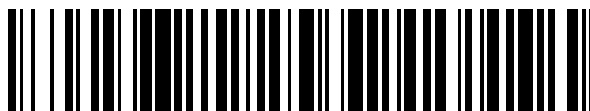


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 973**

51 Int. Cl.:

<b>G01S 13/88</b>	(2006.01)
<b>G01S 13/87</b>	(2006.01)
<b>G01S 13/00</b>	(2006.01)
<b>E05G 5/00</b>	(2006.01)
<b>G01S 13/89</b>	(2006.01)
<b>G07C 9/02</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2014 PCT/US2014/065881**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015 WO15077168**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2014 E 14863583 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3071998**

54 Título: **Dispositivo de microondas activo y método de detección**

30 Prioridad:

**19.11.2013 US 201361905940 P**  
**22.01.2014 US 201414160895**  
**28.02.2014 US 201461945921 P**  
**23.04.2014 US 201414259603**  
**30.06.2014 US 201414319222**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.08.2019**

73 Titular/es:

**APSTEC SYSTEMS USA LLC (100.0%)**  
**4 Park Center Court Suite 200 A**  
**Owings Mills, MD 21117, US**

72 Inventor/es:

**KUZNETSOV, ANDREY;**  
**AVERYANOV, VALERY y**  
**GORSHKOV, IGOR**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 721 973 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

Dispositivo de microondas activo y método de detección

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere al campo de la detección remota de objetos ocultos, en particular a los métodos y aparatos para la detección de sustancias explosivas dieléctricas ocultas debajo de la ropa o de otra manera en o cerca del cuerpo humano.

10

**Antecedentes de la invención**

Actualmente, se están utilizando diversos métodos para combatir la preocupación con respecto a las sustancias explosivas ocultas. Algunos de estos métodos incluyen: detectores de metales, detectores de vapor, máquinas de rayos X y perros. Muchos países están realizando grandes esfuerzos para desarrollar nuevos métodos de inspección del cuerpo humano basados en nuevos principios físicos, que incluyen: retrodispersión Raman, portales dieléctricos, dispositivos de rango de terahertz pasivos y activos, radares pasivos de rango milimétrico y portales de microondas activos.

15

20

Los métodos mencionados anteriormente no garantizan la efectividad requerida de la inspección remota y encubierta; por lo tanto, estos dispositivos no son capaces de detectar un "terrorista suicida" en el tiempo adecuado para que se puedan tomar las precauciones necesarias antes de que ocurra la detonación del dispositivo explosivo. Otra desventaja notable de los métodos actuales es la falta de una determinación automática del nivel de amenaza de un objeto detectado, así como una alta tasa de falsas alarmas. Estos obstáculos hacen que sea casi imposible

25

usar tales dispositivos, por ejemplo, para la inspección de un gran número de personas que se mueven en tránsito. Un método actual de detección utilizado para dispositivos explosivos metálicos y no metálicos ocultos en una persona es el siguiente. La antena receptora se enfoca en un área pequeña del cuerpo humano que usa ondas electromagnéticas provenientes de esa región. Después se procesan los datos de un radiómetro en un módulo de procesamiento, y se registra la intensidad y la posición del haz. La intensidad medida de la señal recibida se visualiza entonces como intensidad luminosa. Al analizar la distribución de la intensidad luminosa, se puede determinar la presencia o ausencia de objetos metálicos o no metálicos. La desventaja principal de este método es el contraste bajo de la imagen recibida. Este método no puede distinguir claramente los objetos no metálicos del cuerpo humano, mientras que el dieléctrico para el rango de onda utilizado es transparente.

30

35

Los documentos WO 2011/065869 y WO 2011/065868 divulgan un método para detectar explosivos ocultos en una persona que utiliza una imagen de microondas y una imagen óptica de esta persona y la constante dieléctrica alta de la mayoría de los explosivos. Estos métodos no hacen uso de la señal de MO reflejada desde una capa exterior de un espacio interrogado para descubrir objetos ocultos en un espacio interrogado. El documento US 2013/033574 A1 divulga el método y el sistema para descubrir objetos dieléctricos ocultos en un área interrogada, comprendiendo el método la grabación de un microondas 3D y las imágenes de un rango óptico 3D de una escena interrogada digitalizando, al mismo tiempo, todas las imágenes y superponiéndolas en un sistema de coordenadas comunes; determinando un espacio entre el microondas y la imagen óptica, calculando una permitividad dieléctrica  $c$  del espacio; y concluyendo la ausencia de un objeto dieléctrico oculto donde la permitividad dieléctrica es menor que un valor de umbral.

40

45

Hay una necesidad adicional de la inspección automática encubierta (sin operario) de una multitud de personas en movimiento para descubrir a los terroristas suicidas y separarlos de la multitud.

50 **Sumario de la invención**

Esta invención divulga un método y un sistema para ubicar objetos ocultos potencialmente peligrosos, tales como explosivos, por ejemplo, usados o llevados por una persona. Al enviar señales de microondas y al recibir los reflejos de esas señales en diferentes áreas de la persona, se puede calcular la distancia entre una capa exterior (es decir, una prenda exterior) y el cuerpo de la persona. Simultáneamente, si un objeto está oculto en la persona, también se calcula el grosor del objeto. Estos valores se comparan y utilizan para crear una imagen de microondas en 3D, y si se detecta un cambio brusco entre los valores, se señala una alarma. El cambio brusco se debe al aumento de la constante de permitividad dieléctrica de ciertos dieléctricos utilizados para explosivos y otras armas peligrosas, lo que cambia la velocidad a la que se transmite la señal de microondas. Esta invención también divulga un método similar de detección colocando emisores de señales de microondas a través de receptores de señales, permitiendo de este modo también cálculos basados en la transmisión de señales de microondas. Además, una imagen de video en 3D del mismo punto en el tiempo puede superponerse a la imagen de microondas en 3D, permitiendo de este modo lecturas y resultados más precisos.

60

65

**Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 muestra la configuración para la detección de objetos dieléctricos ocultos.
- 5 La figura 2 muestra la trayectoria de microondas y el reflejo de los límites del cuerpo y el abrigo de un objetivo (primero y segundo límites, respectivamente).
- La figura 3 detalla además un reflejo del haz de microondas (MO) en (a) la ausencia, y (b), (c), (d) la presencia de objetos peligrosos ocultos. La figura 3(b) muestra un ejemplo de la ubicación de los explosivos en el cuerpo humano debajo del abrigo u otra prenda de vestir. Las figuras 3(c) y 3(d) muestran las trayectorias ópticas y las distancias medidas o calculadas por la invención reivindicada en el caso de objetos ocultos.
- 10 La figura 4 muestra un ejemplo del proceso utilizado para el procesamiento de imágenes de video y microondas en 3D y la alarma automática.
- 15 La figura 5 muestra la opción de configuración de plano de la presente invención.
- La figura 6 muestra la opción de configuración del portal de la presente invención en (a) modo de reflejo, y (b) modo de transmisión.
- 20 La figura 7 muestra diferentes maneras de construir imágenes de microondas en la opción de configuración del portal de la presente invención.
- La figura 8 muestra la opción de configuración del portal de la presente invención utilizando un número doble de conjuntos de antenas emisoras/receptoras.
- 25 La figura 9 muestra la opción de configuración de plano de la presente invención usando un número doble de conjuntos de antenas emisoras/receptoras.
- 30 La figura 10 muestra un ejemplo del modo en que las opciones de configuración del plano y del portal se pueden usar conjuntamente simultáneamente.
- La figura 11 muestra otro ejemplo del modo en que las opciones de configuración del plano y del portal se pueden usar conjuntamente simultáneamente.
- 35

**Descripción detallada de la realización preferente**

- En el presente documento se divulga un dispositivo de microondas activo (AMD) para la detección automática en tiempo real de IED (artefactos explosivos improvisados) y otros objetos dieléctricos potencialmente peligrosos que se usan en el cuerpo y se ocultan debajo de la ropa o en una mochila u otro equipaje. El AMD funciona mediante el envío de microondas (que varían en una longitud de onda de 1 milímetro a aproximadamente 20 centímetros, con la realización preferente que utiliza microondas que varían de 1 mm a unos pocos cm) hacia un objetivo en movimiento (por ejemplo, una persona), y después detecta las ondas reflejadas. El análisis de los datos se lleva a cabo en tiempo real mediante unos GPU de alta velocidad para obtener la imagen de un objeto potencialmente oculto y recibir información sobre su volumen y sus propiedades dieléctricas, lo que permite distinguir entre un objeto común y un explosivo potencial. Esta información se utiliza después para asignar automáticamente un nivel de amenaza a la "anomalía" descubierta sin la participación de un operario.
- 40
- 45
- Un sistema para descubrir un objeto dieléctrico oculto en un área interrogada se reivindica de este modo en la reivindicación 14, comprendiendo el sistema al menos dos fuentes de microondas (MO) y al menos un receptor de MO que forma imágenes de MO en 3D del área interrogada, en el que dichas imágenes de microondas en 3D se forman emitiendo señales de MO desde las fuentes de MO hacia una persona interrogada (20), donde cada señal de MO refleja parcialmente un primer límite entre el aire y un espacio intermedio y el resto de las señales de MO se desplaza a través del espacio intermedio, donde el resto de las señales de MO se reflejan casi completamente en un segundo límite entre el espacio intermedio y el cuerpo humano de la persona interrogada (20), donde dicho receptor de MO recibe las señales reflejadas desde dicho primero y segundo límites, comprendiendo además un ordenador/una calculadora para determinar al menos dos trayectorias ópticas, P1 y P2, entre al menos dos conjuntos de dos puntos, donde  $P1 = (A2-A1)$  y  $P2 = (B2-B1)$ ; en el que A1 es un punto de un primer haz de MO reflejado desde el primer límite, y A2 es un punto del mismo primer haz de MO reflejado desde el segundo límite, en el que B1 es un punto de un segundo haz de MO reflejado desde el primer límite, y B2 es un punto del mismo segundo haz de MO reflejado desde el segundo límite, en el que la trayectoria óptica es una trayectoria de radiación de microondas en un medio de espacio intermedio; y una alarma para señalar la probabilidad de un objeto dieléctrico oculto entre el primer y segundo límites, si la diferencia entre P1 y P2 es mayor que un valor de umbral debido a una constante dieléctrica aumentada en el espacio intermedio entre los puntos B2 y B1.
- 50
- 55
- 60
- 65
- Además, se reivindica un método para descubrir objetos dieléctricos ocultos en un espacio interrogado en la

