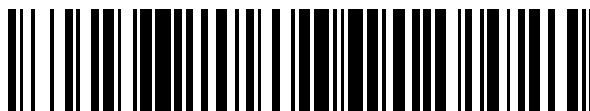


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 601**

51 Int. Cl.:

G01S 7/41 (2006.01)

G01S 13/89 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

G01V 8/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2011 PCT/EP2011/069454**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012 WO12167847**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2011 E 11784969 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2718740**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar**

30 Prioridad:

08.06.2011 DE 102011103643
01.07.2011 DE 102011078539

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2017

73 Titular/es:

ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG (100.0%)
Mühldorfstrasse 15
81671 München, DE

72 Inventor/es:

AHMED, SHERIF y
EVERS, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 638 601 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

Procedimiento y dispositivo para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar

- 5 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar con una señal electromagnética de microondas.

Para la detección de objetos de material no metálico se desarrollan sistemas con microondas y ondas milimétricas. Mientras que las ondas milimétricas no se reflejan en el aire o por debajo de una envoltura de un objeto a controlar o solo se reflejan poco, en objetos metálicos, así como en objetos con un elevado contenido de agua, como por ejemplo la piel humana y el tejido humano tiene lugar una reflexión casi total.

- 10 Por el documento DE 10 2009 040 450 A1 se conoce un procedimiento para la detección de un objeto dieléctrico cubierto. Se genera una señal de microondas con un ancho de banda determinado y se emite mediante antenas de emisión en dirección al objeto a controlar, por ejemplo un cuerpo humano cuya ropa cubre un objeto buscado. Estas señales de microondas se reflejan en el cuerpo humano como en objetos ocultos bajo la ropa y son recibidos en varias antenas de recepción correspondientes. La focalización de la radiación de microondas recibida en el contorno tridimensional del objeto a controlar se consigue mediante una focalización sintética, p.ej. en el lado del emisor mediante un algoritmo de conformación digital de haz y/o mediante una focalización en el lado del receptor mediante medición del valor y de la fase de las ondas milimétricas reflejadas.

- 15 El documento US 2011/0043403 A1 describe un aparato para la obtención de una imagen de un objeto con ayuda de radiación electromagnética. Para que un objeto pueda explorarse de la forma más completa posible, se usa un espejo cóncavo con superficie parabólica e hiperbólica, estando dispuesta la disposición de antenas en el primer foco o en la línea focal de este espejo. A continuación, la disposición de antenas emite los rayos electromagnéticos al espejo, mediante el cual los mismos se focalizan a su vez en un segundo foco o en una línea focal, en el o en la que está posicionado el objeto a controlar. Las antenas propiamente dichas están dispuestas aquí de forma giratoria, de modo que se desplaza el segundo foco o la segunda línea focal, por lo que puede explorarse por completo el lado del objeto a controlar orientado hacia el aparato.

- 20 El documento EP 2 204 671 A1 muestra un reflector plano. No obstante, en este no tiene lugar una focalización sintética. Por el contrario, el reflector se usa para obtener un segundo ángulo de visión de un objeto a controlar, que es diferente al primero. A continuación, estos ángulos de visión se unen uno tras otro.

- 25 Por el documento US 2011/0102233 A1 se conoce otro sistema generador de imágenes con ondas milimétricas.

- Una imagen de objetos altamente reflectantes de este tipo presenta en caso de una irradiación con radiación de microondas de corto alcance una iluminación reducida de las zonas marginales por la fuerte reflexión de la radiación en una superficie lisa. Por lo tanto, está limitada la zona visible de un objeto a controlar en una imagen. Esto se consigue habitualmente mediante un aumento de la abertura de emisión/recepción, es decir, un aumento del tamaño de la superficie en la que están dispuestas las antenas de emisión y de recepción. No obstante, una disposición de antenas de una superficie tan grande va unida a costes elevados y permite solo un aumento limitado de la zona visible e iluminada del objeto a controlar.

- 30 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de crear un procedimiento así como un dispositivo que permita una ampliación significativa de la iluminación de un objeto a controlar sin aumento costoso del tamaño de la instalación de emisión/recepción y que, por lo tanto, sea económico.

- 35 El objetivo se consigue mediante el procedimiento según la reivindicación 1 y el dispositivo según la reivindicación 10. En las reivindicaciones subordinadas están representadas variantes ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención o del dispositivo de acuerdo con la invención.

- En el procedimiento de acuerdo con la invención para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar, un objeto a controlar se ilumina con una señal electromagnética de microondas, que es emitida por una antena de emisión. La señal de microondas reflejada por el objeto a controlar es recibida por al menos una antena de recepción. Gracias a la focalización sintética de la señal de microondas reflejada se reconstruye una imagen del objeto a controlar. De acuerdo con la invención, al menos un elemento reflector queda dispuesto orientado hacia el objeto a controlar.

- 40 Las señales de microondas reflejadas por el elemento reflector y el objeto a controlar son recibidas en cada antena de recepción y se usan para la reconstrucción de la imagen del objeto a controlar adicionalmente a los rayos de microondas que llegan de una antena de emisión sin reflexión en el elemento reflector al objeto a controlar y que son recibidos por la antena de recepción sin reflexión en el elemento reflector.

- 45 Un elemento reflector, que está realizado por ejemplo como disposición metálica o que presenta una superficie metalizada, en la que las señales de microondas se reflejan fuertemente, puede obtenerse de forma económica y

puede ser orientado de forma sencilla y dado el caso de forma variable hacia el objeto a controlar. Gracias al elemento reflector se usa una parte considerablemente más grande de las señales emitidas para la reconstrucción.

Además, es ventajoso usar para la focalización sintética aquellas señales de microondas que son emitidas por una antena de emisión, que son reflejadas a continuación por el elemento reflector sobre el objeto a controlar y que son reflejadas por el objeto a controlar a una antena de recepción y/o usar aquellas señales de microondas que son emitidas por una antena de emisión, son reflejadas por el objeto a controlar en dirección al elemento reflector y que son reflejadas por el elemento reflector a una antena de recepción y/o usar aquellas señales de microondas que son emitidas por una antena de emisión, reflejadas a continuación por un elemento reflector sobre el objeto a controlar, reflejadas por el objeto a controlar hacia el elemento reflector y reflejadas desde allí hacia una antena de recepción.

Por lo tanto se usan todas las señales que son reflejadas hasta tres veces en su trayectoria a la antena de recepción para la focalización sintética y, por lo tanto, para la reconstrucción de una imagen del objeto a controlar. Aquí es ventajoso, en particular, que la parte añadida de las señales ofrece informaciones acerca de zonas de superficie anteriormente no iluminadas del objeto a controlar, por lo que es posible la reconstrucción de la imagen de estas zonas de la superficie.

También es ventajoso que se determine una posición virtual de la antena de emisión por reflexión de la posición real de la antena de emisión en el elemento reflector y se determine una posición virtual de la antena de recepción por reflexión de la posición real de la antena de recepción en el elemento reflector. Una posición virtual de este tipo de la antena de emisión o recepción simplifica considerablemente un algoritmo para la focalización sintética de las señales. El término para el cálculo de la imagen puede mantenerse sin variaciones, ampliándose solo el número y la posición de las antenas de emisión o recepción.

También es ventajoso que se asignen en la focalización sintética de respectivamente una antena de emisión virtual y una antena de recepción real o de respectivamente una antena de emisión real y una antena de recepción real solo las señales de microondas recibidas en la al menos una antena de recepción, que se reciben en una primera ventana de tiempo, cuyos límites están formados por el tiempo de propagación mínimo o máximo de una señal de microondas que es reflejada por una antena de emisión virtual a través del objeto a controlar a una antena de recepción real o por una antena de emisión real a través del objeto a controlar a una antena de recepción virtual. De este modo se hace una preselección de las señales de microondas recibidas, que pueden ser emitidas o recibidas por una antena de emisión virtual o una antena de recepción virtual. Por lo tanto, se acorta el tiempo de cálculo para la evaluación de las señales de microondas recibidas y se reduce la aparición de artefactos o componentes perturbadores en la imagen.

De forma ventajosa, las señales de microondas recibidas en las antenas de recepción, que se reciben en una segunda ventana de tiempo, se asignan en la focalización sintética a una antena de emisión real o a una antena de recepción real, estando formados los límites de la segunda ventana de tiempo por el tiempo de propagación mínimo o máximo de una señal de microondas, que es reflejada por una antena de emisión real a través de un objeto a controlar virtual reflejado en el elemento reflector a una antena de emisión real. Gracias a esta preselección de las señales de microondas recibidas, que son reflejadas por un objeto a controlar virtual reflejado, también se acorta el tiempo de cálculo para la focalización sintética y se evitan artefactos en la imagen.

