo de artículos de equipaje de mano ha sido muestreada más de una vez por el mismo primer detector.

Los al menos tres primeros detectores 7 tienen sus ejes longitudinales 8 orientados en orientaciones mutuamente diferentes en el espacio. Los datos de la imagen detectados por uno de los primeros detectores representarán, en consecuencia, un corte a través del grupo de artículos de equipaje de mano en una dirección que es diferente de las direcciones correspondientes de los al menos otros dos primeros detectores. Los tres primeros detectores, como mínimo, proporcionarán al menos tres datos de imagen de cada posición dentro del grupo de artículos de equipaje de mano. Los datos de la imagen representan la atenuación de los rayos X durante el paso a través del grupo de artículos de equipaje de mano. En la mayoría de los casos, los elementos individuales del grupo se superponen en la dirección del haz de rayos X, y la atenuación resultante es causada por la atenuación en los diversos materiales superpuestos. Sin embargo, como los primeros detectores están orientados de forma mutuamente diferente, el análisis de los datos de la imagen puede determinar el tipo de material en un volumen particular dentro del grupo de artículos de equipaje de mano.

La fuente de rayos X 6 emite el haz de rayos X desde una abertura del haz. En una realización, la abertura del haz está conformada para emitir el haz de rayos X como un haz en forma de abanico con un ángulo de abertura tan grande que el haz en forma de abanico ilumina completamente el grupo de artículos de equipaje de mano en la dirección dada por la orientación del primer detector en forma de línea asociada y la ubicación de la fuente y este primer detector. La fuente de rayos X también puede estar dispuesta como un conjunto de aberturas de haz, de manera que el haz resultante tenga forma de lámina. En una realización, el módulo de la primera etapa tiene una única fuente de rayos X que suministra una pluralidad de aberturas de haz. En otra realización, el módulo de la primera etapa tiene varias fuentes de rayos X, tal como una fuente de rayos X para cada primer detector.

En la figura 2 están dispuestos tres primeros detectores 6. En el lado derecho, un primer detector está situado debajo del volumen de escaneado y está orientado con el eje longitudinal en dirección horizontal y aproximadamente perpendicular a una dirección de desplazamiento A, y con la abertura del haz correspondiente de la fuente de rayos X 6 situada por encima del volumen de escaneado. El segundo de los tres primeros detectores está situado a un lado del volumen de escaneado y se extiende en dirección vertical, y la abertura del haz de la fuente de rayos X asociada 6 está situada en el lado opuesto del volumen de escaneado. Un tercero de los tres primeros detectores está situado en el lado del volumen de escaneado y se extiende en dirección oblicua, y la abertura del haz de la fuente de rayos X asociada 6 está situada en el lado opuesto del volumen de escaneado. En otra realización hay más de tres primeros detectores y aberturas de haz asociadas, tal como 9 primeros detectores.

Los primeros detectores están conectados operativamente con al menos una unidad de procesamiento en un dispositivo de procesamiento 9 que reconstruye una representación en 3D del grupo de artículos de equipaje de mano escaneados basándose en las proyecciones en 2D muestreadas. En cada muestreo se obtiene una proyección en 2D que contiene datos de imagen de cada uno de los primeros detectores. La geometría de los primeros detectores y de las fuentes de rayos X se conoce y se almacena en el dispositivo de procesamiento junto con los algoritmos utilizados para reconstruir la representación en 3D.

La representación en 3D se divide en vóxeles. Un vóxel es un volumen de longitud, altura y anchura predefinidas, y los datos de la imagen de cada detector se asocian a los vóxeles. Para un vóxel particular, la asociación puede ilustrarse imaginando una línea recta desde la fuente de rayos X a través del vóxel hasta un punto del primer detector asociado, y los datos de la imagen muestreados en este punto del primer detector se asocian con el vóxel. Habrá tantas líneas de este tipo como primeros detectores, por lo que el vóxel individual está asociado a un conjunto de datos de imagen que contienen información sobre la atenuación de los rayos X en las direcciones de las líneas.

Los primeros detectores 7 son detectores de energía resolutorios, y pueden detectar al menos dos valores al mismo tiempo, en el que el valor individual está asociado a un nivel de energía o rango de energía del fotón detectado. Esto puede ayudar a determinar los materiales de los artículos de equipaje de mano. El primer detector individual tiene forma de línea y puede incluir un conjunto de subunidades que forman el detector. En la figura 3 se ilustra un conjunto de subunidades 15 de este tipo. Las subunidades 15 se ilustran con una pequeña distancia libre entre las subunidades para facilitar la ilustración, pero en realidad las subunidades forman una superficie de detección continua. En una realización, la capacidad de resolución energética del primer detector es superior al 3% del nivel de energía de los rayos X detectados. En otra realización, el primer detector es capaz de diferenciar los fotones en 128 niveles de energía diferentes.

Los datos de imagen en 2D capturados por el primer detector se transmiten al dispositivo de procesamiento 9 y se almacenan y utilizan en la reconstrucción de la representación en 3D y también se utilizan en la caracterización de los materiales de los vóxeles en el modelo. La representación en 3D permite analizar los artículos de equipaje de mano e identificar los artículos individuales que se superponen unos a los otros en las proyecciones capturadas como datos de imagen en 2D. Una representación en 3D precisa puede basarse en un rango de 3 a 30 proyecciones, preferiblemente de 3 a 20 proyecciones de datos de imágenes en 2D.

Los vóxeles de la representación en 3D se clasifican en función del material. En esta categorización se utilizan dos o tres categorías, a saber, materiales restringidos conocidos y materiales seguros conocidos, y opcionalmente también se puede utilizar la categoría de materiales seguros desconocidos. La categorización individual está asociada a un valor estimado de precisión. El valor de la precisión puede ser 100 si la determinación es absoluta y sin incertidumbre, y el valor de la precisión puede ser 0 si la determinación es completamente incierta.