reivindicación 1, comprendiendo el método enviar señales de microondas (MO) de al menos dos fuentes de MO hacia una persona interrogada (20), siendo la señal parcialmente reflejada en un primer límite entre el aire y una capa exterior de un espacio intermedio, siendo el resto de la señal reflejado casi completamente en un segundo límite entre el espacio intermedio y un cuerpo humano, recibiendo en un receptor de MO (3, 4) una primera y una segunda respuesta de señales de MO reflejadas desde el primer límite y el segundo límite; la primera y la segunda señales de respuesta son una primera y una segunda imágenes de MO en 3D de la persona interrogada (20), que determinan al menos dos trayectorias ópticas, P1 y P2, entre al menos dos conjuntos de dos puntos, donde  $P1 = (A2-A1)$  y  $P2 = (B2-B1)$ ; donde A1 es un punto de un primer haz de MO que se refleja desde el primer límite y A2 es un punto del mismo primer haz que se refleja desde el segundo límite, donde B1 es un punto de un segundo haz de MO que se refleja desde el primer límite y B2 es un punto del mismo segundo haz de MO que se refleja desde el segundo límite, en el que la trayectoria óptica es una trayectoria de radiación de microondas en un medio del espacio intermedio; determinando la presencia de un objeto dieléctrico oculto entre el primer y segundo límites si la diferencia entre P1 y P2 es mayor que un valor de umbral debido a una constante dieléctrica aumentada en el espacio intermedio entre B2 y B1. En una realización, el método comprende además formar al menos una tercera y una cuarta imagen de MO en 3D a partir de una tercera y una cuarta señal de respuesta; en el que la tercera y la cuarta señales de respuesta se reciben desde un ángulo diferente al de la primera y la segunda señales de respuesta, y determinan al menos dos trayectorias ópticas más, P3 y P4, donde  $P3 = (C2-C1)$  y  $P4 = (D2-D1)$ , donde C1 es un punto de un tercer haz de MO que se refleja desde el primer límite, y C2 es un punto del mismo tercer haz que se refleja desde el segundo límite, donde D1 es un punto de un cuarto haz de MO que se refleja desde el primer límite, y D2 es un punto del mismo cuarto haz de MO que se refleja desde el segundo límite, aumentando de este modo la calidad de la imagen y agregando información para determinar la presencia de objetos dieléctricos ocultos. P3 y P4 se pueden usar para aumentar la confiabilidad de una alarma activada cuando la diferencia entre P1 y P2 es mayor que el valor de umbral. P3 y P4 se pueden determinar esencialmente en la misma área donde se determinan P1 y P2, pero utilizando diferentes ángulos de visión. P3 y P4 también se pueden usar para detectar objetos ocultos adicionales en un área diferente de donde se determinan P1 y P2.

El espacio intermedio puede estar entre el cuerpo de una persona y la ropa de esta persona o entre dos capas de ropa de una persona. El primer límite está, preferentemente, formado por el límite entre el aire y la ropa exterior de una persona.

En la figura 1 se muestra una configuración 1 para descubrir objetos dieléctricos ocultos. En una realización, el espacio se escanea con radiación de microondas utilizando dos o más emisores de microondas 2 elementales (la figura 1 muestra 64 emisores, como ejemplo). La señal reflejada desde el área monitorizada es captada por uno o más canales de detección 3 y 4 paralelos. La señal recibida experimenta un procesamiento coherente en una unidad de procesamiento de señal digital (DSP) 5 para obtener valores de intensidad máxima de la configuración restaurada de objetos dispersos en el área monitorizada, en función de la distancia desde los emisores elementales hasta el objetivo. La información obtenida después del procesamiento se visualiza después en la pantalla 6 mediante la construcción de imágenes de microondas en 3D.

En una realización del método de la invención, un procesador de señal digital (DSP) realiza un procesamiento coherente, que calcula las imágenes de MO en 3D, teniendo en cuenta la información de amplitud e información de fase de los campos electromagnéticos reflejados por una persona interrogada.

En otra realización, también se obtiene una imagen de video adicional del objetivo utilizando dos o más cámaras de video 7 y 8, que están sincronizadas con los emisores de microondas 2 a través de la unidad de DSP 5. Las imágenes de video obtenidas se transmiten a través de los canales 9 y 10 hacia la unidad de procesamiento 5, se convierten además en forma digital, y se construye una imagen tridimensional del objetivo y se muestra en la pantalla 6. La imagen de video en 3D y la imagen de microondas en 3D se transfieren entonces a un sistema de coordenadas general y se superponen (descrito con más detalle a continuación). El punto de vista, o perspectiva, del sistema 1 como se muestra en la figura 1 es desde la posición de la persona que está monitorizada.

Algunas veces se refiere a un emisor o antena emisora y, a veces, a un transmisor o antena transmisora en el presente documento. Los términos emisor/antena emisora/transmisor/antena transmisora son todos intercambiables si es tan evidente para el experto en el contexto específico donde se usan los términos.

Imágenes por microondas en 3D. La determinación de la presencia de un objeto potencialmente peligroso transportado por un objetivo 11 se realiza de la siguiente manera (figura 2). Una parte de la radiación de MO 12 primaria emitida se refleja parcialmente por el primer límite (externo) (generalmente el abrigo/la chaqueta/prenda exterior de la persona) que forma un haz 13 reflejado (véase la figura 3(a), una vista ampliada del área N, para más detalles). La misma radiación/onda se desplaza después a través de la capa hasta que es reflejada por el segundo límite (interno), el cuerpo humano, que forma un segundo haz 14 reflejado. Por lo tanto, se producen al menos dos reflejos de la misma onda: se produce un reflejo en el límite externo del objetivo y/u objeto (es decir, el primer borde, o el borde del espacio aéreo/intermedio) y se produce otro reflejo después de que la onda se desplace a través del espacio intermedio y se refleje en el cuerpo del objetivo (es decir, el lado opuesto del objeto dieléctrico oculto, si está presente). La distancia medida P1 del espacio intermedio entre el primer y segundo límites se registra y se utiliza para detectar la presencia de objetos ocultos, siendo  $P1 = (A2-A1)$  la distancia entre el punto A2 en el segundo límite

y el punto correspondiente A1 en el primer límite. Este proceso se repite para medir al menos otra distancia o de manera continua para medir otras distancias, permitiendo que los haces de microondas golpeen y reflejen desde diversas ubicaciones a lo largo del primer y segundo límites. Cada haz de microondas adicional que refleja ubicaciones adicionales a lo largo del primer y segundo límites B1, C1, D1,... y B2, C2, D2,... permite la medición de distancias adicionales P2, P3, P4,... entre el primer y segundo límites. Al emitirse y recibirse continuamente señales de microondas, se crean imágenes de microondas en 3D del área inspeccionada. La primera imagen de MO en 3D corresponde al primer límite, y la segunda imagen de MO en 3D corresponde al segundo límite. El método permite determinar la presencia de objetos dieléctricos ocultos en el cuerpo humano debajo de la prenda exterior o llevados por la persona. El área N se amplía y se muestra con mayor detalle en la figura 3(a). La figura 3(a) representa una situación sin un objeto oculto. La figura 3(b) ilustra el modo en que se puede usar un explosivo en el cuerpo debajo de un abrigo. En una realización preferente de la presente invención, los objetos ocultos son materiales explosivos o componentes de los mismos. En una realización, el método de la presente invención se usa para descubrir bombas suicidas ocultas en una multitud de personas en movimiento. La constante dieléctrica de los explosivos es de alrededor de tres. La radiación de MO que se desplaza a través de un medio con una constante dieléctrica tan alta equivale a desplazarse una distancia más larga en el aire y, por lo tanto, la imagen de microondas de un objeto oculto se presenta como una cavidad que sobresale en el cuerpo, como se ilustra en la figura 3(c). Esta distancia aparentemente más larga corresponde a un cambio brusco de la longitud de la trayectoria del haz de microondas, que es detectada por los receptores porque el haz de MO en una primera área 15 contiene una ganancia de trayectoria adicional en comparación con el haz de MO en una segunda área 16. Al medir la fase y la amplitud de las microondas reflejadas entrantes, se puede determinar la trayectoria de microondas (es decir, la trayectoria del haz/señal de microondas) y se registra el repentino cambio brusco de la trayectoria en ciertas áreas, si está presente. Debido a que un microondas se desplaza más lentamente en un objeto con una constante dieléctrica (permitividad) más alta, una segunda señal de borde tarda más en llegar en presencia o área de un objeto (en comparación con las áreas donde no hay ningún objeto, por ejemplo, justo arriba, abajo, o a cualquier lado de un objeto). Si el cambio en el valor de la trayectoria supera un valor de umbral preestablecido, sirve como una indicación de que un objeto oculto está presente.

En la realización preferente, el valor de umbral es de aproximadamente 1 cm. En una realización preferente adicional, la resolución es igual a 1 cm. La resolución depende del ancho de banda de las frecuencias MO utilizadas. La resolución es igual a la velocidad de la luz en el vacío dividida por el ancho de banda duplicado de las frecuencias MO utilizadas. El ancho de banda de las frecuencias MO es habitual de 15 GHz, lo que significa por lo tanto una resolución de 1 cm en profundidad.

La trayectoria adicional,  $h$  (véase la figura 3(d)), es igual a  $h = l ((\epsilon^{1/2}-1)/(\epsilon^{1/2}))$ , donde  $l$  es el grosor del espacio intermedio, que es igual a la distancia desde el primer límite hasta el segundo límite que incluye la cavidad, si está presente, como lo muestra la primera área 15 (véase la figura 3 (c)), y  $\epsilon$  es la constante dieléctrica (permitividad) del espacio intermedio. La trayectoria adicional,  $h$ , se calcula restando el valor medido de la segunda área 16 del valor medido de la primera área 15.