También es ventajoso que la posición determinada del objeto a controlar virtual sea asignada por reflexión en el elemento reflector a una posición real del objeto a controlar. Gracias a esta operación sencilla se determina otra zona del objeto a controlar en su posición real. Mediante imágenes que se han determinado a partir de las señales de microondas en la primera y segunda ventana de tiempo se representa una zona claramente ampliada del objeto a controlar. Por lo tanto, gracias al uso de las señales de microondas reflejadas en el elemento reflector pueden detectarse objetos ocultos en una zona anteriormente no representada del objeto a controlar.

También es ventajoso solicitar las señales de microondas que se reciben en la primera y segunda ventana de tiempo con un factor de ponderación, que compensa el debilitamiento de la señal de microondas en la reflexión en el elemento reflector y el debilitamiento de la señal de microondas por un aumento del tiempo de propagación en el aire. Por lo tanto, se adapta la imagen del objeto a controlar por el elemento reflector en su representación, p.ej. su luminosidad, a la imagen del objeto a controlar por las señales de microondas no reflejadas en el elemento reflector.

De forma ventajosa se posicionan varios elementos reflectores de forma orientada hacia el objeto a controlar y las señales de microondas reflejadas respectivamente por un elemento reflector y por el objeto a controlar y/o reflejadas por varios elementos reflectores y el objeto a controlar se reciben en una antena de recepción y se usan para la reconstrucción de la imagen del objeto a controlar. Un primer elemento reflector puede estar posicionado por ejemplo de forma orientada lateralmente hacia el objeto a controlar y un segundo elemento reflector puede posicionarse por encima del objeto a controlar, de modo que se iluminan diferentes zonas de superficie del objeto a controlar mediante diferentes elementos reflectores y las señales de microondas reflejadas pueden servir para la reconstrucción de la imagen. De este modo, una imagen del objeto a controlar puede ampliarse a la vez añadiendo varias zonas con una única medición.

Es ventajoso que estén dispuestos varios elementos reflectores a una distancia respectivamente diferente del objeto a controlar, de modo que no coinciden los tiempos de propagación de las señales de microondas reflejadas por diferentes elementos reflectores y que pueden usarse respectivamente para la reconstrucción de la imagen. Esto permite una preselección de las señales de microondas recibidas en una ventana de tiempo según los procedimientos anteriormente descritos.

También es ventajoso que el elemento reflector comprenda al menos tres zonas separadas una de la otra, que presentan respectivamente una superficie de reflexión difusa, determinándose a partir de la radiación de microondas reflejada por estas zonas la posición y la distancia del elemento reflector. Por lo tanto, puede determinarse la posición y la distancia del elemento reflector mediante el mismo algoritmo que se usa para la reconstrucción de una imagen del objeto a controlar, por lo que puede calibrarse la disposición. Si el elemento reflector se desplaza por ejemplo entre dos mediciones, puede determinarse automáticamente la nueva posición y distancia del elemento reflector y usarse en el cálculo para la focalización sintética.

Un dispositivo de acuerdo con la invención para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar según el procedimiento anteriormente indicado comprende al menos una antena de emisión, que emite una señal electromagnética de microondas en dirección a un objeto a controlar, al menos una antena de recepción, que recibe la señal de microondas reflejada por el objeto a controlar y una unidad de procesamiento, que reconstruye mediante focalización sintética una imagen del objeto a controlar a partir de la señal de microondas reflejada. De acuerdo con la invención, al menos un elemento reflector está dispuesto de forma orientada hacia el objeto a controlar.

Es ventajoso que pueda cambiarse la posición del elemento reflector. De este modo pueden realizarse por ejemplo mediciones sucesivas con una posición diferente del elemento reflector y, por lo tanto, pueden iluminarse y representarse en cada medición diferentes zonas de la superficie del objeto a controlar.

De la misma forma es ventajoso que estén dispuestos varios elementos reflectores de forma orientada hacia el objeto a controlar. En particular, los varios elementos reflectores se posicionan en diferentes lados de forma orientada hacia el objeto a controlar y permiten por lo tanto diferentes perspectivas del objeto a controlar y la imagen del mismo con una sola radiación.

Es ventajoso que la al menos una antena de emisión y la al menos una antena de recepción estén realizadas como agrupación de antenas multiestática activa. La señal de microondas emitida por al menos una antena de emisión es recibida por al menos una antena de recepción y se detecta el valor y la posición de fase de la señal recibida. La antena de emisión y la antena de recepción están dispuestas aquí en diferentes posiciones en el espacio.

En los dibujos están representados a título de ejemplo unos ejemplos de realización del procedimiento de acuerdo con la invención y del dispositivo de acuerdo con la invención, que se explicarán más detalladamente en la descripción expuesta a continuación. Muestran:

La Figura 1 una vista en planta desde arriba de una disposición de antenas de emisión y antenas de recepción, que puede usarse para el procedimiento de acuerdo con la invención o el dispositivo de acuerdo con la invención.

La Figura 2 una representación esquemática de un primer ejemplo de realización de un dispositivo de acuerdo con la invención con una señal de microondas que corresponde a un grupo cero de señales de microondas, que se reciben sin reflexión en el elemento reflector.

La Figura 3 una representación esquemática del primer ejemplo de realización de un dispositivo de acuerdo con la invención según la Figura 2 con una señal de microondas que corresponde a un primer grupo de señales de microondas.

La Figura 4 una representación esquemática del primer ejemplo de realización según la Figura 2 con una señal de microondas que corresponde a un segundo grupo de señales de microondas.

La Figura 5 una representación esquemática del primer ejemplo de realización según la Figura 2 con una señal de microondas que corresponde a un tercer grupo de señales de microondas.

La Figura 6 una representación esquemática de un ejemplo de acuerdo con la invención de una señal recibida dividida en ventanas de tiempo.

La Figura 7 una representación esquemática de un ejemplo de realización de acuerdo con la invención de un dispositivo según la Figura 2 con un objeto a controlar con zonas ampliadas de la imagen.

La Figura 8 una representación esquemática de un segundo ejemplo de realización de un dispositivo de acuerdo con la invención con dos elementos reflectores.

La Figura 9 una vista lateral de un primer ejemplo de realización de un elemento reflector de acuerdo con la

invención.

La Figura 10 una vista en perspectiva de un segundo ejemplo de realización de un elemento reflector de acuerdo con la invención.

La Figura 11 un diagrama de flujo del procedimiento de acuerdo con la invención.

La Figura 12 una imagen a título de ejemplo de un cuerpo humano según el procedimiento de acuerdo con la invención.

En la Figura 1 está representada a título de ejemplo una disposición de antenas de emisión $5_1, 5_2, \dots 5_n$ y de antenas de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$ en una agrupación de antenas 13 bidimensional, que puede usarse para la iluminación de un objeto a medir 9 con señales de microondas. La señal de microondas generada en un analizador de redes 1 se alimenta mediante la línea de conexión 2 a un divisor de señal no representado, que divide la señal de microondas en señales de microondas parciales idénticas y las alimenta mediante respectivamente una línea de conexión $2_1, 2_2, \dots 2_n$ a una subunidad de focalización $4_1, 4_2, \dots 4_n$ del lado del emisor que pertenece a la señal de microondas correspondiente de la unidad de focalización 3. En las diferentes subunidades de focalización $4_1, 4_2, \dots 4_n$ del lado del emisor se procesa la señal de microondas parcial correspondiente por software, por ejemplo con un algoritmo de conformación digital de haz hasta tal punto que la señal de microondas parcial correspondiente se focaliza en el punto del espacio a explorar respectivamente facilitándose desplazamientos de fase correspondientes en antenas de emisión $5_1, 5_2, \dots 5_n$ dispuestas a continuación de la unidad de focalización 3, por ejemplo antenas de trompeta. Las señales de microondas parciales proyectadas en un objeto a controlar 9, por ejemplo un cuerpo humano, son reflejadas en el objeto a controlar 9, así como en los objetos 11 ocultos, escondidos en la ropa 10 indicada con línea de trazo interrumpido.

Las señales de microondas respectivamente reflejadas son recibidas en antenas de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$ correspondientes y se alimentan a subunidades de focalización $7_1, 7_2, \dots 7_n$ del lado del receptor dispuestas a continuación del dispositivo de focalización 3. Mediante la línea de conexión $12_1, 12_2, \dots 12_n$ se alimentan las señales de microondas parciales recibidas a diferentes puertos de un analizador multipuertos vectorial 1. Allí se detectan los valores y las fases de las diferentes señales de microondas parciales según la distancia correspondiente del punto del espacio a focalizar de la antena de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$ correspondiente. En lugar de n antenas de emisión $5_1, 5_2, \dots 5_n$ como alternativa también puede usarse un número reducido de antenas de emisión. También puede usarse solo una única antena de emisión sin focalización del lado del emisor. También puede variarse el número de antenas de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$ según la calidad de focalización del lado del receptor deseada. La focalización del lado del emisor y/o del lado del receptor tiene lugar solo por cálculo en un dispositivo de procesamiento 3 y se denomina focalización sintética.