Se puede utilizar un primer valor de umbral predefinido. Si el valor de exactitud asociado a un vóxel categorizado como material restringido conocido o material seguro conocido está por debajo del primer valor de umbral, se decide que es necesario realizar un análisis adicional del volumen que contiene el vóxel para resolver la incertidumbre. Por otra parte, si el valor estimado de la precisión está por encima del primer valor de umbral, entonces la categoría es aceptada.

Se puede utilizar un segundo valor de umbral predefinido en relación con los materiales desconocidos. El segundo valor de umbral es preferentemente más alto que el primer valor de umbral. El primer valor de umbral predefinido y/o el segundo valor de umbral predefinido pueden ser ajustables, de modo que si surge un problema de seguridad temporal que requiera un mayor nivel de seguridad, entonces los valores de umbral se ajustan en consecuencia. También puede ser necesario ajustar los valores en función de la recogida de datos durante el funcionamiento.

En caso de que el análisis de los vóxeles dé como resultado que sólo hay materiales seguros conocidos con la precisión requerida en la determinación, entonces el portador con el grupo de artículos de equipaje de mano se desplaza a la estación de liberación 5, en la que la persona o pasajero puede recoger los artículos y seguir adelante. Sin embargo, si hay al menos un vóxel que requiere un escaneado adicional, el portador con el grupo de artículos de equipaje de mano se desplaza a un segundo módulo de etapa 11 por medio de un dispositivo de desplazamiento 13. En caso de que el análisis resulte en que hay un material restringido conocido con la precisión requerida en la determinación, entonces el portador con el grupo de artículos de equipaje de mano es dirigido a una estación de mantenimiento 12 por el dispositivo de desplazamiento 13. El personal de seguridad de la estación de mantenimiento podrá realizar un registro manual adicional y/o tomar las medidas oportunas sobre los hallazgos.

El módulo de la segunda etapa tiene al menos una fuente de rayos X 21 y al menos un segundo detector 22. Debido a que sólo una fracción de todos los grupos de artículos de equipaje de mano requiere el escaneado en el módulo 11 de la segunda etapa, el escaneado en el mismo tiene más tiempo disponible y puede ser más específico. El escaneado en el módulo de la segunda etapa incluye un escaneado por difracción, y puede ser un escaneado basado en la dispersión elástica. El escaneado basada en la dispersión elástica es un escaneado por difracción en el que la dirección de propagación del fotón es modificada por la interacción con el material en el área local, pero la energía cinética del fotón se conserva. El escaneado por difracción también puede ser una dispersión inelástica en la que el fotón incidente cambia de energía cinética en la dispersión. El escaneado en el módulo de la segunda etapa sólo se realiza en un pequeño volumen que coincide con un área local 23 que requiere un escaneado adicional, o en varios de estos pequeños volúmenes en caso de que el grupo de artículos de equipaje de mano tenga más de un área local que requiera un escaneado adicional.

La fuente de rayos X 21 emite un haz de rayos X policromático en forma divergente 23, visto como una forma de abanico en la figura 5, y un dispositivo de enfoque 24 enfoca los fotones del haz hacia una posición de medición 25, véase las figuras 6, 7 y 12. El dispositivo de enfoque emite un haz de rayos X enfocado 26 hacia la posición de medición 25.

El grupo de artículos de equipaje de mano entra en el módulo de segunda etapa 11 y se desplaza en la dirección de la flecha A. El escaneado en el módulo de segunda etapa puede iniciarse de varias maneras diferentes, todas las cuales realizan un posicionamiento mutuo del grupo de artículos de equipaje de mano y la fuente de rayos X 21 y el dispositivo de enfoque 24, de modo que la posición de medición 25 esté en línea con el área local 27 que requiere un escaneado posterior.

En una realización, el grupo de artículos de equipaje de mano es móvil, y el mecanismo de transporte en el módulo de la segunda etapa mueve el grupo de artículos de equipaje de mano en la dirección de desplazamiento y en la dirección de altura y posiblemente también en dirección hacia y desde la fuente de rayos X, de modo que la posición de medición 25 esté en línea con el área local 27 que requiere un escaneado adicional.

En otra realización, el grupo de artículos de equipaje de mano es desplazado por el mecanismo de transporte en el módulo de la segunda etapa en la dirección de desplazamiento A, y se detiene en la posición en la que el haz de rayos X enfocado 26 pasa por un plano vertical a través de la zona local 27 que requiere un escaneado adicional. La fuente de rayos X 21 y el dispositivo de enfoque 24 se desplazan en la dirección de la altura hasta la posición en la que el haz enfocado y, por tanto, la posición de medición 25 está en línea y, por tanto, pasa por la zona local 27 que requiere más escaneado.

En otro desarrollo adicional, el segundo detector y un primer colimador 28 están fijados por medio de rigidizadores 29 a una plataforma 30, y la plataforma es móvil en dirección hacia y fuera de la fuente de rayos X, como se indica

con las flechas B, que es transversal a la dirección de transporte A. Una estructura 31 lleva la fuente de rayos X 21 y el dispositivo de enfoque 24 y la plataforma 30, de modo que son móviles al unísono en la dirección de la altura.

En otra realización, el grupo de artículos de equipaje de mano es movido por el mecanismo de transporte en la dirección de desplazamiento A, y la fuente de rayos X 21, el dispositivo de enfoque 24 y el segundo detector 22 se mueven en la dirección de la altura hasta la posición en la que el haz enfocado y, por lo tanto, la posición de medición 25 está en línea y pasa a través del área local 27 que requiere un escaneado adicional, y además se mueven para seguir el movimiento del grupo de artículos de equipaje de mano en la dirección de desplazamiento A durante el escaneado, de modo que el haz enfocado pasa a través del área local 27 durante el escaneado. Esta realización es especialmente adecuada para el escaneado cuando el grupo de artículos de equipaje de mano sólo tiene una única área local que requiere un escaneado adicional.