La primera y la segunda señales de borde se pueden usar para reconstruir dos imágenes de MO en 3D de una persona, una correspondiente a la prenda exterior y la otra correspondiente al cuerpo humano, como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, la señal recibida desde el primer borde de un espacio interrogado, debido a su pequeño valor, puede ser interrumpida por los lóbulos laterales (es decir, los máximos secundarios) de la señal del segundo borde. Preferentemente, se puede usar adicionalmente un borde de imagen de video sincronizado, si la relación señal/ruido es baja (véase las figuras 1 y 4).

La radiación de MO se puede emitir desde diversos ángulos diferentes y la radiación reflejada, que también se desplaza desde diversos ángulos diferentes, se procesa de manera similar, lo que permite la acumulación de datos adicionales para mejorar la precisión y la resolución de la imagen y el proceso de detección. A continuación se describen diversas configuraciones de instalaciones.

Video en 3D simultáneo e imagen de MO. Además, se puede grabar una imagen de video en 3D del objetivo al mismo tiempo que una imagen de MO. En esta realización preferente, el método de la invención comprende además formar una imagen de rango óptico 3D de la persona interrogada, sincronizar la imagen de rango óptico 3D con una imagen de MO en 3D en el mismo punto en el tiempo, y superponer la imagen de rango óptico 3D con la primera imagen de MO en 3D, mejorando de este modo la precisión de la determinación de la presencia de objetos dieléctricos ocultos. De manera similar, en la invención se prefiere un sistema como el descrito anteriormente, que comprende además al menos dos cámaras que graban imágenes ópticas de la persona interrogada y forman una imagen de rango óptico 3D de la persona interrogada; y un ordenador para la sincronización en el tiempo y la superposición en el espacio digital de la imagen del rango óptico en 3D con la imagen de MO en 3D se refleja desde un primer límite, mejorando de este modo la precisión de la determinación de la primera posición del límite y avanzando en la detección de objetos ocultos. La señal de reflejo del primer límite (puntos A1 y B1) puede ser algunas veces más débil en comparación con la señal reflejada del segundo límite (puntos A2 y B2). Los puntos (A1', B1') del primer límite extraído de una imagen óptica en 3D del primer límite de la persona interrogada (entregados por cámaras estéreo) se pueden usar para calcular P1' y P2' y compararlos con P1 y P2.

Preferentemente, se usan más de 100 fuentes de microondas en el método de la presente invención para formar imágenes en 3D. También es preferente utilizar fuentes de microondas que tengan un espectro que comprenda frecuencias múltiples.

5 Preferentemente, al menos dos cámaras de video 7 y 8 (véase la figura 1) graban imágenes del objetivo, y la unidad del DSP 5 reconstruye una imagen de video en 3D del objeto. Los haces ópticos no penetran en el límite exterior (es decir, la prenda exterior de la persona en el ejemplo del presente documento). Esta imagen de video en 3D se sincroniza a tiempo con la imagen de microondas en 3D. La superposición de la imagen de video en 3D sobre la imagen de MO en 3D del borde exterior puede lograr una mayor precisión de la posición del borde exterior y un mejor cálculo de la trayectoria adicional,  $h$ . En una realización, el sistema está equipado adicionalmente con una alarma automática, que dispara un sonido o una alerta visual si la distancia  $h$  está por encima de un valor de umbral predeterminado y, por lo tanto, se sospecha la presencia de un objeto oculto.

15 En otra realización, la alerta automática se combina con una foto de la persona sospechosa, sus coordenadas y la ubicación de los objetos ocultos detectados en su cuerpo, a los responsables de la seguridad y las primeras personas de auxilio. La resolución del sistema es suficiente para detectar objetos potencialmente peligrosos en el cuerpo humano sin violar ningún problema de privacidad.

20 En otra realización más, el *software* de procesamiento de imágenes de microondas crea una alerta solo para aquellas partes/objetos de los objetivos que generan preocupación (es decir, crea una alarma en el sistema debido a la detección de imágenes de microondas). Y, finalmente, solo el *software* de procesamiento extrae de la imagen de video las partes/objetos de los objetivos que generan preocupación. Por lo tanto, sin reconstruir el área de inspección completa, para ahorrar recursos y tiempo, el *software* de procesamiento crea una imagen de microondas en 3D con una imagen de video en 3D superpuesta de solo aquellas partes/objetos y áreas importantes para la seguridad y la detección de amenazas potenciales.

30 Configuraciones de instalación. El AMD se puede producir y configurar en diferentes geometrías, que incluyen: (1) como un portal de acceso que inspecciona a varias personas en movimiento (preferentemente de una manera en que las personas no se están observando, es decir, una por una, o una al lado de la otra); o (2) como un módulo único para la inspección de separación de múltiples objetivos móviles. El AMD se puede utilizar en un entorno de tránsito masivo en diversos escenarios y como un sistema independiente o en combinación con otros sensores, seguimiento de video y sistemas de fusión de datos. El AMD se puede usar en combinación con puertas automáticas (por ejemplo, puertas de entrada giratorias) o portones, que podrían cerrarse instantáneamente cuando se recibe una alerta automática en tiempo real desde el AMD. El escenario también permite separar instantáneamente a personas sospechosas de otras personas. En una realización del presente método para descubrir objetos ocultos en un espacio interrogado, la persona interrogada está de pie o se está moviendo a la velocidad promedio de peatones de al menos 2 km/h, o al menos 5 km/h.

40 Las ventajas de la presente invención incluyen, pero no se limitan a: (1) la detección de separación a una distancia (por ejemplo, 10 metros); (2) la inspección de objetivos en tiempo real (diez o más cuadros por segundo); (3) la inspección de muchos objetivos a la vez (al menos 4-5 a la vez); (4) la inspección e instalación secretas (el dispositivo se puede enmascarar, por ejemplo, como un panel publicitario); (5) la operación segura y radiación (la potencia total de microondas es 30 veces menor que la permitida en un área pública); (6) la especificidad para los objetos dieléctricos (la constante dieléctrica de un explosivo es aproximadamente 3 o superior, mientras que los productos inofensivos tienen una constante de menos de 2,5); (7) la especificidad a objetos metálicos; (8) la proporción de un nivel de alerta asociado con un objeto descubierto; (9) el reconocimiento automático de amenazas (ATR); (10) no es una invasión de la privacidad (la resolución de la imagen de microondas en 3D es baja y el ATR no necesita mostrar una imagen en 3D); (11) un sistema de video 3D opcional; y (12) la inspección simultánea en tiempo real del cuerpo y cualquier equipaje transportado (por ejemplo, equipaje de mano, equipaje con ruedas movidas por el mango, etc.).

55 La figura 4 proporciona un diagrama que detalla un algoritmo preferente utilizado por el *software* de procesamiento. En última instancia, este algoritmo emite una alarma para los dieléctricos potencialmente peligrosos u otros explosivos adjuntos y ocultos en un objetivo inspeccionado dado, que se utiliza para crear una imagen de microondas reconstruida con una imagen de video superpuesta para la correlación, detección y localización y adquisición más rápida de un material peligroso. Hay tres unidades que reciben, procesan y/o envían información. La unidad de procesamiento de datos de microondas 100 está compuesta por un centro de adquisición de datos 110 y un centro de restauración de imágenes de microondas en 3D 111. La unidad de procesamiento de datos de video estéreo 200 está compuesta por un centro de adquisición de datos de video 221, un centro de restauración de imágenes de video en 3D 222 y un definidor de área objetivo 223. La unidad de análisis y toma de decisiones 300 está compuesta por un centro de análisis de imágenes 333 y centros de alarma 334 o 335 sin alarma. Las antenas receptoras 3, 4 reciben datos de microondas reflejados y/o transmitidos a través de un objetivo en una zona de inspección. Las antenas receptoras 3, 4 comparten estos datos con el centro de adquisición de datos de microondas 110, que, a su vez, envían los datos al centro de restauración de imágenes de microondas 3D 111. Simultáneamente, los datos de video estéreo capturados por las cámaras de video 7, 8 se comparten con el centro de adquisición de datos de video 221, que a su vez envía los datos de video al centro de restauración de imágenes

de video 3D 222. El centro de restauración de imágenes de video 3D 222 envía después los datos de video a través del definidor de área objetivo 223. El definidor de área objetivo 223 se comunica con el centro de restauración de imágenes de microondas en 3D 111 para que corresponda (o sincronice) los datos de microondas con los datos de video, permitiendo de este modo la divulgación de información sobre el mismo intervalo de tiempo, enviando estos datos sincronizados a la unidad de análisis y toma de decisiones 300. El análisis común de las imágenes de microondas en 3D y las imágenes de video 3D ocurren en el centro de análisis de imágenes 333, que recibe datos del centro de restauración de imágenes de video 3D 222 de la unidad de procesamiento de datos de video estéreo 200 (tanto antes como después de que los datos de video sean filtrados por el definidor de área objetivo 223), así como desde el centro de restauración de imagen de microondas en 3D 111 de la unidad de procesamiento de datos de microondas 100. Finalmente, el centro de análisis de imagen 333 determina, a base de todos los datos adquiridos y con el uso de los métodos descritos en el presente documento, ya sea que se señale una alarma 334 o no se señale ninguna alarma 335.

Reconocimiento de amenazas automatizado (ATR). Se señala una alarma si, después de analizar el volumen, la masa, la forma y la constante dieléctrica de un objeto u objetos detectados en el objetivo, por ejemplo, escondidos debajo de la ropa o en el equipaje, un parámetro o la combinación de parámetros supera o se encuentra dentro de los límites de las limitaciones y umbrales establecidos o preestablecidos. La señal de alarma se envía automáticamente después de procesar microondas 3D (e imágenes de video) sin la necesidad de un operario. La alarma se puede enviar mediante redes inalámbricas, redes por cable y redes móviles a una pantalla/un ordenador determinado de cualquier sistema de vigilancia, seguridad o seguimiento de video complejo. Además de la alarma automática, se puede transmitir en tiempo real, con las coordenadas de su ubicación, una imagen de video/foto de cualquier amenaza potencial (y la persona que lleva esta amenaza).