No tiene lugar una focalización mediante componentes ópticos, como p.ej. lentes.

En el dispositivo de acuerdo con la invención o en el procedimiento de acuerdo con la invención se hace funcionar una disposición de antenas 14, como la agrupación de antenas 13 representada a título de ejemplo, en un modo biestático o multiestático. En el modo biestático, una antena de emisión emite una señal de microondas, que es recibida por una antena de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$ separada en el espacio de la antena de emisión $5_1, 5_2, \dots 5_n$. En el modo multiestático, varias antenas de emisión $5_1, 5_2, \dots 5_n$ emiten señales de microondas, siendo recibida la señal reflejada de cada antena de emisión por respectivamente una pluralidad de antenas de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$.

La disposición de antenas 14 trabaja en el campo cercano, es decir, la distancia entre la disposición de antenas 14 y el objeto a controlar 9 solo es un múltiplo de un número reducido de las dimensiones de la disposición de antenas 14.

Para la focalización sintética de la señal de microondas recibida puede usarse por ejemplo un algoritmo de retropropagación según la siguiente ecuación:

$$R(x, y, z) = \sum_{f=1}^{n_F} \sum_{t_x=1}^{n_T} \sum_{r_x=1}^{n_R} M(f, t_x, r_x) \cdot e^{+j \frac{2\pi}{c_0} f |\vec{r}_{\text{voxel}} - \vec{r}_{t_x}|} \cdot e^{+j \frac{2\pi}{c_0} f |\vec{r}_{r_x} - \vec{r}_{\text{voxel}}|}$$

M se refiere a la señal de microondas recibida, t_x y r_x se refieren a la posición de una antena de emisión $5_1, 5_2, \dots 5_n$ y una antena de recepción $6_1, 6_2, \dots 6_n$ de la disposición de antenas 14. De este modo se asigna un valor de reflexión R a cada punto de objeto (x, y, z) en el espacio tridimensional. Para aumentar la precisión de los datos, puede realizarse una medición con diferentes frecuencias f. El valor de reflexión R se suma adicionalmente en todas las frecuencias presentes. No obstante, esta invención no está limitada a este algoritmo de focalización.

La Figura 2 muestra un primer ejemplo de realización de un dispositivo 20 para la ampliación de la iluminación de un

objeto a controlar 9. Una disposición de antenas 14 con al menos una antena de emisión 5 y al menos una antena de recepción 6 está dispuesta a una distancia del objeto a controlar 9 que no es sustancialmente más grande que las extensiones de la disposición de antenas 14. Un elemento reflector 21 está dispuesto ahora adicionalmente de forma orientada hacia el objeto a controlar 9. El elemento reflector 21 presenta preferentemente una superficie metalizada, en la que tiene lugar una reflexión total de las señales de microondas. El elemento reflector 21 puede estar realizado como superficie bidimensional plana. No obstante, el elemento reflector 21 también puede presentar una superficie de forma cilíndrica, véase la Figura 10, o una superficie de otra forma.

El objeto a controlar 9 se ilumina con una señal de microondas 15 electromagnética, que es emitida por una antena de emisión 5 de la disposición de antenas 14. La señal de microondas 16 reflejada por el objeto a controlar 9 es recibida por una antena de recepción de la disposición de antenas 14. Una señal de microondas de este tipo, que es reflejada por el objeto a controlar 9 sin una reflexión en el elemento reflector 21 y que es recibida por una antena de recepción 6 de la disposición de antenas 14 se denominará en lo sucesivo señal de microondas 37 directamente reflejada o señal de microondas de un grupo cero.

El dispositivo 20 comprende además un dispositivo de procesamiento 3, que está conectado con la disposición de antenas 14. La unidad de procesamiento 3 recibe de la disposición de antenas 14 las señales de microondas recibidas y reconstruye a partir de estas una imagen del objeto a controlar 9 mediante la focalización sintética ya descrita.

Con ayuda de las Figuras 3 a 7 se describen ahora los rayos de microondas y sus trayectorias de propagación, que son reflejados por el elemento reflector 21 y se usan para la reconstrucción del objeto a controlar 9.

La Figura 3 representa la trayectoria de rayos de un primer grupo de señales, 34, que se usan para la focalización sintética del objeto a controlar 9, en la que una señal de microondas 15 emitida por una antena de emisión 5 es reflejada por el objeto a controlar 9 en dirección al elemento reflector 21 como señal de microondas 16 y es recibida posteriormente del elemento reflector 21 como señal de microondas 16' por una antena de recepción 6 de la disposición de antenas 14. La señal 16 y 16' corresponde aquí a una señal de microondas, que en caso de una propagación en línea recta sería recibida por una antena de recepción 6' de una disposición virtual de antenas de recepción 25. La posición de la antena de recepción virtual 6' corresponde a la posición real de la antena de recepción 6 reflejada en el eje de reflexión 26.

En la Figura 4 está representada a título de ejemplo una señal de microondas 35 de un segundo grupo de señales, que se usan para la focalización sintética del objeto a controlar 9. Aquí, una señal de microondas 15 emitida por una antena de emisión 5 llega en primer lugar a un elemento reflector 21 y es reflejada desde allí como señal de microondas 15' reflejada hacia el objeto a controlar 9. La señal 16 reflejada por el objeto a controlar 9 es recibida por una antena de recepción 6 de la disposición real de antenas de emisión y antenas de recepción. La trayectoria de propagación de la señal de microondas 15' emitida corresponde en caso de una propagación en línea recta, en la que la señal no es reflejada por el elemento reflector 21, a la señal 15 indicada como línea punteada, que es emitida por una antena de emisión virtual 5' de una disposición virtual de antenas de emisión 24. La posición de la antena de emisión virtual 5' resulta de la posición de la antena de emisión real 5, que está reflejada en el eje de reflexión 26 prolongado del elemento reflector 21.

La Figura 5 muestra un tercer grupo de señales 36, que por la disposición del elemento reflector 21 es usado adicionalmente a las señales de microondas directamente reflejadas para la focalización sintética y, por lo tanto, para la reconstrucción de una imagen del objeto a controlar 9. Para ello, la señal de microondas 15 es emitida por una antena de emisión 5 de la disposición real de antenas de emisión y de recepción 14 y es reflejada por el elemento reflector 21 sobre el objeto a controlar 9. La señal 16 reflejada por el objeto a controlar 9 vuelve a llegar al elemento reflector 21 y es reflejada allí y recibida como señal 16' en la antena de recepción real 6 de la disposición de antenas 14. La trayectoria de propagación de la señal 15, 16', 16, 16' emitida o recibida corresponde en caso de un seguimiento en línea recta de las señales reflejadas a un objeto a controlar virtual 22. El punto del espacio 23 del objeto a controlar virtual 22 corresponde aquí al punto del espacio 19 del objeto a controlar real 9, que ha sido reflejado en el eje de reflexión 26.

La Figura 6 muestra las señales de microondas recibidas por la disposición real de antenas de emisión y de recepción 14. De estas se ha detectado el valor y la fase recibida, como ya se ha descrito anteriormente. Mediante una transformada de Fourier, la señal se transforma del dominio de frecuencia al dominio de tiempo. La señal de microondas recibida está representada, por lo tanto, según su tiempo de propagación. Las señales de microondas 37 directamente reflejadas tienen la trayectoria de propagación más corta y llegan por lo tanto en una primera ventana de tiempo 31 a la instalación de antenas 14. Las señales de microondas del primero y del segundo grupo de señales de microondas según la Figura 3 o la Figura 4 recorren una trayectoria de propagación más larga y llegan por lo tanto en una segunda ventana de tiempo 32 a la instalación de antenas 14. Los límites t_3 , t_4 de la primera ventana de tiempo 32 están formados por un tiempo de propagación mínimo o máximo de una señal de microondas, que es reflejada por una antena de emisión virtual de la disposición virtual de antenas de emisión 24 a través del objeto a controlar 9 a una antena de recepción real 14 o por una antena de emisión real 14 a través del objeto a controlar a una antena de recepción virtual de una disposición virtual de antenas de recepción 25.

Los límites t_5 , t_6 de la segunda ventana de tiempo 33 están formados de forma similar por el tiempo de propagación mínimo o máximo de una señal de microondas que es reflejada por una antena de emisión real a través del objeto a controlar virtual 22 a una antena de recepción real en la disposición real de antenas de emisión y de recepción 14. Los límites t_1 , t_2 de la ventana de tiempo cero 31 se determinan de la misma forma mediante un tiempo de propagación mínimo o máximo de la señal de microondas directamente reflejada por el objeto a controlar 9.