En otra realización, el grupo de artículos de equipaje de mano es desplazado por el mecanismo de transporte en el módulo de la segunda etapa en la dirección de desplazamiento A, y se detiene en una posición estacionaria dentro del módulo de la segunda etapa. La fuente de rayos X 21 y el dispositivo de enfoque 24 y, en su caso, el segundo detector, se desplazan a la posición en la que el haz enfocado y, por lo tanto, la posición de medición 25 están en línea y pasan por la zona local 27 que requiere un escaneado adicional. Esta realización es especialmente adecuada para el escaneado cuando el grupo de artículos de equipaje de mano tiene varias áreas locales que requieren un escaneado adicional, porque la posición es estacionaria durante el tiempo necesario para escanear las áreas locales.

El segundo detector puede tener una gran área de detección y estar montado en una posición fija, o el segundo detector puede estar montado de forma móvil, por ejemplo como se ilustra en la figura 5. Cuando el detector es móvil en la dirección de la altura, y posiblemente también en la dirección de las flechas B, el tamaño del área del detector puede ser menor, ya que el detector está posicionado a lo largo de una trayectoria de difracción 32, que tiene forma de línea y se origina en la posición de medición 25 y forma un ángulo θ con la trayectoria directa del haz de rayos X enfocado 26. El ángulo θ puede ser, por ejemplo, de 15° , pero se prefiere un ángulo pequeño en el rango de 2° a 7° , convenientemente en el rango de 3° a 5° cuando la realización comprende también un tercer detector 33 situado en la trayectoria directa del haz de rayos X enfocado 26. El tercer detector es opcional, pero puede aplicarse a todas las realizaciones. El tercer detector ofrece la ventaja de que se detecta la atenuación del haz directo, dicha atenuación es causada por el paso a través de los diversos artículos del grupo de artículos de equipaje de mano, y cuando el ángulo θ es pequeño, entonces es una suposición adecuada que la señal difractada ha pasado a través de materiales similares, y las atenuaciones detectadas por el tercer detector pueden aplicarse de esta manera para corregir la señal de difracción detectada por la atenuación y obtener un registro más preciso de la señal de difracción real. En caso de que el segundo detector y el tercer detector detecten un espectro de energía, el espectro de energía adquirido en el tercer detector del haz directo puede utilizarse para corregir el espectro de difracción detectado por el segundo detector para la atenuación dependiente de la energía. Estas realizaciones pueden aplicarse a todas las demás realizaciones de la presente invención.

En una realización, el tercer detector está asociado a un segundo colimador 34. El segundo colimador es un colimador de orificio hecho de un material y unas dimensiones que proporcionan una fuerte atenuación de los rayos X y tiene un orificio central de un diámetro típicamente menor que el diámetro del haz de rayos X enfocado 26 en la abertura de salida del dispositivo de enfoque 24. En el caso de un diámetro de haz de 1 mm en la abertura de salida, el orificio central puede tener típicamente un orificio de aproximadamente 0,1 mm de diámetro. Al utilizar un orificio más pequeño, se evita la saturación del tercer detector. El efecto del segundo colimador es proteger el tercer detector de los rayos X que no sean los del haz directo. Esta realización se puede aplicar a todas las realizaciones de la presente invención. El segundo colimador y el tercer detector están conectados por medio de rigidizadores 29 a la plataforma 30 o a la estructura 31 o estar montados de otra manera.

Un segundo dispositivo de procesamiento 35 controla el posicionamiento de uno o más de la fuente de rayos X 21, el mecanismo de transporte en el módulo de la segunda etapa, el dispositivo de enfoque 24, el primer colimador 28, la plataforma 30, el tercer detector 33 y el segundo colimador. El segundo dispositivo de procesamiento recibió datos del dispositivo de procesamiento 9 asociado al módulo de la primera etapa. Los datos identifican el área local 27 o las áreas locales 27 que requieren un escaneado adicional, al menos con respecto a la posición del área o áreas locales dentro del grupo de artículos de equipaje de mano, y posiblemente también con información adicional detectada en el módulo de la primera etapa, como por ejemplo si el material en el área local 27 es de un material sólido o de un material fluido, tal como un líquido, un gel o un gas, por ejemplo un aerosol. Para un volumen determinado en una zona local que requiere un barrido adicional y un período de barrido determinado, se pueden esperar menos señales de difracción cuando el material es de un material fluido que cuando es de un material sólido. La información adicional de esta manera permite adaptar el escaneado en el segundo módulo a uno u otro tipo, y ahorrar tiempo y utilizar sólo el periodo realmente necesario para el escaneado. Una adaptación consiste en aumentar la anchura del haz de rayos X enfocado 26 cuando el volumen contiene un líquido. El módulo de la segunda etapa también puede comprender conjuntos duplicados o triples de equipos como el conjunto único ilustrado en la figura 5, en el que un conjunto proporciona un haz de rayos X enfocado de anchura estrecha para su uso con sólidos y otro conjunto proporciona un haz de rayos X enfocado de mayor anchura para su uso con líquidos. A continuación, el segundo dispo-

sitivo de procesamiento controla el conjunto correspondiente para que se posicione y dirija el haz de rayos X correspondiente a la zona que se va a seguir escaneando. Si hay que escanear más de un área local, el segundo dispositivo de procesamiento controla varios conjuntos para que se posicionen y escaneen en paralelo.

El segundo dispositivo de procesamiento 35 está conectado con el dispositivo de procesamiento 9 por medio de una primera línea de señal 36, y a través de una o más segundas líneas de señal 37 a uno o más actuadores 38 para ajustar las posiciones de las partes mencionadas en el conjunto individual de equipos del módulo de la segunda etapa. Por medio de una o más terceras líneas de señal 39, el segundo dispositivo de procesamiento 35 recibe datos del segundo detector y, posiblemente, también del tercer detector. El dispositivo de procesamiento 9 y el segundo dispositivo de procesamiento 35 pueden integrarse en un único dispositivo o pueden dividirse en más dispositivos de procesamiento, de acuerdo con lo que sea más conveniente en la realización de la que se trata.