Detección de separaciones a distancia (hasta 10 metros). Para obtener una imagen de microondas mínima, se requieren al menos una antena transmisora y dos antenas receptoras, o viceversa, es decir, una antena receptora y dos antenas transmisoras. Para detectar objetos ocultos en objetos que se mueven a distancia, se recomienda un conjunto (o una pluralidad), en lugar de un grupo, de antenas transmisoras y receptoras. El conjunto de antenas transmisoras y receptoras amplía la zona de inspección, aumenta la resolución del sistema al aumentar la apertura del sistema y mejora la correlación de señal/ruido. Por ejemplo, una realización del conjunto de antenas comprende 256 elementos que se combinan en 16 líneas de antenas. Cada línea incluye 16 antenas elementales (16x16). Este conjunto también incluye antenas separadas ubicadas preferentemente a una distancia que es inferior a la mitad de la longitud de onda a la frecuencia máxima de una banda de frecuencias utilizada. Esto es necesario para la reconstrucción inequívoca de imágenes de microondas en 3D.

La emisión de la antena elemental es continua (o impulsiva). La señal reflejada es recibida simultáneamente por todas las antenas receptoras. En el caso de que se utilicen varios conjuntos de antenas emisoras, que funcionan simultáneamente, se utiliza la modulación de baja frecuencia para distinguir las señales procedentes de los diferentes conjuntos de antenas emisoras. Para mejorar la relación señal/ruido, una antena elemental de la red de antenas puede emitir, en un momento, una de las 16/32 frecuencias elegidas. El ancho de las líneas emitidas es estrecho (es decir, el ancho es 3 órdenes menos que el valor de la frecuencia), lo que permite que la señal no coincida con las frecuencias externas y de fondo.

El conjunto de antenas receptoras incluye antenas separadas situadas en posiciones tales que la zona/área donde se reciben las señales reflejadas (perspectiva de la antena) permite obtener una imagen de microondas en 3D desde diferentes lados (o aspectos) de los objetivos en movimiento. La cantidad de antenas separadas está determinada por la calidad deseada de la abertura sintetizada, la resolución, la señal/tasa de ruido y los recursos. En tiempo real, la velocidad de reconstrucción de imágenes de microondas en 3D puede ser de aproximadamente 10 cuadros/imágenes por segundo. La velocidad de grabación de los datos de distribución de fase de amplitud de todos los pares [1024x8] de antenas transmisoras y receptoras y en todas las 16/32 frecuencias elegidas permite considerar los objetivos móviles como casi o cuasi estáticos durante el tiempo de grabación de un cuadro. Los recursos disponibles determinan la velocidad del procesamiento de datos y la reconstrucción de (cuadros) imágenes de microondas en 3D. La velocidad alcanzada de 10 cuadros/imágenes por segundo es lograda, por ejemplo, debido a la distribución de recursos informáticos entre diferentes procesadores (y computación paralela), que trabajan simultáneamente pero en diferentes tareas, que pueden comprender el proceso de adquisición de datos, la reconstrucción y el procesamiento de imágenes de microondas en 3D y el procesamiento y sincronización de imágenes de video en 3D.

Tasa de inspección y detección en tiempo real. Aquí se explican las condiciones y la tasa a modo de ejemplo de adquisición y procesamiento de datos para un objetivo móvil controlado por la presente invención: el tiempo necesario para medir un cuadro (es decir, para obtener los datos de distribución de fase de amplitud de todos los pares [1024x8] de antenas transmisoras-receptoras y todas las 16/32 frecuencias elegidas para reconstruir las imágenes de microondas 3D y las imágenes de video en 3D en esta realización) debe ser menor que el tiempo necesario para que un objetivo se mueva a 1/8 de la longitud de onda a la frecuencia máxima del rango de frecuencia utilizada. El tiempo para la medición de un cuadro es inferior a 2 milisegundos. El procesamiento de cuadros (reconstrucción en 100x100x32 (HxWxD) de puntos en las imágenes de microondas 3D y las imágenes de video 3D) toma aproximadamente 100 milisegundos. Un octavo (1/8) de la longitud de onda a la frecuencia máxima

(es decir, 18 GHz o 1,6 cm) es de aproximadamente 0,2 centímetros. La velocidad promedio del movimiento de un objetivo es, por ejemplo, 5 km/h (o 1,4 m/s, o 0,14 cm/ms). A la velocidad actual de adquisición y procesamiento de datos, la presente invención puede crear aproximadamente 10 cuadros por segundo.

5 Inspección de muchos objetivos simultáneamente. Si hay varios objetivos dentro o en movimiento a través del área de inspección, el sistema funciona y la adquisición de datos se realiza de la misma manera, tomando el mismo tiempo que para un objetivo. Sin embargo, cuando el sistema está realizando la reconstrucción de imágenes de video en 3D y microondas en 3D, localiza automáticamente todos los objetivos y objetos dentro del área de inspección, requiriendo de este modo más recursos informáticos. Por lo tanto, la reconstrucción de imágenes de video en 3D y microondas en 3D se realiza preferentemente, aún en tiempo real, ajustando una calidad, velocidad o resolución particular para mantener la velocidad computacional. Por ejemplo, la velocidad computacional se puede mantener reduciendo la frecuencia de cuadros reconstruida (por ejemplo, ajustando de 10 cuadros por segundo a 5 cuadros por segundo), o reduciendo el número de puntos de las imágenes de microondas reconstruidas. Alternativamente, aumentar los recursos informáticos resolvería el problema de muchos objetivos simultáneos sin la necesidad de reducir ninguna calidad, velocidad o resolución en particular. El uso de los datos de video también puede ayudar a disminuir el volumen de datos de microondas procesados en realidad (por ejemplo, inspeccionar solo el área donde se detectan los objetos), por lo que se realizan inspecciones separadas simultáneamente para cada objetivo detectado.

20 Una alarma se señala después del análisis dentro de la unidad de análisis y toma de decisiones. La unidad analiza varios cuadros almacenados en la memoria del ordenador y señala los objetivos con objetos "peligrosos". Un "historial" de cuadros se construye y almacena continuamente en la memoria del ordenador. Cada cuadro o grupo de cuadros tiene una marca de tiempo que muestra cuándo se tomó. Una alarma se señala y se envía automáticamente en tiempo real. Un posible retardo de una fracción de segundo, en comparación con el momento en que se recibió el cuadro, puede ocurrir si se procesan varios cuadros del historial. El "historial" de cuadros permanece en la memoria del ordenador durante el tiempo en que los objetivos permanecen o se mueven dentro del área de inspección. Si no hay nadie dentro del área de inspección en un momento dado, el sistema funciona en modo "de espera". El sistema cambia automáticamente al modo de adquisición de datos y comienza a procesar los datos tan pronto como un objetivo ingresa al área de inspección. Cuando los objetivos se mueven dentro del área de inspección (a una distancia de hasta 10 metros del dispositivo), el sistema, en promedio, toma, reconstruye y registra en el "historial" unos 100 cuadros (la velocidad es 10 cuadros por segundo). Un objetivo (por ejemplo, una persona) en estos cuadros se muestra desde diferentes aspectos cuando fue "visto" por la antena durante su movimiento. Si el objetivo se mueve durante el procesamiento de los cuadros, donde el procesamiento incluye esos cuadros del "historial" grabado de cuadros, se pueden detectar objetos ocultos, objetos que no se pueden detectar si la persona está de pie.

Inspección e instalación encubierta. Para hacer que el funcionamiento del dispositivo sea imperceptible, el sistema puede enmascarse como un panel publicitario típico. El panel puede estar hecho de materiales que son penetrados por microondas (por ejemplo, plástico, madera, tela, etc.).

40 Sistema de video en 3D. Se prefiere usar un sistema de video en 3D en la presente invención. Se utilizan preferentemente al menos 2 cámaras de video, lo que permite la reconstrucción de un "mapa de profundidad" del espacio de inspección en tiempo real. El mapa de profundidad se usa junto con imágenes de microondas en 3D para procesar y formar un sistema de coordenadas 3D sincronizado habitual. La imagen de video en 3D se usa para: (1) detectar/localizar personas dentro del área de inspección; (2) ubicar y limitar áreas/espacios específicos dentro de la zona de inspección, donde la imagen de microondas de los objetos seleccionados (por ejemplo, objetos ocultos en el cuerpo de una persona o en el equipaje) debe ser reconstruida, procesada y/o sincronizada; (3) obtener el primer borde (es decir, el borde de aire/dieléctrico) en la imagen del microondas, que es el mismo que el de la imagen de video "ropa/borde dieléctrico"; (4) transmitir a los responsables que responden una señal de alarma automática y datos de foto/video sobre una amenaza potencial (por ejemplo, terrorista) que incluye, pero no se limita a, sus coordenadas espaciales. Las imágenes de la foto/video pueden ser en color o en blanco y negro. Mientras un (unos) objetivo(s) se está(n) moviendo dentro del área de inspección o del área de operación del sistema de video/microondas, el ordenador puede almacenar, en su memoria, imágenes de microondas e imágenes de video (por ejemplo, 10 cuadros por segundo) recibidas por el sistema desde diferentes ángulos o aspectos de visión. Esta información es mejor y más útil que la información sobre objetivos estáticos (no móviles) dentro del área de inspección. El algoritmo de detección utiliza la información del objetivo móvil (es decir, mejor) para analizar varios cuadros almacenados en el historial de cuadros. Cuantos más cuadros haya, empleando diferentes ángulos de visión, más información tendrá el sistema para detectar automáticamente objetos peligrosos y más efectivo y preciso será el procedimiento de detección.

60 Opciones de configuración de AMD. La presente invención puede funcionar (1) continuamente o (2) en modo "de espera", activado por un disparador externo (por ejemplo, cuando un objetivo ingresa al área de inspección o al área operativa de un sistema de video/microondas). El dispositivo puede funcionar en interiores o exteriores y en diferentes condiciones de luz (por ejemplo, si hay poca luz, se pueden usar cámaras IR). El sistema puede configurarse empleando diferentes configuraciones (los conjuntos de antenas transmisoras y receptoras pueden ubicarse de manera diferente entre sí) según el escenario específico de su uso en ciertos lugares.



