

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 457**

51 Int. Cl.:

G01N 22/00 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2010 E 10833645 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2015 EP 2505995**

54 Título: **Método para la determinación de la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico**

30 Prioridad:

26.11.2009 RU 2009145423

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

26.01.2016

73 Titular/es:

APSTEC SYSTEMS LTD (100.0%)

99 Triq Censu Busuttil

IKL 1200 Iklin, MT

72 Inventor/es:

KUZNETSOV, ANDREY VIKTOROVICH;

GORSHKOV, IGOR YURIEVICH y

AVERYANOV, VALERY PETROVICH

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 557 457 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

Método para la determinación de la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de la ingeniería eléctrica y, más específicamente, a la medición remota de la permitividad dieléctrica de dieléctricos.

10 Antecedentes de la invención

Uno de los métodos conocidos para la determinación de la permitividad dieléctrica de un material consiste en irradiar una muestra con una onda electromagnética usando un emisor de doble brazo, cambiando la diferencia entre las fases de la señal en los brazos del emisor y midiendo la amplitud de la onda transmitida en un ángulo y determinando la permitividad dieléctrica. Mediante el cambio de la diferencia entre las fases de la señal en los brazos del emisor, se elimina la dependencia de la amplitud de la onda transmitida respecto a la longitud del brazo. La permitividad dieléctrica se determina mediante la fórmula siguiente:

$$\epsilon = \frac{\lambda_0^2}{\text{sen}^2 Q} \cdot \left(\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\lambda_b} \right)^2,$$

en la que λ_0 - longitud de onda en el espacio libre; λ_b - longitud de onda en el emisor de doble brazo; Δ - período de la amplitud "cero" para la onda transmitida, y ángulo Θ elegido de acuerdo con la relación

$$\left(\frac{d_k}{\lambda_h} - 1 \right) < \frac{d_k}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon} \text{sen } \theta < \left(\frac{d_k}{\lambda_h} + 1 \right),$$

en la que d_k - tamaño máximo del brazo del emisor, véase la patente de la Unión Soviética n.º SU 1800333 A1.

La desventaja de este método es que requiere un contacto entre el emisor y el objeto, cuya permitividad dieléctrica se ha de determinar. Más aún, esta muestra necesita tener una superficie plana para asegurar un contacto con el emisor. Estos requisitos no permiten el uso de este método para la determinación remota de la permitividad dieléctrica de objetos.

Otro método conocido para determinar la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico emplea la irradiación de un objeto dieléctrico con una radiación de microondas coherente en N frecuencias. La irradiación se lleva a cabo contra la base de reflectores, por lo que sirven como reflectores los límites entre las capas de los objetos, o un límite entre el objeto dieléctrico y el aire, o un cuerpo físico, sobre el que se coloque el objeto dieléctrico ensayado. Se registra la señal reflejada desde el objeto dieléctrico y el reflector. Se convierten al dominio del tiempo las señales detectadas. Se determinan los componentes temporales de pico en el espectro temporal y se miden los tiempos de los componentes temporales de pico determinados. Estos datos se usan para determinar la permitividad dieléctrica y el grosor de las capas. La exploración y recepción se lleva a cabo en un sector de ángulos. La permitividad dieléctrica y el grosor de las capas se determinan entonces a partir de la fórmula:

$$\epsilon_i = \frac{\sqrt{\epsilon_1} \text{sen } \theta_{na\delta 1}^{(i)} * c * \left(t_i - \frac{2}{c} \sum_{p=1}^{i-1} \frac{\sqrt{\epsilon_p} \Delta l_p}{\sqrt{1 - \epsilon_1 / \epsilon_p * \text{sen}^2 \theta_{na\delta 1}^{(i)}}} \right)}{2 * \left(\frac{d}{2} - \sum_{p=1}^{i-1} \Delta l_p * \frac{\epsilon_1 \text{sen } \theta_{na\delta 1}^{(i)}}{\sqrt{\epsilon_p - \epsilon_1 \text{sen}^2 \theta_{na\delta 1}^{(i)}}} \right)};$$

$$\Delta l_i = \left(t_i - \frac{2}{c} \sum_{p=1}^{i-1} \frac{\sqrt{\epsilon_p} \Delta l_p}{\sqrt{1 - \epsilon_1 / \epsilon_p * \text{sen}^2 \theta_{na\delta 1}^{(i)}}} \right) * \frac{c * \sqrt{1 - \frac{\epsilon_1}{\epsilon_i} \text{sen}^2 \theta_{na\delta 1}^{(i)}}}{2\sqrt{\epsilon_i}},$$

en la que i - el número de la capa; ϵ_i y ϵ_p - permitividad dieléctrica de las capas i y p; ϵ_1 - la permitividad dieléctrica del