El primer colimador 28 está hecho de un material y dimensiones que proporcionan una fuerte atenuación de los rayos X y tiene un pasaje que permite el paso libre de la trayectoria de difracción 32. El pasaje puede ser en parte de forma circular en el que el radio del círculo corresponde a la distancia del pasaje a la trayectoria directa del haz de rayos X enfocado 26 o puede ser un orificio o una trayectoria de sección cuadrada o de otra forma. El paso es preferentemente de forma rectangular para conseguir una corta intersección entre el haz central y el haz difractado, y para pequeños ángulos de difracción, puede ser adecuada una forma rectangular de, por ejemplo, 1 mm x 3 mm. El efecto del segundo colimador es apantallar el segundo detector de los rayos X que no se producen en la trayectoria de difracción seleccionada. Este apantallamiento mejora la relación señal/ruido y, por tanto, permite una detección más precisa en menos tiempo. A modo de ejemplo, el apantallamiento puede permitir la detección de, por ejemplo, 1000 fotones difractados y 3 fotones causados por otros eventos distintos de la difracción a lo largo de la trayectoria de difracción seleccionada 32. Sin el apantallamiento es probable que uno de cada tres fotones sea causado por otros eventos. Esta realización puede aplicarse a todas las demás realizaciones de la presente invención.

El dispositivo de enfoque 24, en una realización, puede comprender un conjunto de espejos que capturan el haz policromático divergente de la fuente de rayos X 21 y enfocan el haz en un haz de rayos X 26. Sin embargo, los espejos tienen la desventaja de ocupar mucho espacio, y las dimensiones exteriores del módulo de la segunda etapa son bastante grandes cuando se emplean espejos. En otra realización, el dispositivo de enfoque 24 comprende un miembro con forma de tubo 40 que tiene una pared 41 de forma tubular y un pasaje central 42. La forma de la pared es de forma elíptica en sección transversal con un punto de enfoque situado en la fuente de rayos X 21 y otro punto de enfoque situado en la posición de medición 25. Los fotones de la forma divergente 23 del haz en la abertura de salida de la fuente de rayos X 21 se reciben de esta manera en el miembro con forma de tubo 40 y se reflejan en el interior de la pared 41 y salen del miembro con forma de tubo como un haz de rayos X enfocado dirigido hacia la posición de medición 25, como se ilustra en la figura 6. Cuando se aplica esta realización del dispositivo de enfoque 24, se prefiere que la fuente de rayos X y el dispositivo de enfoque sean movibles en la dirección de las flechas B o que el grupo de artículos de equipaje de mano sea movable en esta dirección en relación con el dispositivo de enfoque, de modo que la posición de medición 25 se encuentre dentro del área local 26 durante el escaneado.

En otra realización, ilustrada en la figura 7, el miembro con forma de tubo 40 tiene una pared 41 de forma parabólica en sección transversal con un punto de enfoque situado en la fuente de rayos X 21. Los fotones de la forma divergente 23 del haz en la abertura de salida de la fuente de rayos X 21 se reciben de esta manera en el miembro con forma de tubo 40 y se reflejan en el interior de la pared 41 y se enfocan en un haz de rayos X enfocado paralelo 26 dirigido hacia la posición de medición 25. En esta realización del dispositivo de enfoque 24, la densidad de flujo de los fotones es más o menos constante en distancias crecientes del dispositivo de enfoque 24, y la fuente de rayos X y el dispositivo de enfoque no necesitan ser movibles en la dirección de las flechas B.

En una realización, una pluralidad de miembros en forma de tubo 40 están incluidos en el dispositivo de enfoque 24. De esta manera, grandes porciones del haz de rayos X divergente de la fuente de rayos X 21 se concentran en el dispositivo de enfoque en el haz de rayos X enfocado 26, y esto aumenta la densidad de flujo de fotones en el haz 26 y disminuye la duración requerida para escanear un área local 26. En otra realización, el dispositivo de enfoque comprende un elemento de policapilaridad 43, ilustrado en la figura 8 en una vista de extremo. Los miembros en forma de tubo se forman como canales en el material sólido del elemento 43. El elemento de policapilaridad 43 permite ubicar muchos canales en una estructura muy compacta, y en consecuencia se puede obtener un alto grado de captura de los fotones en el haz de rayos X divergente de la fuente de rayos X.

La superficie interior del miembro con forma de tubo o la capilaridad en el elemento de policapilaridad en una realización está recubierta superficialmente. El revestimiento de la superficie puede incluir un material que tenga una densidad de al menos 10 g/cm³. El revestimiento de la superficie se proporciona para aumentar la proporción de fotones que se reflejan al encontrarse con la superficie. El ángulo crítico para la reflexión de los fotones prácticamente sin pérdida de flujo depende de la energía de los rayos X y de la densidad del material de la superficie encontrada, y el aumento de la densidad del material en la superficie da lugar a una mayor densidad de flujo en el haz de rayos X enfocado 26. En una realización, el revestimiento de la superficie incluye un material que tiene una densidad de al menos 16 g/cm³.

En otra realización, el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con al menos un material, o una mezcla de materiales, seleccionado del grupo que comprende oro, platino, iridio, tungsteno, plata, paladio, rodio, rutenio y molibdeno.

En un desarrollo adicional de estas realizaciones, el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con un recubrimiento multicapa que comprende al menos una capa de un material que tiene una densidad de al menos 4 g/cm³. La alternancia de capas de revestimiento de alta y baja densidad puede aumentar la reflectividad resultante en determinados anchos de banda de rayos X, y como la fuente de rayos X 21 emite un haz policromático que proporciona un determinado ancho de banda de rayos X, la densidad de flujo de fotones en el haz de rayos X enfocado 26 puede aumentarse mediante el revestimiento multicapa. En la figura 9 se ilustra un ejemplo de recubrimiento de tres capas en el que una capa de recubrimiento interior 44 es de un material que tiene una densidad de al menos 16 g/cm³, una capa de recubrimiento intermedia es de un material que tiene una densidad de al menos 4 g/cm³ y una capa de recubrimiento exterior 46 es de un material que tiene una densidad de al menos 10 g/cm³. Los materiales de baja densidad pueden seleccionarse, por ejemplo, del grupo que comprende silicio, carburo de boro y carbono.