En la focalización sintética posterior, las señales de microondas $M(t)$ del grupo cero 37, es decir, las señales de microondas de la ventana de tiempo cero 31, se asignan a la posición real de la antena de emisión y de la antena de recepción real. Para la evaluación de las señales de microondas $M(t)$ del primer grupo 34 y del segundo grupo 35, que están dispuestas las dos en la primera ventana de tiempo 32, se usa la posición de la antena de emisión real 14 y la posición de la antena de recepción virtual 25 o la posición de la antena de emisión virtual 24 y la posición de la antena de recepción real 14.

Para la evaluación de las señales de microondas $M(t)$ del tercer grupo 36, que están dispuestas en la segunda ventana de tiempo 33, se usa la posición de la disposición real de antenas de emisión 14 y la disposición real de antenas de recepción 14. No obstante, los puntos de imagen resultantes corresponden a un objeto a controlar virtual 22 reflejado en el elemento reflector 21. Para una representación más clara del objeto a controlar, el objeto a controlar virtual 22 se vuelve a transformar mediante reflexión en una imagen del objeto a controlar real 9 y se superpone con las imágenes que resultan de las señales de microondas de la ventana de tiempo cero y de la primera ventana de tiempo 31, 32. Puesto que las señales de microondas recibidas de la primera y la segunda ventana de tiempo quedan debilitadas por pérdidas por la reflexión en el elemento reflector y el tiempo de propagación más largo en el aire en comparación con la señal de microondas directamente reflejada, estas se ponderan de forma ventajosa mediante un factor de ponderación, que compensa este debilitamiento.

La Figura 7 muestra el objeto a controlar 9 junto con la disposición de antenas 14 y el elemento reflector 21. La zona 61 identificada con una línea gruesa de trazo continuo se genera como imagen de señales de microondas de la ventana de tiempo cero 31. La zona 62 marcada con una línea gruesa de trazo interrumpido puede estar representada ahora mediante la evaluación de las señales de microondas de la primera ventana de tiempo 32 adicionalmente a la imagen 61. La zona 63 marcada con una línea punteada en negrita se determina mediante la focalización sintética de las señales de microondas de la tercera ventana de tiempo. Esto muestra de forma muy clara una ampliación de la iluminación y, por lo tanto, de las zonas del objeto a controlar 9 que pueden mostrarse en la imagen.

En la Figura 8 está representado un segundo ejemplo de realización con dos elementos reflectores 21, 27, así como a título de ejemplo una ruta de propagación de dos señales de microondas 15, 16, 16', 17, 18, 18' que pueden usarse para la imagen. Además de las señales de microondas, que son reflejadas por el objeto a controlar y el primer reflector y que son recibidas en la disposición de antenas 14, también pueden usarse para la reconstrucción del objeto a controlar 9 las señales reflejadas por el objeto a controlar y por el segundo elemento reflector 27 y que son recibidas por el dispositivo de antena 14. A título de ejemplo están dibujadas aquí las señales de microondas 15, 16, 16' o 17, 18, 18' así como disposiciones virtuales de antenas de recepción 25, 28.

Para la focalización sintética se usa aquí la posición de antenas de emisión o antenas de recepción virtuales reflejadas, como se ha descrito en el ejemplo anterior. Para poder asignar las señales reflejadas por otro elemento reflector 27 y recibidas en la disposición de antenas 14 en la focalización sintética a las posiciones de la disposición virtual de antenas de recepción 28 o una disposición virtual de antenas de emisión no representada, la pluralidad de unidades de reflexión 21, 27 están dispuestas respectivamente a una distancia diferentes del objeto a controlar 9, de modo que no coinciden los tiempos de propagación de las señales de microondas 15, 16, 16', 17, 18, 18' respectivamente reflejadas. Gracias al uso de varias unidades de reflexión 21, 27 pueden mostrarse en la imagen al mismo tiempo varias zonas, que no son iluminadas por señales de microondas directamente reflejadas.

En un ejemplo de realización no representado se usa un elemento reflector móvil. Pueden realizarse aquí mediciones sucesivas del objeto a controlar con el elemento reflector, que está dispuesto en una posición respectivamente diferente respecto al objeto a controlar, por lo que se muestran en la imagen sucesivamente diferentes zonas del objeto a controlar 9.

En la Figura 9 está representada una unidad de reflexión 21, que comprende preferentemente tres zonas 40 separadas unas de otras, que presentan respectivamente una superficie de reflexión difusa. Las zonas 40 están fijadas preferentemente en el borde del elemento reflector 21 y pueden detectarse en una irradiación con señales de microondas gracias a su característica difusa de reflexión. Gracias a la focalización sintética, se determina la posición de las zonas 40 y puede usarse por ejemplo para la definición de la posición del elemento reflector en el algoritmo de focalización. Las zonas 40 también pueden ser estampados o zonas en relieve.

La Figura 10 muestra otro ejemplo de realización de un elemento reflector 41 con superficie cilíndrica. Aquí, las zonas 40' con una característica difusa de reflexión están dispuestas a lo largo del borde superior e inferior del elemento reflector 41.

La Figura 11 muestra un diagrama de flujo del procedimiento para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar con radiación de microondas. En la primera etapa de procedimiento 51 se irradia un objeto a controlar con una señal de microondas de la antena de emisión Tx. En la etapa de procedimiento 52, se reciben señales de microondas $M(\delta)$ en al menos una antena de recepción de una disposición de antenas. En la siguiente etapa de procedimiento 53, la señal recibida $M(\delta)$ se transforma mediante una transformada de Fourier en el dominio de tiempo respecto a $M(t)$.

En la etapa 54 se determina una ventana de tiempo cero, una primera y una segunda ventana de tiempo, en caso de usar varios elementos reflectores, también más ventanas de tiempo, en las que llegan las señales de microondas $M(t)$ reflejadas según su ruta de propagación a la antena de recepción. Los límites $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ se determinan aquí de la forma descrita en la Figura 6.

En la siguiente etapa del procedimiento 55, se determina la posición de la antena de emisión virtual (Tx) y de la antena de recepción virtual (Rx) mediante reflexión de la antena de emisión real y de la antena de recepción real en el elemento reflector. La etapa del procedimiento 55 también puede realizarse antes de la etapa 54 o después de la etapa 56. De forma opcional, las señales de microondas de la primera y segunda ventana de tiempo 32, 33 pueden ponderarse con un factor de compensación. Esto se indica en la etapa del procedimiento 56.

En la etapa 57 posterior, se calcula una imagen del objeto a controlar mediante la focalización sintética de las señales de microondas recibidas, asignándose las señales de microondas 37, que están dispuestas en la ventana de tiempo cero 31, a la posición de la antena de emisión real y de la antena de recepción real. Las señales de microondas 34, 35 de la primera ventana de tiempo 32 se asignan a la posición de la antena de emisión real y de la antena de recepción virtual y a la posición de la antena de emisión virtual y a la posición de la antena de recepción real. Además, las señales de microondas 36 dispuestas en la segunda ventana 33 se asignan a la posición de la antena de recepción real y de la antena de recepción real.

Después de la focalización sintética, se solapan en la etapa del procedimiento 58 opcionalmente las imágenes de las señales de microondas de la primera ventana de tiempo 32 mediante solapado con la imagen que se ha generado a partir de las señales de microondas directamente reflejadas de la ventana de tiempo cero 31. La imagen del objeto a controlar que se ha generado mediante las señales de microondas reflejadas de la segunda ventana de tiempo 33 se reúne mediante reflexión en el elemento reflector y posterior solapado con la imagen por las señales de microondas directamente reflejadas.

La Figura 12 muestra una imagen 60 a título de ejemplo de un objeto a controlar, aquí un muñeco de medición, que se ha obtenido con el dispositivo de acuerdo con la invención y según el procedimiento de acuerdo con la invención. La imagen 61 representada en el lado izquierdo de la Figura se ha reconstruido a partir de las señales de microondas 37 directamente reflejadas. La imagen 62 representada en la mitad derecha de la Figura muestra el mismo objeto a controlar, aunque ha sido reconstruido a partir de las señales de microondas 34, 35 de la primera ventana de tiempo 32. Muestra la zona lateral del brazo del muñeco de medición, que no puede verse en la imagen 61. La imagen 62 amplía por lo tanto significativamente la zona visible, reproducible del objeto a controlar.