La configuración del "plano" (véase la figura 5) se refiere a los conjuntos de antenas transmisoras y receptoras que se fijan en un cuadro o módulo de la configuración 1. En la configuración del "plano", el sistema usa solo una tecnología para detectar objetos potencialmente peligrosos, ocultos en un objetivo o en el equipaje (por ejemplo, mochila, bolso, maleta, etc.), siendo la tecnología el "reflejo" de la radiación primaria (emitida por los conjuntos de antenas de microondas) del objetivo. En la configuración "plana", el área de inspección es más amplia que en la configuración del "portal" (explicada a continuación), lo que potencialmente la hace más útil para la detección de objetos peligrosos en una persona 20 o varias personas 20 y 21 simultáneamente a una distancia de varios metros. Al usar la configuración "plana", se puede construir una imagen de MO en 3D, y el cálculo de la presencia de un objeto dieléctrico oculto depende de la diferencia de fase entre los reflejos de los primeros y segundos bordes de un objetivo. Cabe destacar que más conjuntos de receptores y transmisores de señales de microondas, ubicados en ángulos diferentes al área de inspección y a los objetivos, producirán resultados más precisos y más informativos.

La configuración del "portal" (véase la figura 6) se refiere a las antenas receptoras y transmisoras ubicadas en ambos lados de un llamado portal (es decir, un área de paso), posicionadas en un ángulo hacia la dirección del movimiento del (de los) objetivo(s). En esta configuración, el sistema utiliza dos tecnologías para detectar objetos potencialmente peligrosos ocultos en un objetivo o en el equipaje. La primera tecnología es el "reflejo" de la radiación primaria (emitida por los conjuntos de antenas de microondas) del (de los) objetivo(s), y la segunda tecnología es la "transmisión" de la radiación de microondas primaria a través del objeto. La figura 6(a) muestra el modo en que se emplea la tecnología de "reflejo", mientras que la figura 6(b) muestra el modo en que se emplea la tecnología de "transmisión". Con la tecnología del reflejo, la detección de objetos ocultos se realiza de manera similar a la de una configuración plana (es decir, basada en la diferencia entre las fases de las microondas reflejadas). Con la tecnología de transmisión, la señal de microondas se desplazará a través de un objeto dieléctrico oculto, si está presente, y por lo tanto no se produce un reflejo de las microondas. En cambio, los receptores/detectores de señales se configuran en transmisores de señales opuestos para recibir un microondas transmitido a través de un objeto dieléctrico oculto ubicado en el cuerpo o en el equipaje. La detección de un objeto y el cálculo del espesor se logra al medir el retardo de fase, si lo hay, de una onda que pasa a través del objeto. No se construye ninguna imagen de MO en 3D basada en la tecnología de transmisión; en cambio, mide simplemente el retardo de fase de las microondas que se desplazan a través de objetos ocultos, si están presentes. El retardo de fase es causado por la transmisión de microondas a través de un medio con una constante dieléctrica alta (por ejemplo, aproximadamente 3 para materiales explosivos). Cabe señalar nuevamente que más conjuntos de receptores y transmisores de señales de microondas (por ejemplo, que no sean directamente perpendiculares a la dirección de un objetivo en movimiento), ubicados en diferentes ángulos al área de inspección, brindarán resultados más precisos e informativos.

En la configuración del "portal", el algoritmo de detección utiliza datos de procesos de ambas tecnologías. El sistema puede señalizar la alarma utilizando datos recibidos de una sola de las tecnologías (transmisión o reflejo), o alternativamente, el sistema puede emitir señales usando una alarma común, que está determinada por la lógica "OR" aplicada a ambas señales (si hay una señal de alarma para una de las tecnologías). El algoritmo de detección utiliza simultáneamente datos de una o varias imágenes de microondas creadas por el modo de "reflejo". Se forman diferentes imágenes de microondas mientras se emite/recibe una señal mediante antenas de emisión/recepción ubicadas en la mitad de una unidad de portal dada, ya sea desde el lado izquierdo o desde el lado derecho en relación con la dirección del movimiento del (de los) objetivo(s). Las imágenes de microondas cruzadas se forman mientras la señal se emite/recibe mediante antenas emisoras/receptoras ubicadas en los diferentes bloques (mitades de la unidad del portal). Cuando se emite el lado izquierdo, el lado derecho recibe la señal y viceversa (véase la figura 7).

El uso de varias imágenes de microondas durante el análisis (recibidas desde los lados izquierdo y derecho del portal y desde las imágenes cruzadas) permite obtener más ángulos de visión de un cuerpo objetivo (por ejemplo, humano) y objetos ocultos, lo que aumenta la precisión de la señal de alarma automática y tasa de detección. De esta manera, el sistema puede detectar objetos que no pueden ser vistos por solo una de las mitades del portal, por ejemplo, desde la parte posterior, desde un lado o desde la parte frontal de un objetivo. En la configuración del "portal", el algoritmo de detección permite detectar simultáneamente objetos ubicados en el lado o en el lado frontal del objetivo en el modo "reflejo", y desde el lado posterior y frontal del objetivo en el modo "transmisión". En la configuración del "portal" con un número doble de conjuntos de antenas emisoras/receptoras (véase la figura 8), ubicadas en pares desde diferentes lados (es decir, desde la izquierda y la derecha) con respecto a la dirección del movimiento de un objetivo, las imágenes de los objetivos se reciben desde diferentes ángulos de visión y desde todos los lados (frontal, posterior, izquierdo y derecho). El algoritmo de detección permite detectar objetos en los lados o en los lados frontal y posterior del cuerpo en el modo "reflejo" y en los lados frontal/posterior del cuerpo en el modo de "transmisión". En este caso (figura 8), la cantidad de imágenes simples y cruzadas aumenta, al igual que la precisión de la señal de alarma automática y la tasa de detección. Se pueden detectar objetos ocultos en cualquier lugar del cuerpo (es decir, una imagen holográfica pseudo-3D).

En la configuración "plana" que emplea un número doble de emisores/receptores, donde la primera y la segunda unidad emiten/reciben radiación de microondas en diferentes direcciones, se detectan objetos peligrosos en el lado frontal de un objetivo cuando el objetivo se está moviendo hacia el sistema, mientras que los objetos en el lado posterior del cuerpo (por ejemplo, en la mochila) se detectan cuando el objetivo se está alejando del sistema. En

este tipo de configuración de "plano", la detección se realiza desde el lado frontal y desde el lado posterior simultáneamente (véase la figura 9).

5 Además, pueden existir escenarios donde los dos modos de configuración se usan juntos y en combinación (es decir, al menos una configuración de portal y al menos una configuración de plano). Las dos realizaciones siguientes proporcionan ejemplos, pero de ninguna manera limitan, el modo en que se pueden combinar los sistemas en modo plano y portal para una detección adicional.

10 En una configuración "plana", se realiza la detección de separación primaria de objetos peligrosos en el cuerpo de la persona en movimiento. Se envía una señal de alarma automática a un sistema de "portal" que, al utilizar las dos tecnologías (reflejo y transmisión), inspecciona ya sea todos los objetivos en el área de inspección o solo los objetivos seleccionados por el sistema de configuración "plano". En este escenario (véanse las figuras 10 y 11, para ejemplos de diversas configuraciones), la probabilidad y la precisión de la detección de objetos peligrosos aumenta y la tasa de falsas alarmas es baja. Un bajo índice de falsas alarmas es un aspecto muy importante, especialmente para los sistemas de detección que funcionan en instalaciones de transporte masivo o áreas con alto flujo de pasajeros. Una alta tasa de falsas alarmas podría inhabilitar completamente y potencialmente las operaciones de un centro de transporte público, arruinar un evento público, etc.

20 En una configuración de "portal", la detección primaria de objetos peligrosos ocultos en el lado frontal y posterior de un objetivo en movimiento se realiza utilizando las dos tecnologías (reflejo y transmisión). Se envía una señal de alarma automática a un sistema "plano", que realiza una inspección secundaria, ya sea de todos los objetivos en el área de inspección o solo de esos objetivos seleccionados por el sistema de "portal". En este escenario (véanse las figuras 10 y 11, para ver ejemplos de diversas configuraciones), la probabilidad y la precisión de la detección de objetos peligrosos también aumentan, y la tasa de falsas alarmas es igualmente baja. Para implementar este tipo de escenario, después de que el sistema en configuración de "portal", una puerta automática, un portón, una barrera, etc., podrían posicionarse para dividir a las personas en dos flujos. El primer flujo incluiría objetivos en los que el primer sistema detectó objetos peligrosos, y esos objetivos se enviarían a un segundo sistema que emplea la otra configuración ("plano" o "portal") para una inspección secundaria.

30 Cuando varios sistemas en las configuraciones de "plano" y "portal" están funcionando simultáneamente en diferentes partes de un área inspeccionada (por ejemplo, en estaciones de tránsito o entradas de eventos públicos) y detectan un objeto peligroso, se envía una señal de alarma automática al control de panel central del sistema de seguridad. Junto con la señal de alarma, se transmiten el número del dispositivo que responde, las imágenes de video/foto y las coordenadas del objetivo sospechoso. En casos específicos, el sistema puede equiparse con dispositivos mecánicos especiales, puertas, puertas giratorias, barreras, etc., que se pueden usar para bloquear, redireccionar, separar o secuestrar automáticamente a objetivos/personas sospechosas si se señala una alarma. Cuantos más sistemas haya, todos los cuales estén coordinados y conectados a una unidad de control y procesamiento de datos, más eficazmente podrán distribuirse los recursos de procesamiento de datos y mayor será la probabilidad y precisión de la detección, al tiempo que se minimizarán las falsas alarmas.

40 En un método preferente de la presente invención, la radiación de MO emitida por un transmisor y que se desplaza a través del espacio interrogado sin ningún reflejo de las dos capas se usa para mejorar la precisión del método al registrar en un receptor adicional la amplitud y la fase de la radiación de MO que se desplaza a través del espacio interrogado sin reflejo, en el que la amplitud y la fase de la radiación MO que se desplaza a través del espacio interrogado se utiliza para determinar un cambio de longitud óptica de la radiación MO que se desplaza a través del espacio interrogado en comparación con la radiación MO que se desplaza a través del espacio libre entre el transmisor y el receptor adicional.