Una forma adicional de acortar la duración del escaneado en el módulo de la segunda etapa es aumentar el área del segundo detector para que se detecten más fotones difractados. En la realización ilustrada en la figura 10 se utilizan dos segundos detectores 22 en una disposición horizontalmente simétrica alrededor del tercer detector 33. Los colimadores primero y segundo se han combinado en un colimador común 47 provisto tanto de un orificio central como de un pasaje para cada una de las trayectorias de difracción hacia los segundos detectores. La figura 11 ilustra la disposición vista en dirección a la trayectoria del haz directo. El paso de las vías de difracción tiene forma anular o parcialmente anular. Puede haber más de dos segundos detectores, como dos segundos detectores adicionales marcados en líneas discontinuas o incluso más segundos detectores.

La figura 12 ilustra otra realización del dispositivo de enfoque, en la que un miembro con forma de tubo que tiene una pared de forma elíptica está asociado con un miembro con forma de tubo que tiene una pared de forma parabólica, en el que este último miembro está situado a una distancia ligeramente mayor del miembro anterior que el segundo punto de enfoque, de modo que el haz de rayos X enfocado paralelo resultante 26 tiene una anchura muy pequeña y una densidad de flujo de fotones muy alta.

La fuente de rayos X en el módulo de la segunda etapa en una realización tiene un voltaje nominal del tubo de al menos 110 kV. Como ejemplo, la fuente de rayos X puede ser de la marca Varian y del tipo NDI/160-22 con una tensión nominal del tubo de 160 kV. La fuente de rayos X del módulo de la segunda etapa tiene preferentemente un ánodo no rotativo y preferentemente está refrigerado por aire.

El haz de rayos X enfocado 26 en la posición de medición puede tener una dimensión de sección transversal mayor, por ejemplo, en el rango de 4 µm a 500 µm. También son posibles dimensiones de sección transversal más grandes, como por ejemplo en el rango de 0,5 mm a 5 mm. Las dimensiones más grandes pueden ser adecuadas para la adquisición en relación con materiales líquidos.

Los segundos detectores están conectados operativamente a una unidad de procesamiento en el segundo dispositivo de procesamiento 35, y sobre la base de la información obtenida en la segunda etapa de escaneado, el dispositivo de procesamiento determina si el material en el vóxel es seguro o restringido. Si es seguro, el portador con el grupo de artículos de equipaje de mano se desplaza a la estación de liberación 5. Si está restringido, el portador con el grupo de artículos de equipaje de mano se desplaza a la estación de mantenimiento 12. En el caso excepcional de que la categoría del vóxel siga sin decidirse, el portador con los artículos de equipaje de mano se desplaza a un puesto de inspección manual 14.

El dispositivo de procesamiento 35 puede incluir una colección de materiales característicos, como lo que se ha descrito más arriba en relación con la evaluación de la detección en el módulo de la primera etapa. Una colección de, por ejemplo, 1.000 tipos diferentes de materiales cubre casi todos los contenidos de un artículo de mano real, y una colección de 100 materiales diferentes, o 300 materiales diferentes, cubrirá un gran porcentaje de todos los materiales de los artículos de equipaje de mano en, por ejemplo, un aeropuerto. Cada entrada de un material en la colección puede asociarse con datos de atenuación de rayos X en el material, y esta atenuación incluye al menos dos valores que representan la atenuación en diferentes niveles de energía para los rayos X. El dispositivo de procesamiento también puede incluir una colección de materiales restringidos característicos, como explosivos, venenos, materiales altamente tóxicos, materiales altamente inflamables, etc. Estos materiales son materiales restringidos conocidos. Una colección de, por ejemplo, 1000 o 500 tipos diferentes de materiales restringidos proporciona una alta fiabilidad de detección de cualquier material restringido. Una colección de 100 o 300 materiales diferentes ayudará a cubrir un gran porcentaje de todos los materiales de los artículos de equipaje de mano, por ejemplo, en un aeropuerto. Cada entrada de un material en la colección puede asociarse con datos de atenuación de los rayos X en el material, y esta atenuación incluye al menos dos valores que representan la atenuación a diferentes niveles de energía de los rayos X.

El segundo detector, y preferiblemente también el tercero, tiene resolución energética y es por tanto capaz de detectar un espectro energético de fotones. En una realización, la capacidad de resolución energética del primer detector es superior al 3 por ciento del nivel de energía de los rayos X detectados, como por ejemplo superior al 0,8 por ciento del nivel de energía. En una realización adicional o alternativa, la capacidad de resolución de energía del detector es capaz de diferenciar los fotones en una pluralidad de niveles de energía, como la adquisición típicamente por 1000 a 4000 canales unidos a 128 canales (128 niveles de energía diferentes) para reducir el ruido. Ejemplos de materiales detectores adecuados para la detección por dispersión de energía de los rayos X son los materiales de telurio de cadmio y zinc (CdZnTe) o de telurio de cadmio (CdTe) o los materiales de germanio de alta pureza (HPGe). Un ejemplo de detector es el modelo XR-100T-CdTe de Amptec Inc., Bedford, MA, U.S.A.

- 5
- 10

La resolución de energía, al menos doble, del segundo detector proporciona información sobre la naturaleza de los materiales en los artículos de equipaje de mano y permite una mejor determinación con respecto a si el material está categorizado como materiales restringidos o materiales seguros.

Los detalles de las realizaciones y ejemplos que se han mencionado más arriba se pueden combinar en otras realizaciones y ejemplos dentro del alcance de las reivindicaciones de la patente.