Todas las características descritas y/o designadas pueden combinarse de forma ventajosa entre sí en el marco de la invención. La invención no está limitada a los ejemplos de realización descritos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar (9) en el que se ilumina el objeto a controlar (9) con una señal de microondas electromagnética (15, 17), que es emitida por al menos una antena de emisión (5) y la señal de microondas (16, 18) reflejada por el objeto a controlar (9) es recibida por al menos una antena de recepción (6), **caracterizado por que** a partir de la señal de microondas (16, 18) reflejada se reconstruye una imagen del objeto a controlar (9) mediante una focalización sintética realizada solo por cálculo, estando dispuesto al menos un elemento reflector plano (21) orientado hacia el objeto a controlar (9) y siendo recibidas las señales de microondas reflejadas por el elemento reflector (21) y el objeto a controlar (9) en cada antena de recepción (6) y usándose para la reconstrucción de la imagen del objeto a controlar (9) además de los rayos de microondas que llegan de una antena de emisión (5) sin reflexión en el elemento reflector (21) sobre el objeto a controlar (9) y que son recibidos sin reflexión en el elemento reflector (21) por la antena de recepción (6) y **por que** se determina una posición virtual de una antena de emisión virtual (5') mediante reflexión de la posición real de una antena de emisión real (5) en el elemento reflector (21) y se determina una posición virtual de una antena de recepción virtual (6') mediante reflexión de la posición real de una antena de recepción real (6) en el elemento reflector (21) y por que se forman primeros límites (t_3 , t_4) de una primera ventana de tiempo (32) mediante un tiempo de propagación mínimo o máximo de la señal de microondas, que es reflejada por la antena de emisión virtual a través del objeto a controlar (9) a la antena de recepción real (14) y desde la antena de emisión real (14) a través del objeto a controlar a la antena de recepción virtual, y **por que** se forman límites cero (t_1 , t_2) de una ventana de tiempo cero (31) mediante un tiempo de propagación mínimo o máximo de la señal de microondas directamente reflejada por el objeto a controlar (9), sobreponiéndose imágenes que resultan de la ventana de tiempo cero y de la primera ventana de tiempo (31, 32).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** para la focalización sintética se usan aquellas señales de microondas que son emitidas por una antena de emisión (5), son reflejadas a continuación por el elemento reflector (21) en dirección al objeto a controlar (9) y son reflejadas por el objeto a controlar (9) a una antena de recepción (6) y/o son emitidas por una antena de emisión (5), son reflejadas por el objeto a controlar (9) en dirección al elemento reflector (21) y son reflejadas por el elemento reflector (21) hacia una antena de recepción (6) y/o son emitidas por una antena de emisión (5), son reflejadas a continuación por el elemento reflector (21) sobre el objeto a controlar, son reflejadas por el objeto a controlar (9) al elemento reflector (2) y son reflejadas desde allí a una antena de recepción (6).
3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** solo las señales de microondas recibidas en la antena de recepción real (6) correspondiente que se reciben en la primera ventana de tiempo (32), se asignan en la focalización sintética a la antena de emisión virtual (5') correspondiente y a la antena de recepción real (6) correspondiente o a la antena de emisión real (5) correspondiente y la antena de recepción virtual (6') correspondiente.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** las señales de microondas recibidas en la antena de recepción real (6) correspondiente, que se reciben en una segunda ventana de tiempo (33), cuyos límites están formados por el tiempo de propagación mínimo o máximo de una señal que es reflejada por una antena de emisión real (5) a través de un objeto a controlar virtual (22) reflejado en el elemento reflector (21) a una antena de recepción real (6), se asignan en la focalización sintética a una antena de emisión real (5) y a una antena de recepción real (6).
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** la posición determinada del objeto a controlar virtual (22) se asigna mediante reflexión en el elemento reflector (21) a una posición real del objeto a controlar (9).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado por que** las señales de microondas (34, 35) que son recibidas en la primera y/o la segunda ventanas de tiempo (32, 33) se solicitan con un factor de ponderación que compensa el debilitamiento de la señal de microondas en caso de reflexión en el elemento reflector (21) y el debilitamiento de la señal de microondas por un aumento del tiempo de propagación en el aire.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** varios elementos reflectores (21, 27) se posicionan orientados en dirección al objeto a controlar (9) y las señales de microondas reflejadas respectivamente por un elemento reflector (21, 27) y por el objeto a controlar (9) y/o reflejadas por varios elementos reflectores (21, 27) y el objeto a controlar (9) son recibidas en al menos una antena de recepción (6) y se usan para la reconstrucción de la imagen del objeto a controlar (9).
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** los varios elementos reflectores (21, 27) se disponen a una distancia en cada caso diferente del objeto a controlar (9), de modo que no coinciden los tiempos de propagación de las señales de microondas que pueden usarse respectivamente para la reconstrucción de la imagen.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el elemento reflector (21, 27, 41) comprende varias, en particular al menos tres, zonas (40) separadas unas de otras que presentan respectivamente una superficie de reflexión difusa y por que a partir de la radiación de microondas que es reflejada por estas zonas (40) se determina la posición y la distancia del elemento reflector (21, 27, 41).

5 10. Dispositivo para la ampliación de la iluminación de un objeto a controlar (9), con al menos una antena de emisión (5) que emite una señal de microondas electromagnética (15, 17) en dirección al objeto a controlar (9), al menos una antena de recepción (6) que recibe la señal de microondas reflejada por el objeto a controlar (9) y una unidad de procesamiento (3), **caracterizado por que** la unidad de procesamiento está concebida para reconstruir una imagen
10 del objeto a controlar (9) mediante una focalización sintética realizada solo por cálculo a partir de la señal de microondas (16, 18) reflejada, estando dispuesto al menos un elemento reflector plano (21) orientado hacia el objeto a controlar (9) y estando realizada cada antena de recepción (6) para recibir las señales de microondas reflejadas por el elemento reflector (21) y el objeto a controlar (9) y estando realizada la unidad de procesamiento (3) para usar
15 para la reconstrucción de la imagen del objeto a controlar (9) las señales de microondas reflejadas por el elemento reflector (21) y por el objeto a controlar (9) además de las señales de microondas que llegan de una antena de emisión (5) sin reflexión en el elemento reflector (21) al objeto a controlar (9) y que son recibidas por la antena de recepción sin reflexión en el elemento reflector (9) y **por que** puede determinarse una posición virtual de una antena de emisión virtual (5') por reflexión de la posición real de una antena de emisión real (5) en el elemento reflector (21) y puede determinarse una posición virtual de una antena de recepción virtual (6') mediante reflexión de la posición
20 real de una antena de recepción real (6) en el elemento reflector (21), estando previstos medios para definir primeros límites (t_3 , t_4) de una primera ventana de tiempo (32), que están formados por un tiempo de propagación mínimo o máximo de la señal de microondas que es reflejada por la antena de emisión virtual a través del objeto a controlar (9) a una antena de recepción real (14) y/o por la antena de emisión real (14) a través del objeto a controlar a la antena de recepción virtual, estando previstos medios para definir límites cero (t_1 , t_2) de una ventana de tiempo cero
25 (31), que están formados por un tiempo de propagación mínimo o máximo de la señal de microondas directamente reflejada por el objeto a controlar (9), estando previstos medios para sobreponer imágenes que resultan de la ventana de tiempo cero y de la primera ventana de tiempo (31, 32).

30 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** la unidad de procesamiento (3) usa aquellas señales de microondas para la focalización sintética que son emitidas por una antena de emisión (5), que son reflejadas a continuación por el elemento reflector (21) en dirección al objeto a controlar (9) y que son reflejadas por el objeto a controlar (9) a una antena de recepción (6) y/o que son emitidas por una antena de emisión (5), son reflejadas por el objeto a controlar (9) en dirección al elemento reflector (21) y son reflejadas por el elemento reflector (21) a una antena de recepción (6) y/o que son emitidas por una antena de emisión (5), reflejadas a
35 continuación por el elemento reflector (21) sobre el objeto a controlar, reflejadas por el objeto a controlar (9) hacia el elemento reflector (21) y reflejadas desde allí a una antena de recepción (6).

40 12. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado por que** la posición del elemento reflector (21) puede ser cambiada.

13. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** varios elementos reflectores (21, 27) están dispuestos orientados hacia el objeto a controlar (9).

45 14. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** los varios elementos reflectores (21, 27) están posicionados a una distancia en cada caso diferente del objeto a controlar (9), de modo que no coinciden los tiempos de propagación de las señales de microondas que pueden usarse respectivamente para la reconstrucción de la imagen.

50 15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado por que** el elemento reflector comprende varias, en particular tres, zonas separadas unas de otras que presentan en cada caso una superficie de reflexión difusa y **por que** la unidad de procesamiento (3) a partir de la radiación de microondas reflejada por las zonas (40) determina la posición y la distancia del elemento reflector (21, 27, 41).

55 16. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizado por que** la al menos una antena de emisión (5) y la al menos una antena de recepción (6) están realizadas como agrupación multiestática activa (13).