50 El sistema según la presente invención también comprende preferentemente un receptor de MO adicional que registra una señal de MO que se desplaza a través del espacio interrogado y la capa interna y externa sin reflejo; y la alarma está adaptada para indicar la probabilidad de que exista un objeto dieléctrico oculto entre la capa interior y exterior, si el receptor adicional ha registrado un aumento (o cambio) de la longitud óptica de una señal de MO entrante que pasa a través del espacio interrogado, el aumento de la longitud óptica causada por la presencia de un objeto con una constante dieléctrica aumentada en el espacio interrogado.

55 Operación y radiación segura. La potencia de microondas total de la presente invención es de 2 V/m (10 GHz), que es 30 veces menor que la permitida en un área pública (61 V/m).

60 Preocupaciones sobre la privacidad. La resolución de la imagen de microondas en 3D es baja y el ATR no necesita visualizar la imagen en 3D. Para formar la señal de alarma automáticamente (ATR), no es necesario que un operario mire a través de las imágenes de video o microondas 2D/3D en la pantalla manualmente. La resolución de la imagen de microondas es, por ejemplo, de aproximadamente 4 cm (en relación con el rango de frecuencia utilizado) y es imposible mostrar/registrar cualquier parte del cuerpo de una persona ubicada dentro del área operativa del sistema.

65 Resolución del sistema. La resolución del sistema en la configuración del plano está determinada por una frecuencia promedio (13 GHz), la distancia al objeto y las dimensiones de una apertura dada (por ejemplo, la resolución del

sistema en la configuración del plano es de 4x4 cm a una distancia de 1 metro, sin considerar la síntesis de apertura). La resolución del sistema en la dirección perpendicular al primer y segundo límites está determinada por el ancho de banda del rango de frecuencia utilizado (8-18 GHz) (por ejemplo, la resolución del sistema en profundidad es de 1 cm o 1,5 cm).

5 La descripción de una realización preferente de la invención se ha presentado con fines de ilustración y descripción. No pretende ser exhaustivo ni limitar la invención a las formas precisas divulgadas. Evidentemente, muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica.

10 Según otra realización de la presente invención, el método comprende además el uso de radiación de MO que se desplaza a través del espacio intermedio sin ninguna reflexión del cuerpo humano: al registrar una amplitud y fase en la que una radiación de MO se ha desplazado a través del espacio intermedio sin el reflejo del cuerpo humano; al determinar la presencia de un objeto dieléctrico oculto si un retardo de fase en la señal registrada supera un umbral de fase, el retardo causado por el paso del espacio intermedio con una constante dieléctrica aumentada.

15 Según una realización adicional del método de la presente invención, las fuentes de MO escanean el área, formando de este modo imágenes. Según otra realización de la presente invención, el método se utiliza para inspeccionar al menos dos personas interrogadas simultáneamente.

20 Según una realización adicional de esta invención, el sistema comprende además: un receptor de MO adicional que registra una señal de MO que se desplaza a través del espacio intermedio sin reflexión; y la alarma que señala una probabilidad de que el objeto dieléctrico oculto entre el primer y el segundo límites, si el receptor adicional ha registrado un retardo de fase de una señal de MO entrante que pasa a través del espacio intermedio; el retardo causado por la presencia de un objeto con la constante dieléctrica aumentada en el espacio intermedio.

25 Además, las palabras "ejemplo" o "a modo de ejemplo" se usan en el presente documento para significar que sirven como ejemplo, caso o ilustración. Cualquier aspecto o diseño descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" no debe interpretarse necesariamente como preferente o ventajoso sobre otros aspectos o diseños. Más bien, el uso de las palabras "ejemplo" o "a modo de ejemplo" está destinado a presentar conceptos de una manera concreta. Tal como se utiliza en esta solicitud, el término "o" pretende significar un incluido "o" en lugar de un exclusivo "o". Es decir, a menos que se especifique lo contrario, o claro del contexto, "X emplea A o B" pretende significar cualquiera de las permutaciones inclusivas naturales. Es decir, si X emplea A; X emplea a B; o X emplea tanto A como B, entonces "X emplea A o B" se cumple en cualquiera de los casos anteriores. Además, los artículos "un/uno" y "una" tal como se usan en esta solicitud y las reivindicaciones adjuntas deben interpretarse, generalmente, como "uno o más", a menos que se especifique lo contrario, o se debe aclarar del contexto que se dirija a una forma singular.

30

35

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para descubrir objetos dieléctricos ocultos en un espacio interrogado, que comprende:

5 enviar señales de microondas, MO, de al menos dos fuentes de MO (2), hacia una persona interrogada (20),  
siendo la señal reflejada parcialmente en un primer límite entre el aire y una capa exterior de un espacio  
intermedio, siendo el resto de la señal reflejada casi completamente en un segundo límite entre el espacio  
intermedio y un cuerpo humano,  
10 recibir en un receptor de MO (3, 4) una primera y una segunda respuestas de señales de MO reflejadas desde el  
primer límite y el segundo límite; siendo la primera y la segunda señales de respuesta una primera y una  
segunda imágenes de MO en 3D de la persona interrogada (20);  
determinar al menos dos trayectorias ópticas, P1 y P2, entre al menos dos conjuntos de dos puntos, donde P1 =  
(A2-A1) y P2 = (B2-B1); donde A1 es un punto de un primer haz de MO que se refleja desde el primer límite y A2  
15 es un punto del mismo primer haz que se refleja desde el segundo límite, donde B1 es un punto de un segundo  
haz de MO que se refleja desde el primer límite y B2 es un punto del mismo segundo haz de MO que se refleja  
desde el segundo límite,  
en donde la trayectoria óptica es una trayectoria de radiación de microondas en un medio del espacio intermedio;  
determinar la presencia de un objeto dieléctrico oculto entre el primer y segundo límites si la diferencia entre P1 y  
20 P2 es mayor que un valor de umbral debido a una constante dieléctrica aumentada en el espacio intermedio  
entre B2 y B1.

2. El método según la reivindicación 1, en el que el valor de umbral es de aproximadamente 1 cm.

3. El método según las reivindicaciones 1 o 2, que comprende además formar al menos una tercera y una cuarta  
25 imágenes de MO en 3D a partir de una tercera y una cuarta señales de respuesta; en donde la tercera y la cuarta  
señales de respuesta se reciben desde un ángulo diferente al de la primera y la segunda señales de respuesta, y  
determinan al menos dos trayectorias ópticas más, P3 y P4, donde P3 = (C2-C1) y P4 = (D2-D1), donde C1 es un  
punto de un tercer haz de MO que se refleja desde el primer límite, y C2 es un punto del mismo tercer haz que se  
refleja desde el segundo límite, donde D1 es un punto de un cuarto haz de MO que se refleja desde el primer límite,  
30 y D2 es un punto del mismo cuarto haz de MO que se refleja desde el segundo límite, aumentando de este modo la  
calidad de la imagen y agrega información para determinar la presencia de objetos dieléctricos ocultos.

4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que además comprende el uso de radiación de MO que  
se desplaza a través del espacio intermedio sin ningún reflejo del cuerpo humano:

35 al usar un receptor de MO adicional para registrar una amplitud y una fase de la radiación de MO desplazada a  
través del espacio intermedio sin ningún reflejo del cuerpo humano;  
al determinar la presencia de un objeto dieléctrico oculto si un retardo de fase en la señal registrada supera un  
umbral de fase, siendo el retardo causado por el paso del espacio intermedio con una constante dieléctrica  
40 aumentada.

5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además formar una imagen de rango  
óptico 3D de la persona interrogada (20), sincronizar la imagen de rango óptico 3D con una imagen de MO en 3D en  
el mismo punto en el tiempo, y superponer la imagen de rango óptico 3D con la primera imagen de MO en 3D,  
45 mejorando de este modo la precisión en la determinación de la presencia de objetos dieléctricos ocultos.

6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que los objetos ocultos son materiales explosivos o  
componentes de los mismos.

50 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que las fuentes de MO tienen un espectro que  
comprende frecuencias múltiples.

8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que las fuentes de MO escanean el área, formando  
de este modo imágenes.

55 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que se utilizan más de 100 fuentes de MO para  
formar imágenes en 3D.

60 10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que un procesador de señal digital (5), DSP,  
realiza un procesamiento coherente, que calcula las imágenes de MO en 3D, teniendo en cuenta la información de  
amplitud y la información de fase de los campos electromagnéticos reflejados desde una persona interrogada (20).

11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde el método se utiliza para descubrir bombas  
suicidas ocultas en una multitud de personas en movimiento.

65 12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en donde el método se utiliza para inspeccionar

simultáneamente al menos dos personas interrogadas (20, 21) .

13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que la persona interrogada (20, 21) se está moviendo a una velocidad de al menos 5 km/hora.

5 14. Un sistema para descubrir un objeto dieléctrico oculto en un área interrogada, que comprende:  
 al menos dos fuentes de microondas, MO (2) y al menos un receptor de MO (3, 4) que forman imágenes de MO en 3D del área interrogada;  
 10 en el que dichas imágenes de microondas en 3D se forman emitiendo señales de MO desde las fuentes de MO hacia una persona interrogada (20), donde cada señal de MO refleja parcialmente un primer límite entre el aire y un espacio intermedio y el resto de las señales de MO se desplazan a través del espacio intermedio, donde el resto de las señales de MO se refleja casi completamente en un segundo límite entre el espacio intermedio y el cuerpo humano de la persona interrogada (20), donde dicho receptor de MO recibe las señales reflejadas de dichos primero y segundo límites;  
 15 un ordenador/una calculadora (5) para determinar al menos dos trayectorias ópticas, P1 y P2, entre al menos dos conjuntos de dos puntos, donde  $P1 = (A2-A1)$  y  $P2 = (B2-B1)$ ; en donde A1 es un punto de un primer haz de MO reflejado desde el primer límite, y A2 es un punto del mismo primer haz de MO reflejado desde el segundo límite, en donde B1 es un punto de un segundo haz de MO reflejado desde el primer límite, y B2 es un punto del mismo segundo haz de MO reflejado desde el segundo límite, en donde la trayectoria óptica es una trayectoria de radiación de microondas en un medio de espacio intermedio;  
 20 y una alarma para señalar la probabilidad de un objeto dieléctrico oculto entre el primer y segundo límites si la diferencia entre P1 y P2 es mayor que un valor de umbral debido a una constante dieléctrica aumentada en el espacio intermedio entre los puntos B2 y B1.