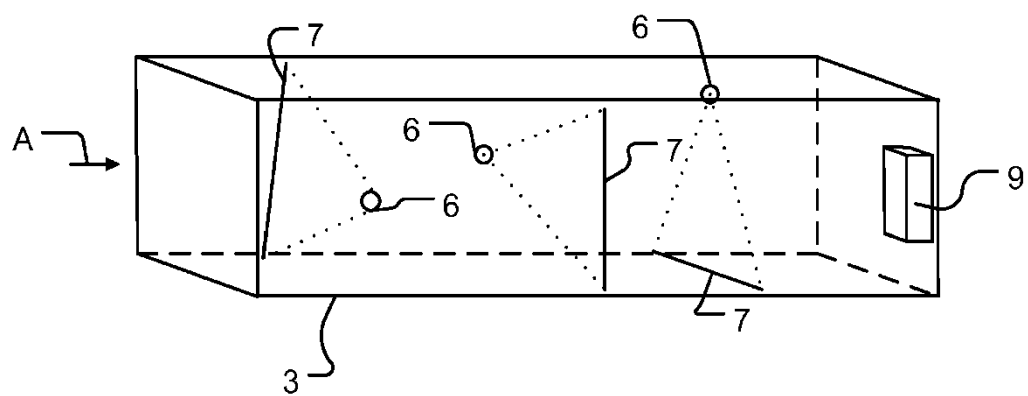
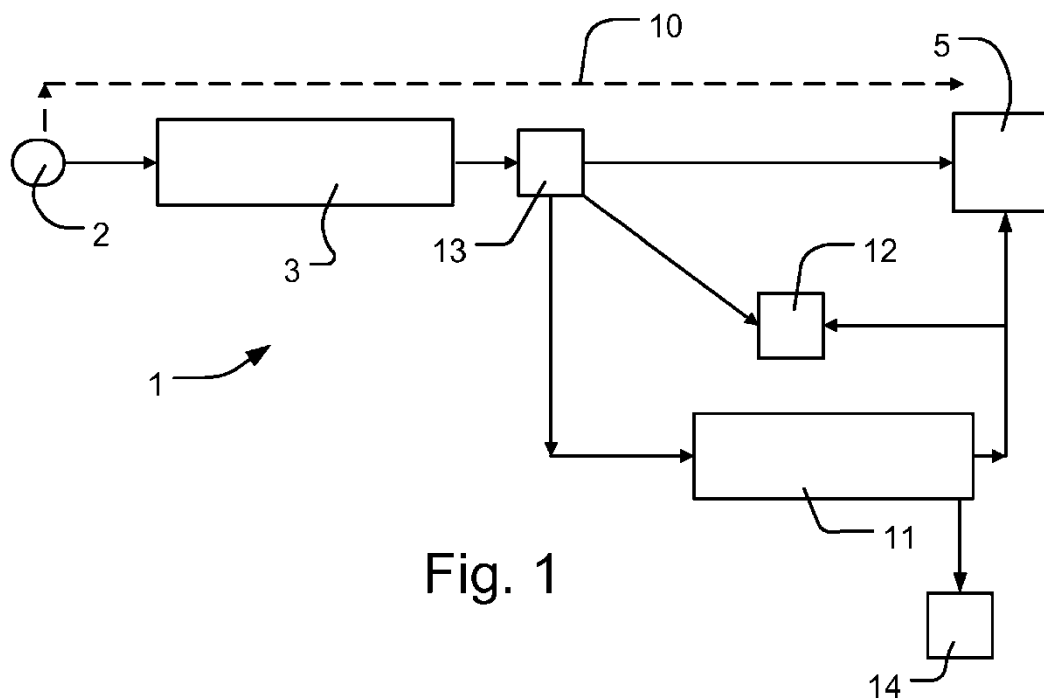
15

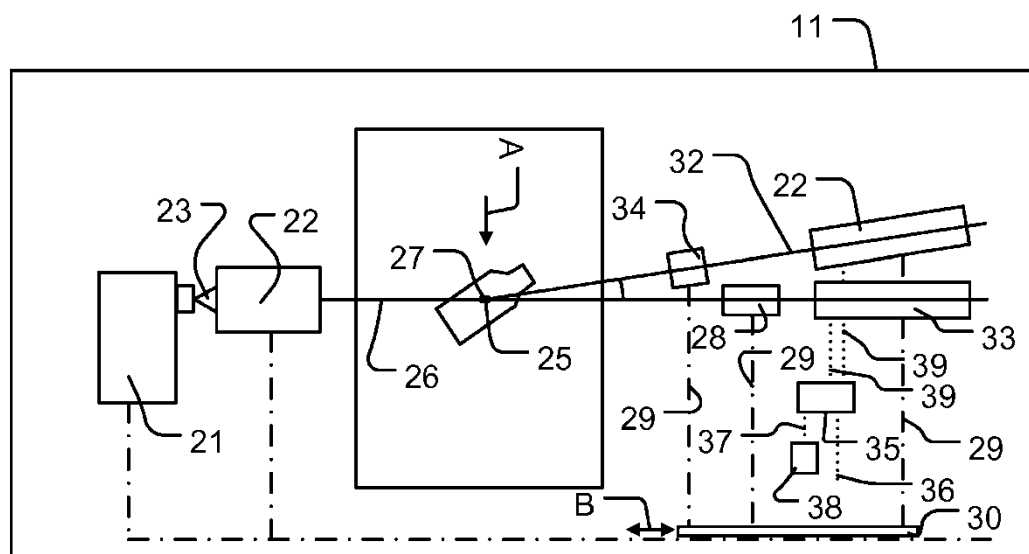
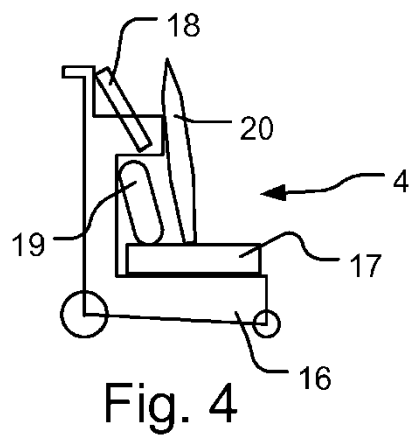
REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano, que comprende al menos los siguientes pasos
 - a) recibir artículos de equipaje de mano,
 - 5 b) escanear los artículos de equipaje de mano en un módulo de primera etapa utilizando al menos una fuente de rayos X y primeros detectores para realizar una radiografía de contraste de transmisión que genere proyecciones de datos de imágenes bidimensionales de los artículos de equipaje de mano,
 - c) reconstruir una representación tridimensional de los artículos de equipaje de mano,
 - 10 d) analizar la representación tridimensional para determinar si el escaneado del paso b) proporciona un resultado final o si al menos un volumen local de los artículos de equipaje de mano requiere un escaneado adicional, en el que los artículos de equipaje de mano del paso a) se reciben como un grupo de artículos de equipaje de mano en un portador y se escanean simultáneamente como un grupo en el paso b), y en el que
 - 15 e) un grupo de artículos de equipaje de mano determinado en la etapa d) que tiene al menos un área local que requiere un escaneado adicional, se escanea además en un segundo módulo de etapa, en el que el grupo de artículos de equipaje de mano y una fuente de rayos X y un dispositivo de enfoque se colocan mutuamente de manera que una posición de medición está en línea con el área local que requiere un escaneado adicional, y la fuente de rayos X emite fotones en un haz de rayos X policromático, los citados fotones son enfocados hacia la posición de medición por el dispositivo de enfoque, y al menos
20 un segundo detector detecta los rayos X difractados del área local,