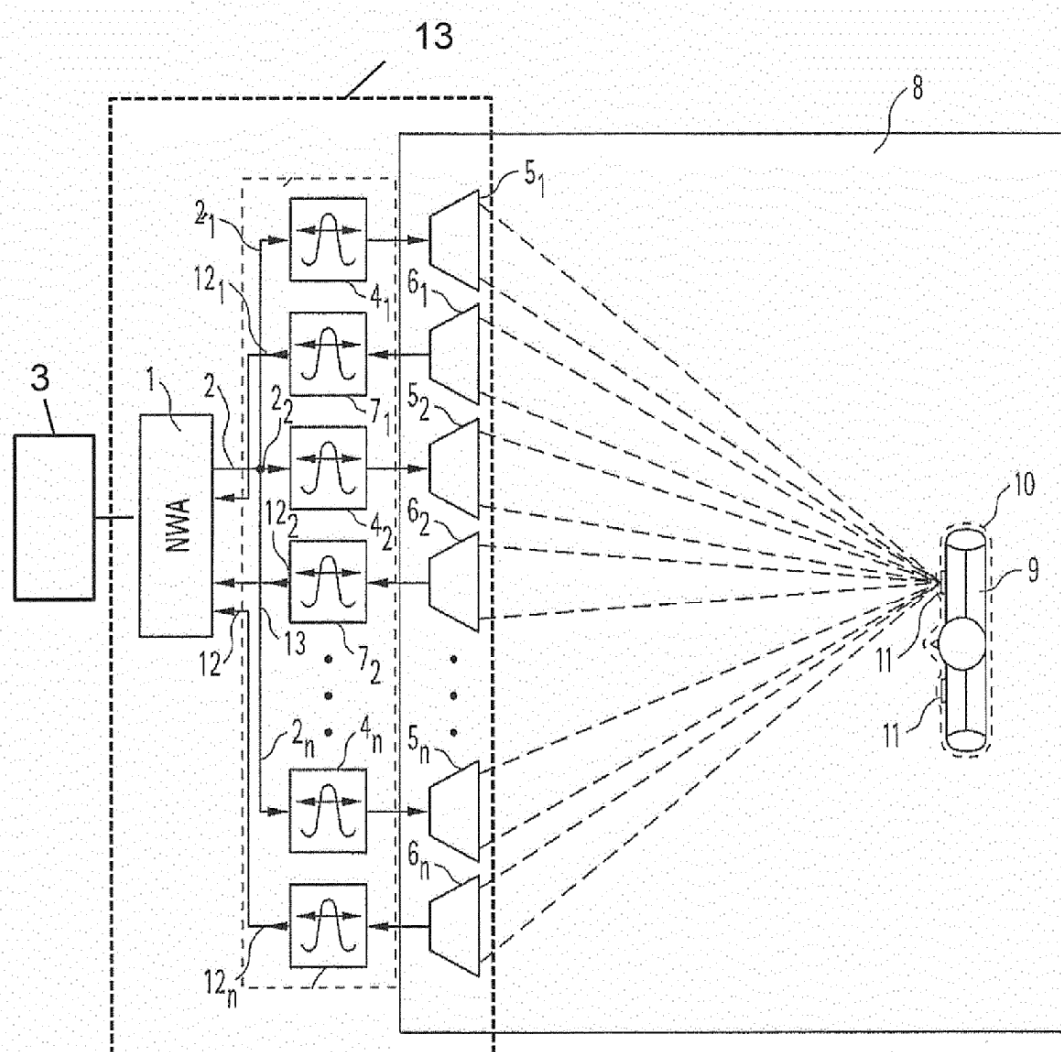


Fig. 1

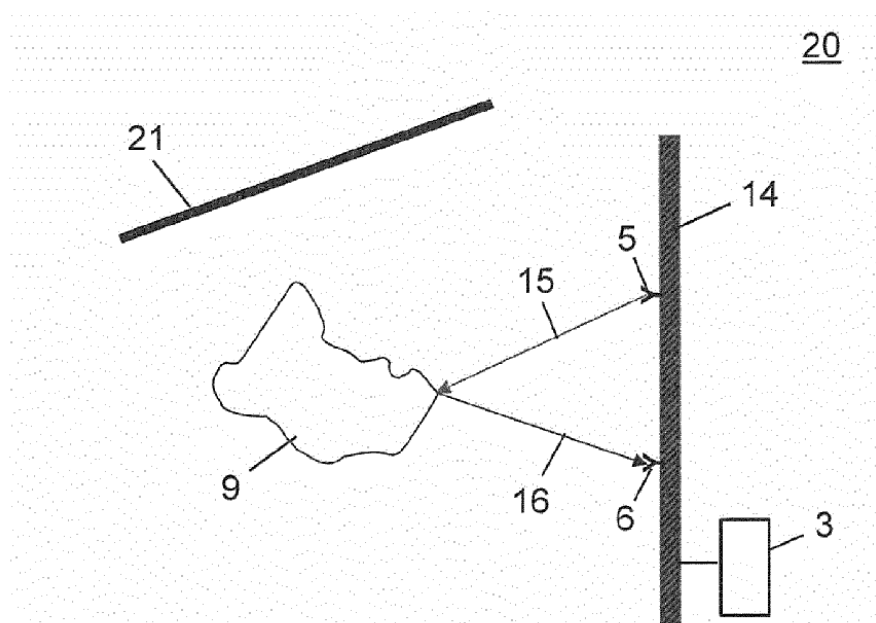


Fig. 2

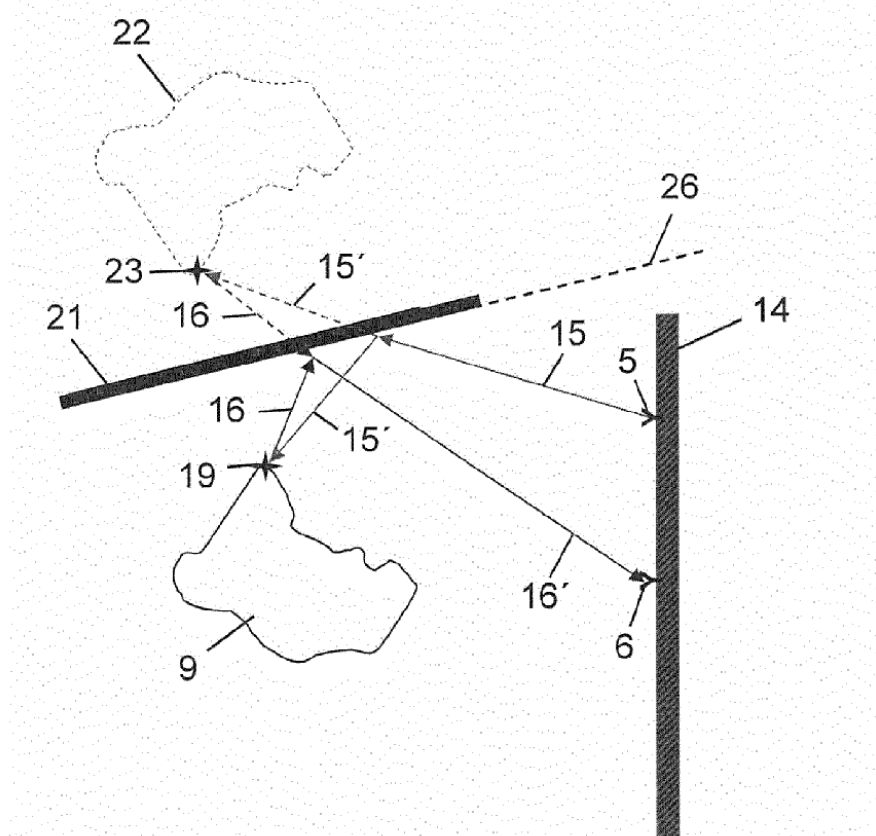


Fig. 5

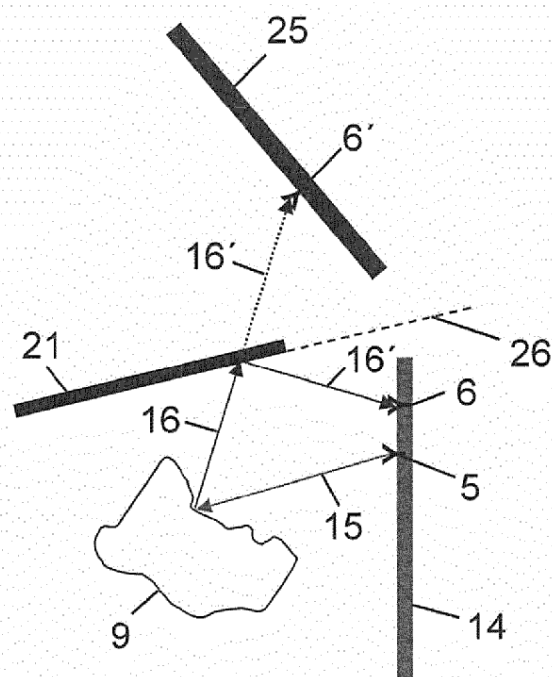