25 15. El sistema según la reivindicación 14, que comprende además:  
 al menos dos cámaras (7 y 8) que graban imágenes ópticas de la persona interrogada (20) y forman una imagen de rango óptico 3D de la persona interrogada (20),  
 30 y un ordenador (5) para la sincronización en tiempo y la superposición en el espacio digital de la imagen de rango óptico 3D con la imagen de MO en 3D se refleja en un primer límite, mejorando de este modo la precisión de la determinación de la primera posición de límite y la detección avanzada de objetos ocultos.

35 16. El sistema según las reivindicaciones 14 o 15, que comprende además:  
 un receptor de MO adicional que registra una señal de MO que se desplaza a través del espacio intermedio sin reflejo;  
 y la alarma que señala una probabilidad del objeto dieléctrico oculto entre el primer y el segundo límites, si el receptor adicional ha registrado un retardo de fase de una señal de MO entrante que pasa a través del espacio intermedio; el retardo causado por la presencia de un objeto con la constante dieléctrica aumentada en el espacio intermedio.

40 17. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14-16, en el que los objetos ocultos son materiales explosivos o componentes de los mismos.

45

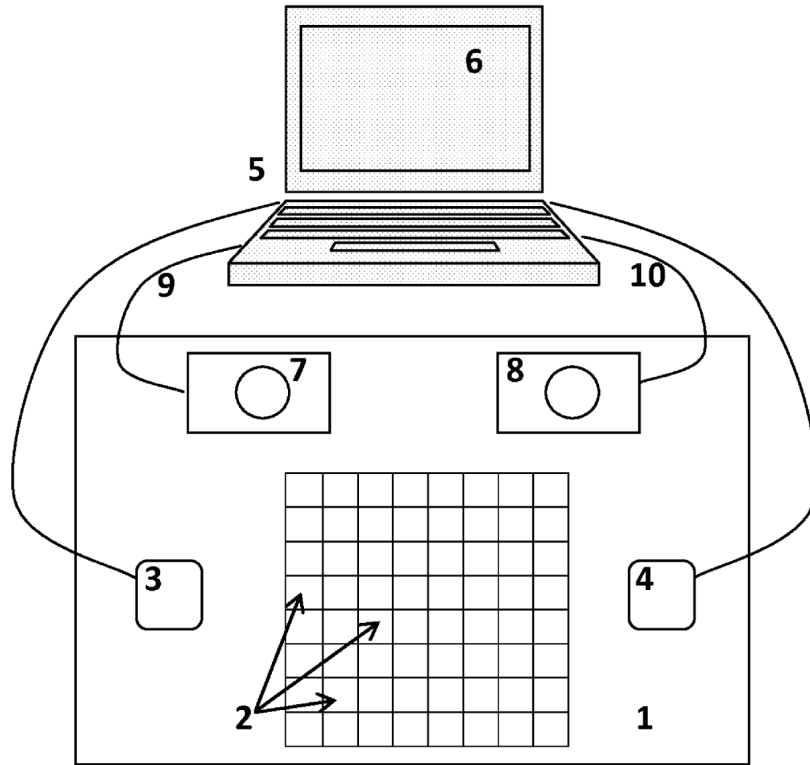


Fig. 1

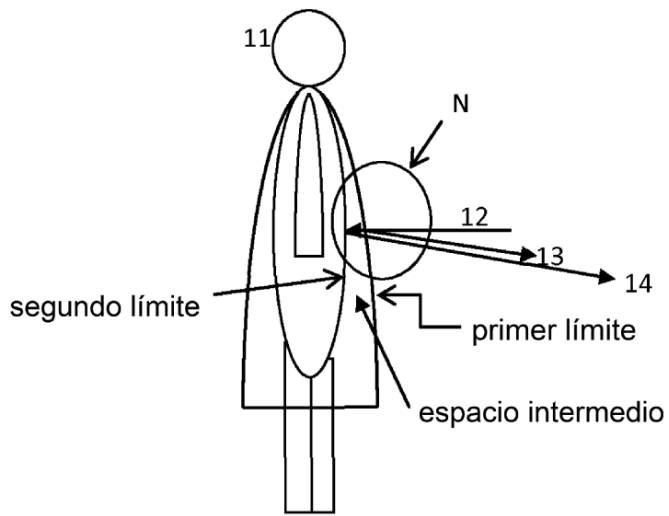


Fig. 2

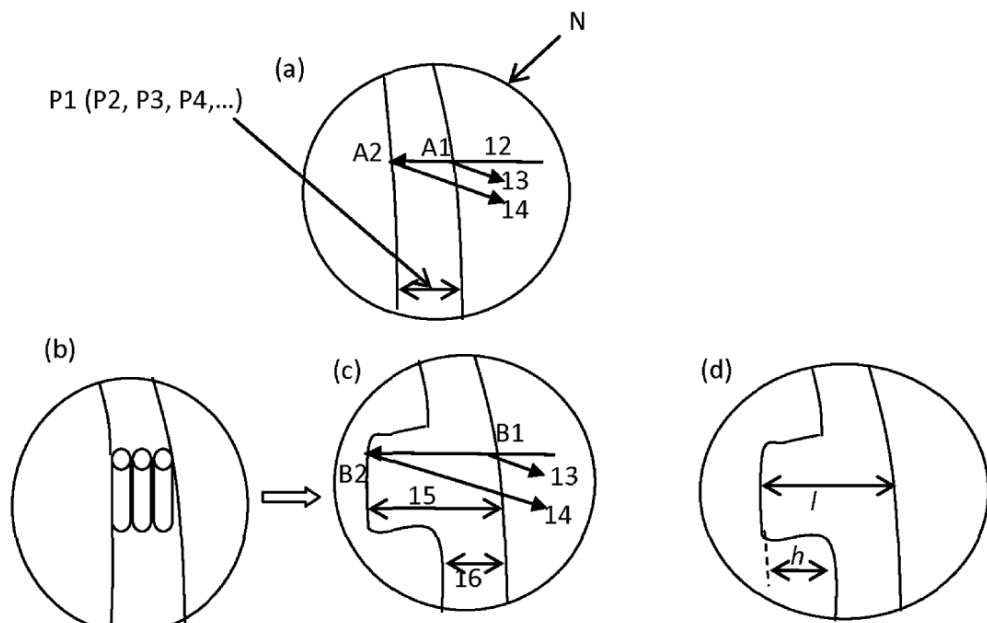


Fig. 3

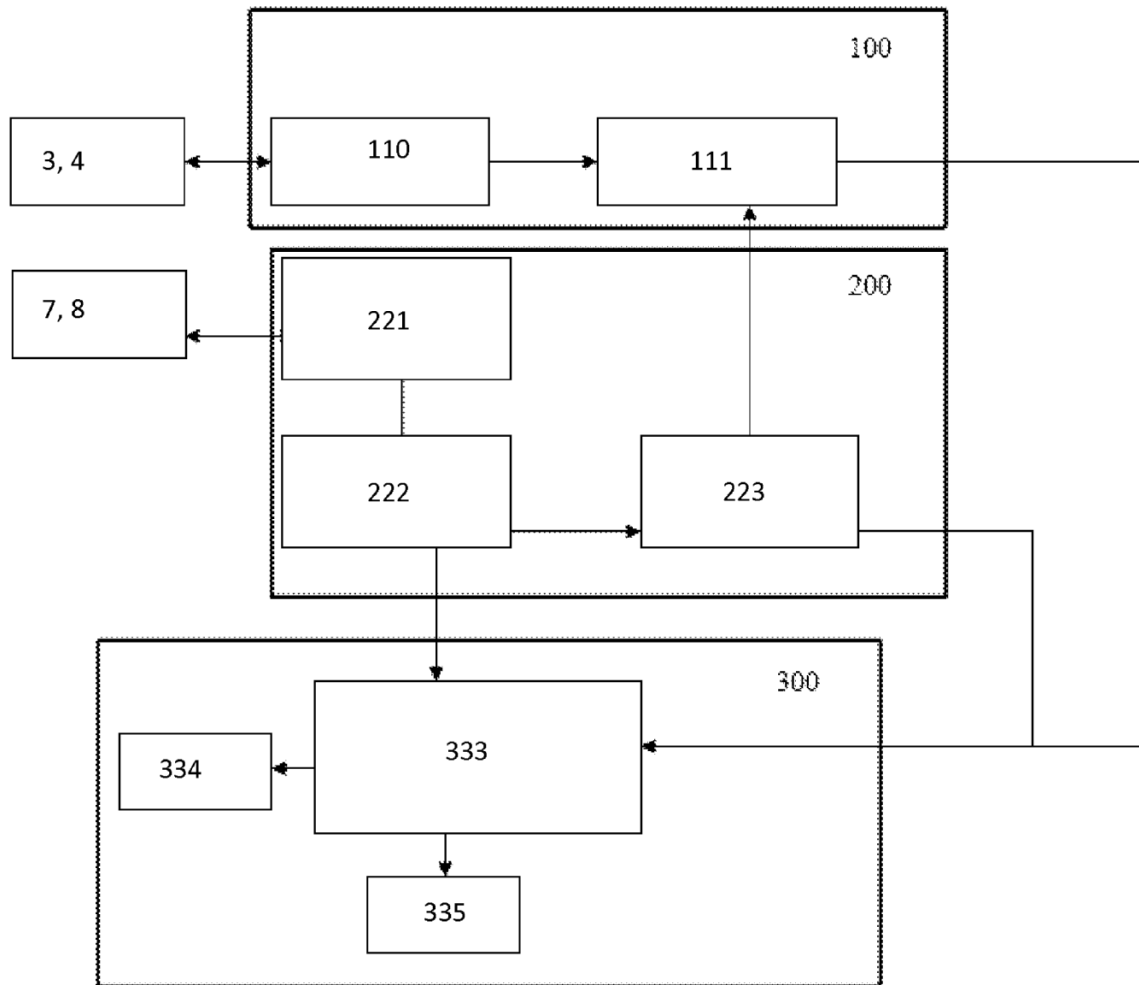


Fig. 4



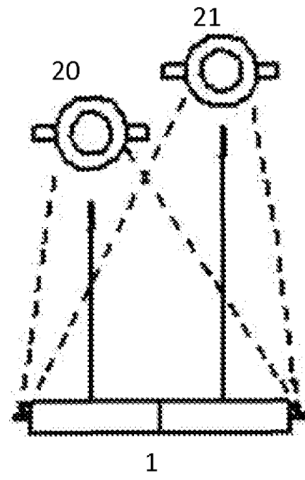


Fig. 5

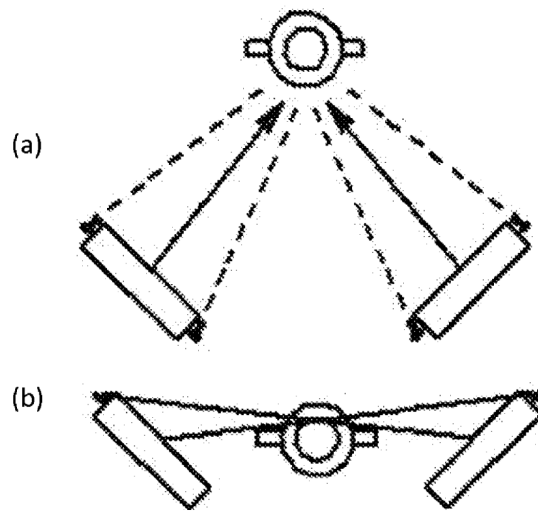


Fig. 6

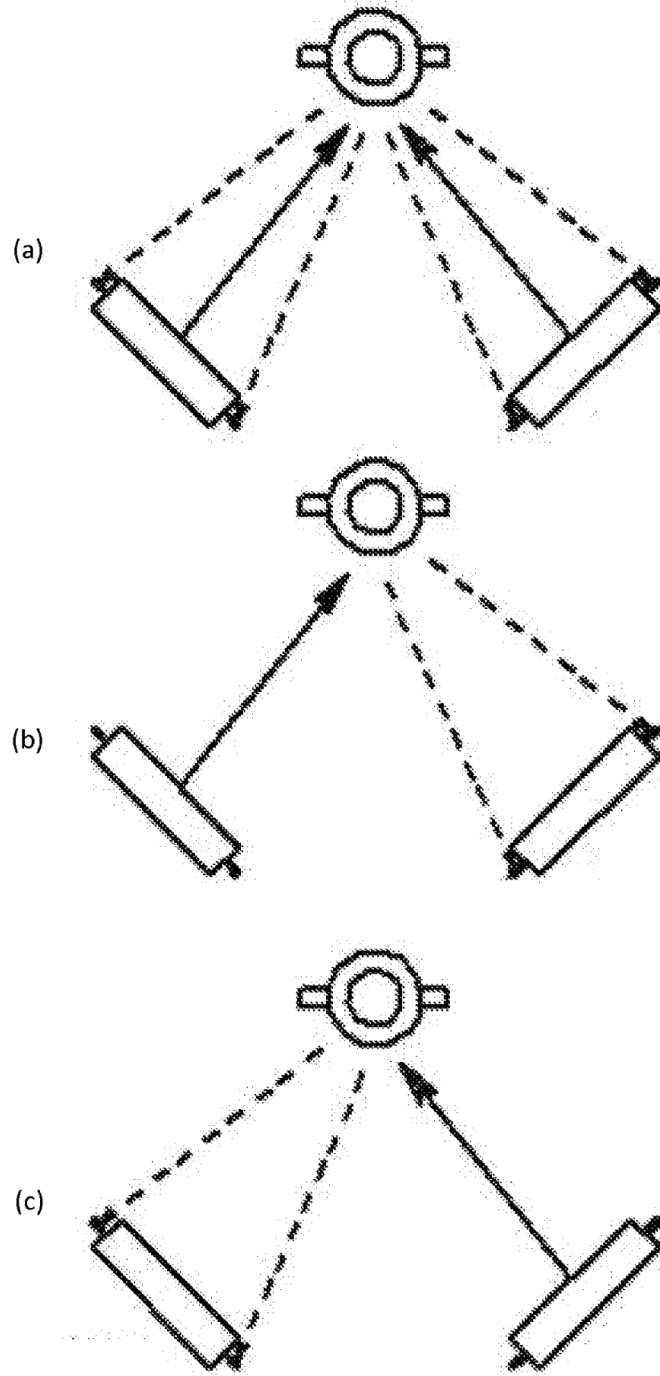


Fig. 7

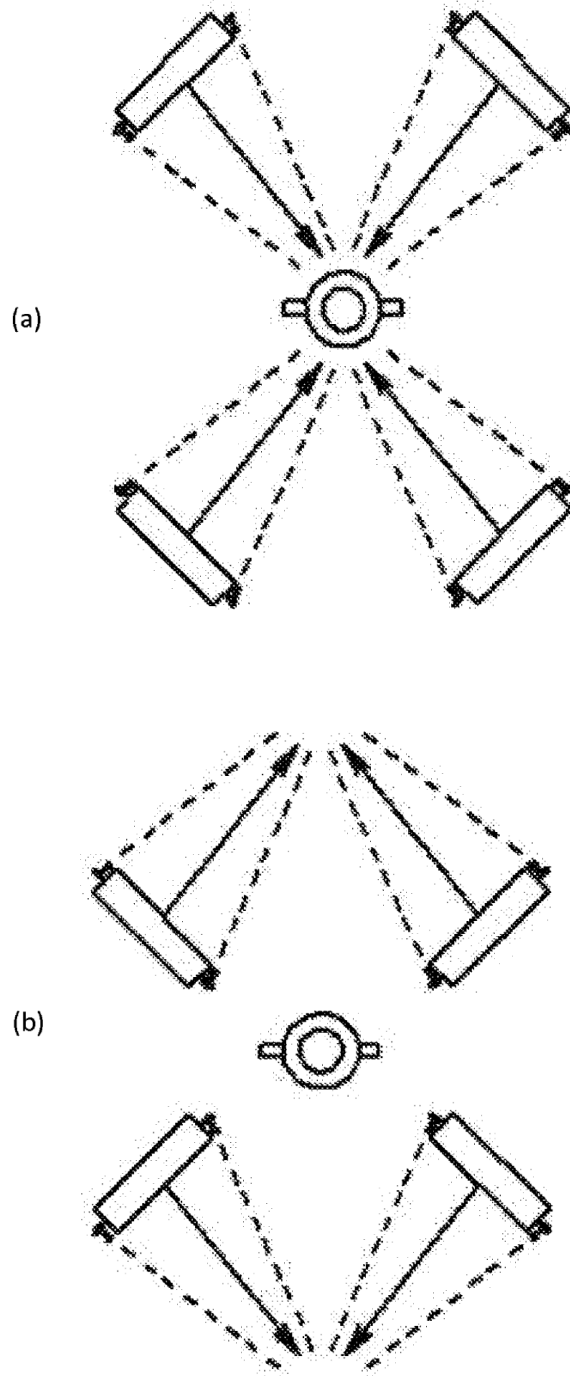


Fig. 8

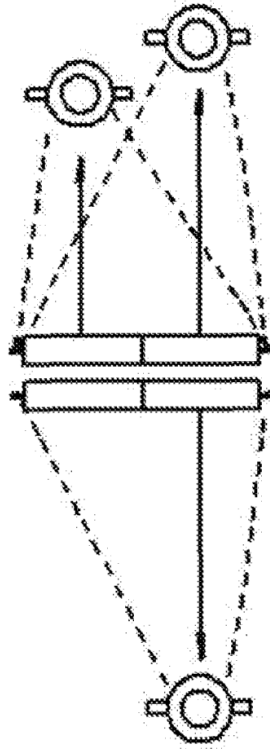


Fig. 9

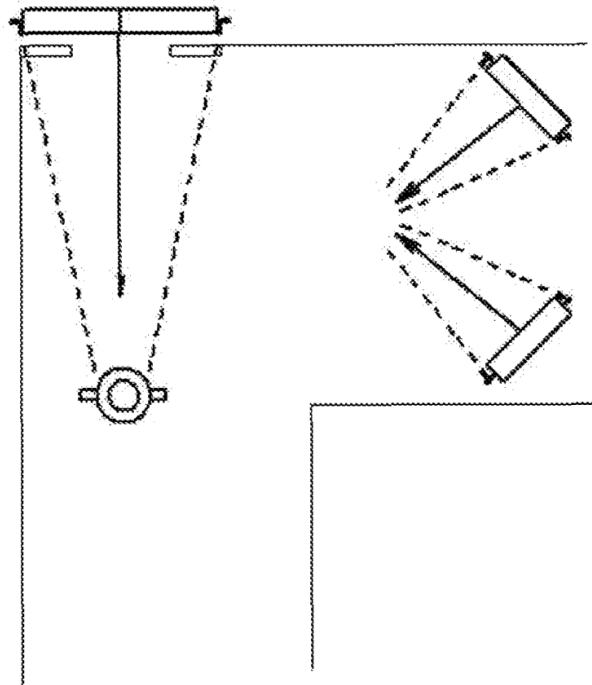


Fig.10

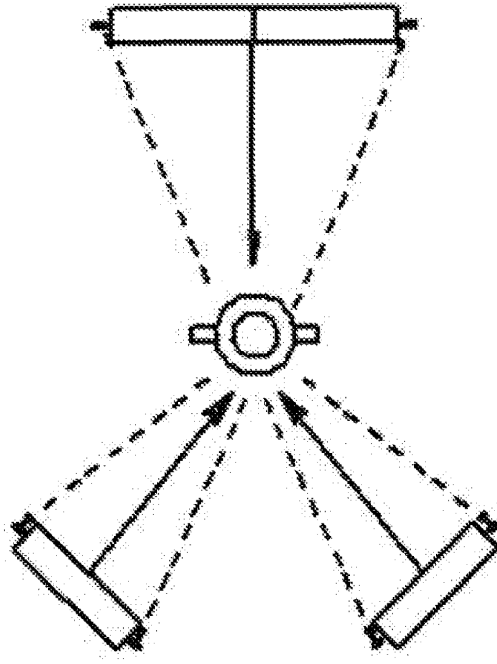


Fig. 11