caracterizado porque el dispositivo de enfoque ajusta el enfoque de manera que la posición de medición tenga una sección transversal mayor cuando el área local contiene líquidos o geles que cuando el área local contiene una sustancia sólida.
- 25 2. Un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un tercer detector detecta rayos X en el haz directo de la zona local.
3. Un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que los fotones son guiados por al menos un miembro con forma de tubo en el dispositivo de enfoque.
- 30 4. Un procedimiento de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la fuente de rayos X y el dispositivo de enfoque en un lado de la posición de medición y el al menos un segundo detector en el lado opuesto de la posición de medición están interconectados y son móviles como una unidad durante el posicionamiento en relación con una única área local que requiere un escaneado adicional.
- 35 5. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano (1), que comprende una estación de entrada (2) de artículos de equipaje de mano (4), un módulo de primera etapa (3) que tiene al menos una fuente de rayos X (6) y primeros detectores (7) para realizar radiografías de contraste de transmisión que generan proyecciones de datos de imágenes bidimensionales de los artículos de equipaje de mano, al menos una unidad de procesamiento (9) conectada operativamente a los citados primeros detectores, dicha unidad de procesamiento (9) está configurada para reconstruir una representación tridimensional de los artículos de equipaje de mano y
40 analizar la representación tridimensional para determinar si hay al menos una zona local (27) que requiere un escaneado adicional, y un módulo de segunda etapa (11) para escanear la zona local que requiere un escaneado adicional y que comprende medios de posicionamiento y al menos una fuente de rayos X (21) y al menos un segundo detector (22) para detectar los rayos X difractados, en el que la estación de entrada de los artículos de equipaje de mano está configurada para recibir un grupo de artículos de equipaje de mano en un portador, y el módulo de la primera etapa está configurado para escanear simultáneamente el grupo de artículos de equipaje de mano en el portador, y en el que el módulo de la segunda etapa comprende además un dispositivo de enfoque (24) situado en la fuente de rayos X en la trayectoria de un haz de rayos X policromático para enfocar los fotones hacia una posición de medición (25) y en el que los medios de posicionamiento están adaptados para
45 posicionar mutuamente la posición de medición y el área local de manera que la posición de medición esté en línea con el área local que requiere un escaneado posterior, **caracterizado porque** el dispositivo de enfoque está configurado para ajustar el enfoque de manera que la posición de medición tenga una sección transversal mayor cuando el área local contiene líquidos o geles que cuando el área local contiene una sustancia sólida.
50

6. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el dispositivo de enfoque comprende al menos un miembro con forma de tubo (40) a través del cual se guían los fotones.
- 5 7. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto sobre su superficie.
8. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con un material que tiene una densidad de al menos 10 g/cm³, preferiblemente una densidad de al menos 16 g/cm³.
- 10 9. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con al menos un material, o una mezcla de materiales, seleccionado del grupo que comprende oro, platino, iridio, tungsteno, plata, paladio, rodio, rutenio y molibdeno.
- 15 10. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el al menos un miembro con forma de tubo está recubierto en su superficie con un revestimiento multicapa que comprende al menos una capa de un material que tiene una densidad de como máximo 4 g/cm³, y preferentemente de como máximo 2,5 g/cm³, tal como al menos un material, o una mezcla de materiales, seleccionados del grupo que comprende silicio, carburo de boro y carbono.
- 20 11. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 5 a 10, en el que el dispositivo de enfoque comprende un miembro de policapilaridad a través del cual se guían los fotones.
12. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 5 a 11, en el que la fuente de rayos X en el módulo de la segunda etapa tiene un voltaje de tubo nominal de al menos 110 kV, preferiblemente de al menos 140 kV.
- 25 13. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 5 a 12, en el que la fuente de rayos X del módulo de la segunda etapa está refrigerada por aire y no tiene refrigeración por agua.
14. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 5 a 13, en el que el haz de rayos X enfocado en la posición de medición tiene una dimensión de sección transversal mayor en el rango de 4 µm a 500 µm.
- 30 15. Un sistema de escaneado de seguridad de artículos de equipaje de mano de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 5 a 14, en el que el al menos un segundo detector tiene al menos una resolución de energía doble, y preferiblemente una resolución multienergética, tal como la adquisición en 1000 a 4000 canales de energía con una reagrupación posterior en el rango de 100 a 200 niveles de energía.