Fig. 3

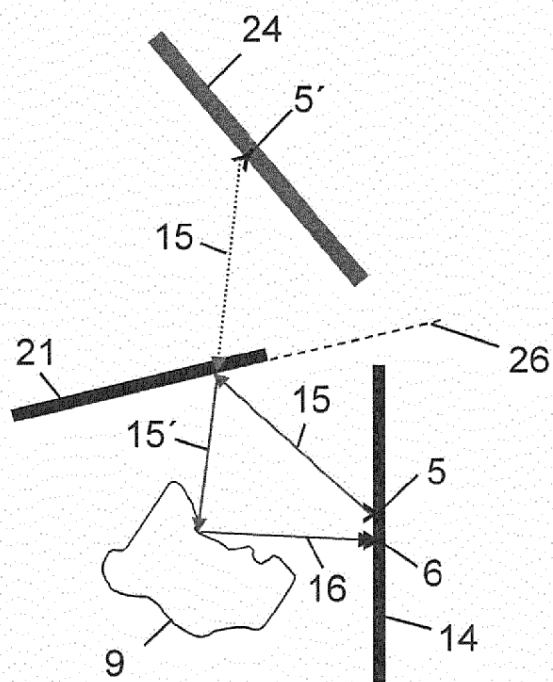


Fig. 4

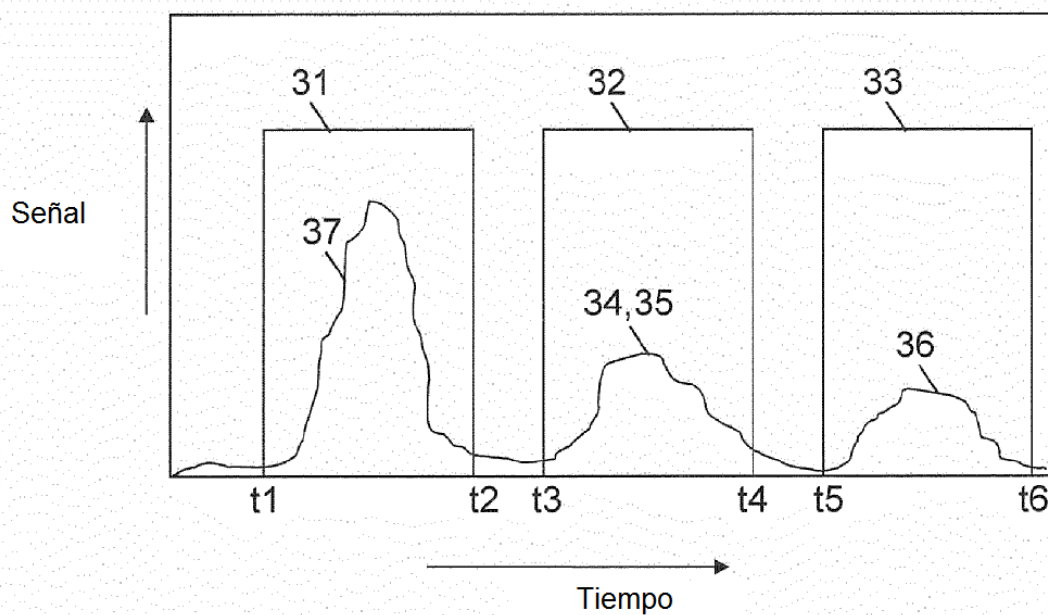


Fig. 6

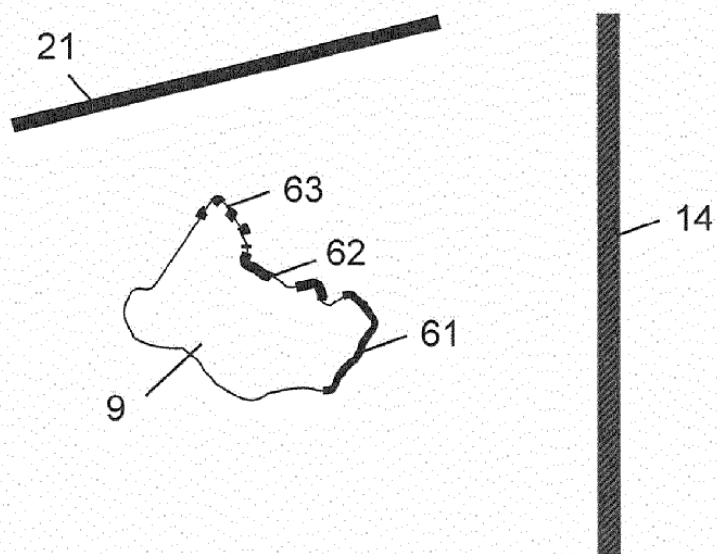
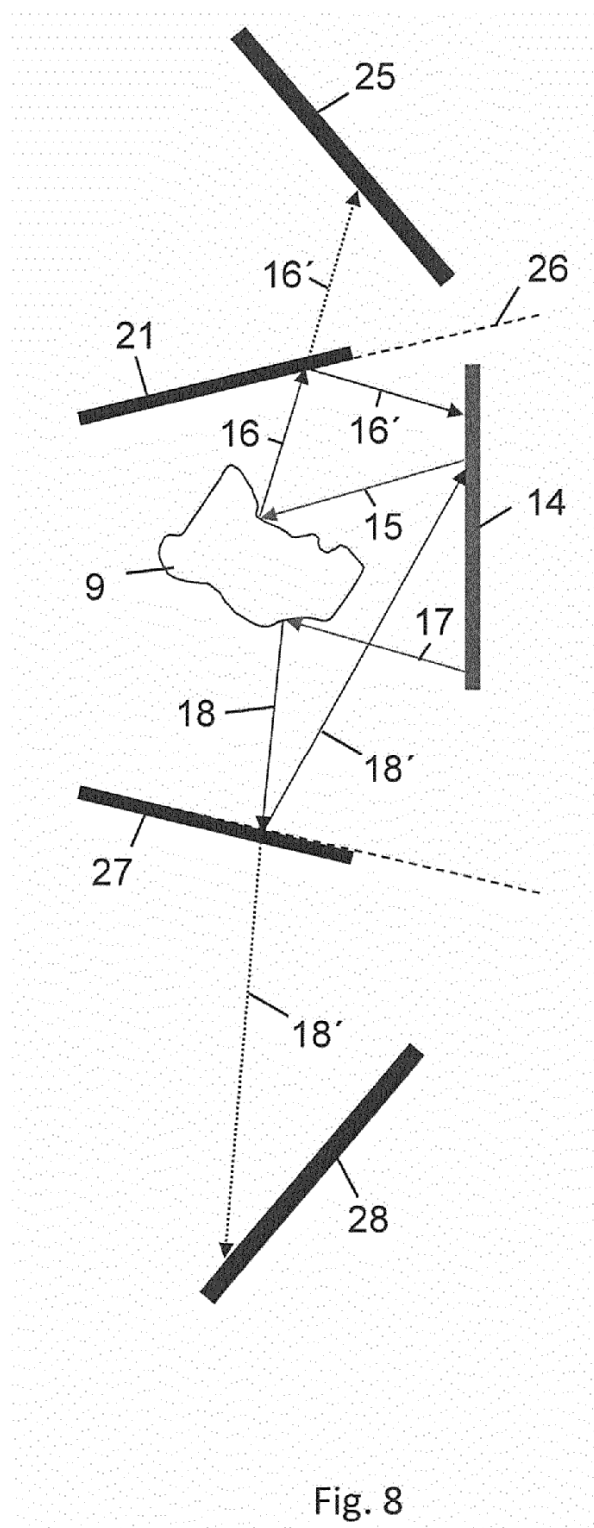