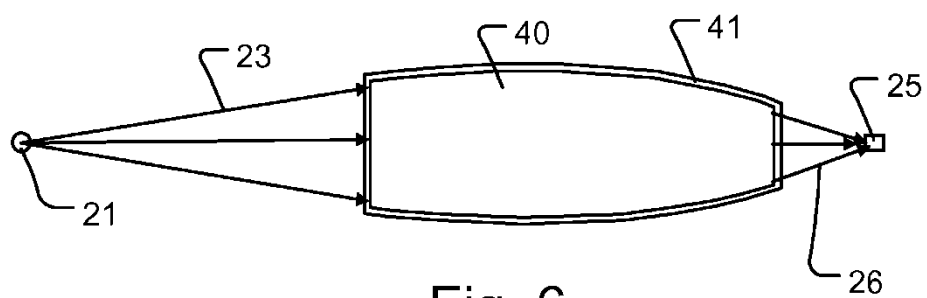


Fig. 6

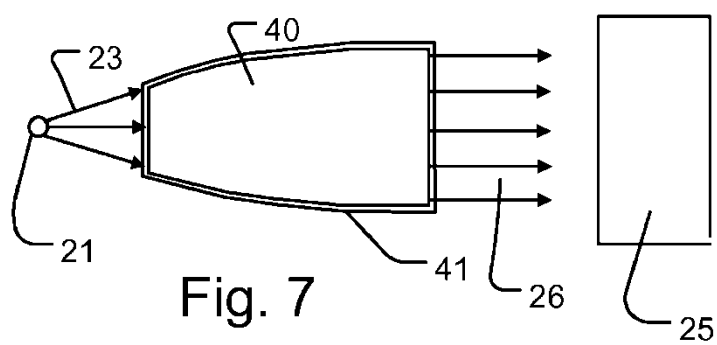


Fig. 7

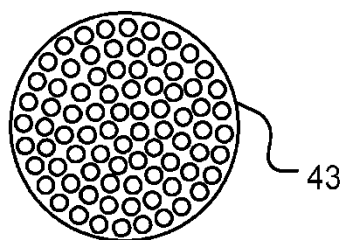


Fig. 8

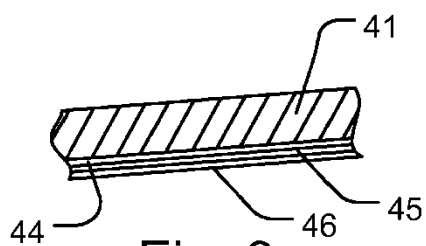


Fig. 9

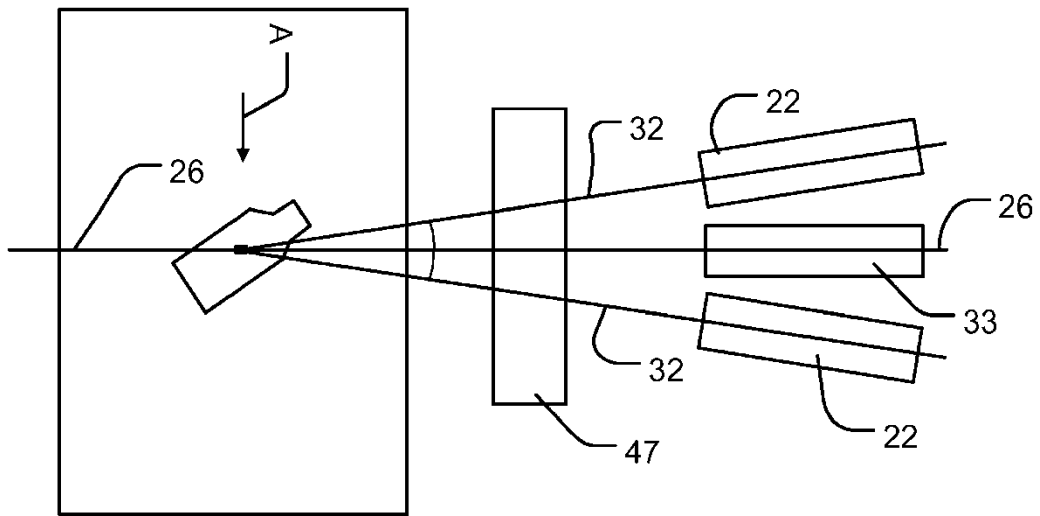


Fig. 10

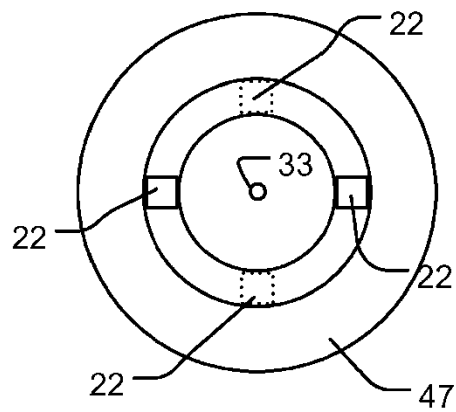


Fig. 11

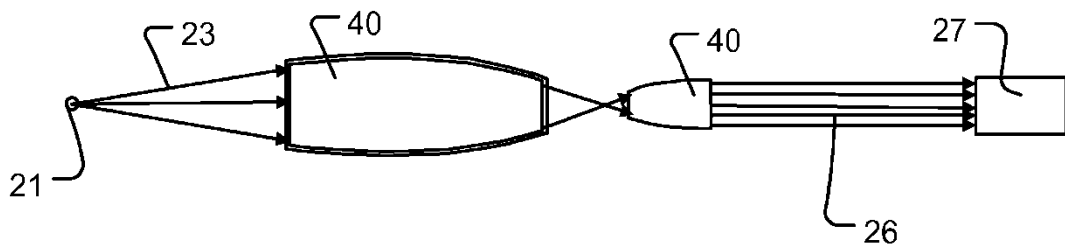


Fig. 12