Fig. 7



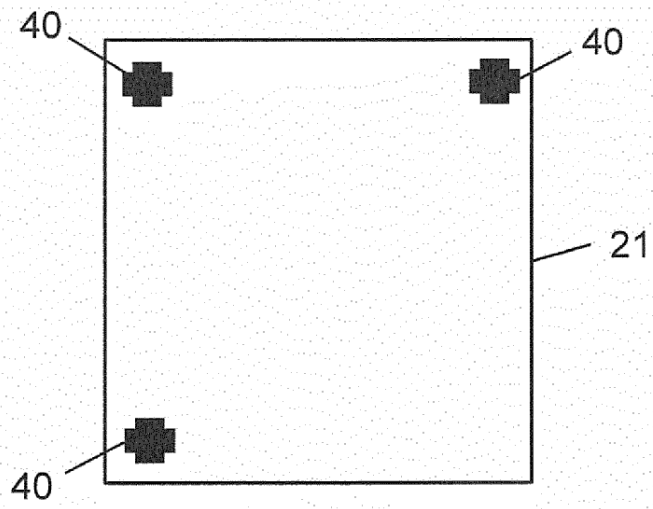


Fig. 9

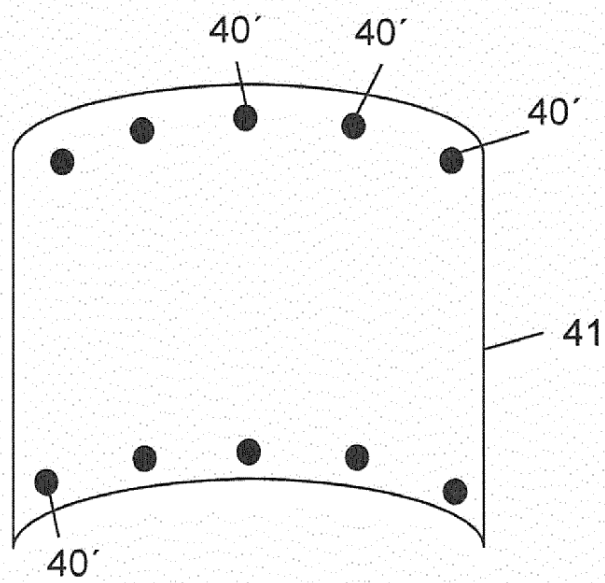


Fig. 10

50

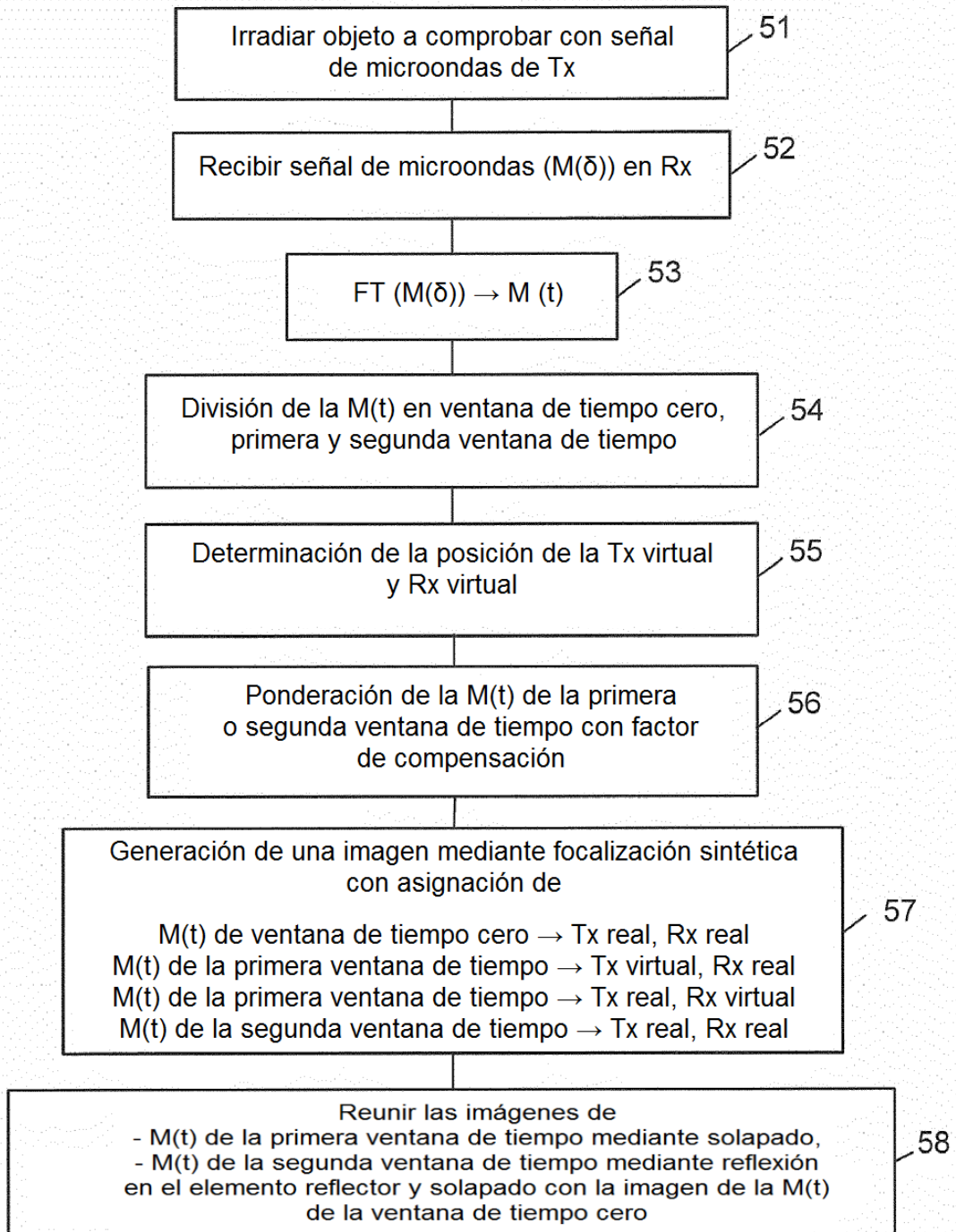


Fig. 11

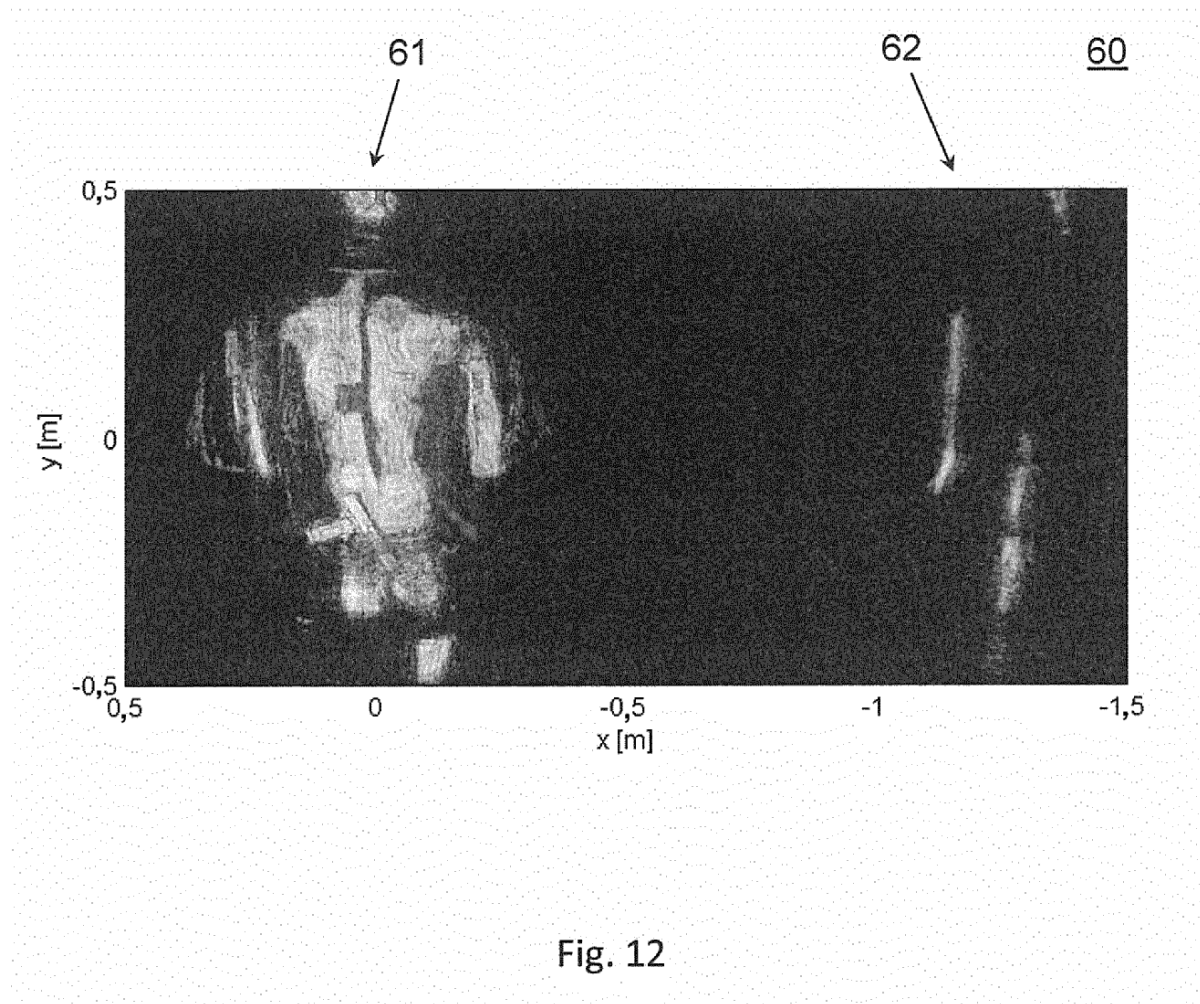


Fig. 12