medio en el que se realiza la exploración y recepción de las señales; Δl_i - grosor de la capa i ; $\Delta l = \frac{h_1 + h_2}{2}$ en la que h_1 y h_2 son alturas entre el borde de la primera y la segunda capas a los puntos desde los que se realiza la exploración y los puntos de recepción de la señal respectivamente; $\theta_{\text{rad}i}^{(i)}$ es el ángulo de la señal recibida reflejada desde el borde entre las capas i e $i+1$, c - velocidad de la luz; t_i - frecuencia de pico del constituyente i del espectro de tiempo que corresponde a la reflexión de la señal desde el borde entre las capas i e $i+1$, y d - proyección sobre la superficie de la sonda de la distancia entre el punto de exploración y el punto de recepción de la señal, véase la Patente rusa n.º RU 2039352 C1.

La desventaja de este método, que se toma como un prototipo para la presente invención, es el requisito de la disposición paralela de las capas del objeto dieléctrico. Si el objeto consiste en una única capa, sus lados deberían ser paralelos. Por lo tanto este método se puede usar únicamente para objetos hechos a medida con las características requeridas. Más aun, este método también requiere que los ángulos de incidencia y reflexión de la radiación de microondas hacia el objeto dieléctrico estén bien definidos.

Lo anteriormente mencionado hace imposible usar este método en la práctica para la determinación de la permitividad dieléctrica de un objeto móvil y oculto con capas o lados no paralelos, particularmente para la detección encubierta de la presencia de compuestos explosivos dieléctricos ocultos en un cuerpo humano. Es conocido que la permitividad dieléctrica de la amplia mayoría de dichos compuestos cae entre 2,9 - 3,1.

El documento US6950054 se dirige a un método para la detección de objetos escondidos en una persona usando un sistema portátil de escaneando con frecuencia de radar, comprendiendo el método dirigir la señal de radar a una persona; la detección de una parte de la señal del radar reflejada por la persona; y el procesamiento de la parte de la señal del radar detectada por el receptor del radar para determinar si la persona está transportando un objeto oculto, mediante la realización de un ensayo en el que se determina una primera característica de una primera constante dieléctrica asociada con la persona, y se determina una segunda característica de una segunda constante dieléctrica asociada con el objeto oculto. La operación de escaneando consiste en el movimiento de la parte de cabeza de la antena del dispositivo portátil sobre la persona que está siendo escaneada, normalmente manteniendo la distancia de aproximadamente 0-7,6 cm (0-3 pulgadas) de espacio libre. El ensayo/medición requiere una cantidad significativa de tiempo.

Descripción detallada

La finalidad de la presente invención es proporcionar un método para la determinación remotamente de la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico móvil de forma irregular.

La presente invención proporciona un método para la determinación de la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico contra el fondo de un reflector, comprendiendo el método:

- la irradiación del objeto dieléctrico con una radiación de microondas coherente en N frecuencias,
- la detección de la señal reflejada desde el objeto dieléctrico y el reflector,
- el procesamiento coherente de la señal detectada y la recepción de una imagen de microondas tridimensional del objeto dieléctrico y el reflector, en el que la imagen de microondas corresponde solamente a una superficie tridimensional formada con puntos que corresponden a los valores máximos de la intensidad de la configuración reconstruida de las dispersiones del objeto dieléctrico y el reflector;
- la obtención adicionalmente de una imagen de video de una región, en la que el objeto dieléctrico y el reflector se localizan mediante el uso de dos o más cámaras de video, sincronizadas con la fuente de radiación de microondas;
- la conversión de la imagen de video obtenida a una forma digital y construcción de una imagen de video tridimensional de dicha región;
- la conversión de la imagen de video tridimensional y de la imagen de microondas a un sistema general de coordenadas;
- a partir de la imagen de microondas en el sistema general de coordenadas determinación de la distancia Z_1 entre la fuente de radiación de microondas y una sección de la imagen de microondas del reflector que esté libre del objeto dieléctrico, y la distancia Z_2 entre la fuente de radiación de microondas y la sección de la imagen de microondas del reflector en la sección del objeto dieléctrico;
- sobre la base de la imagen de video, determinación en el sistema general de coordenadas de la distancia Z_3 entre la fuente de radiación de microondas y la imagen de video del objeto dieléctrico; *por medio de lo que se determina la permitividad dieléctrica ϵ del objeto dieléctrico a partir de la relación:*

$$\epsilon = \left(\frac{Z_2 - Z_3}{Z_1 - Z_3} \right)^2.$$

El presente solicitante no es consciente de ninguna solución técnica que sea idéntica a la materia objeto reivindicada. Esto sugiere que la invención cumple con el requisito de novedad.

5 La implementación de las características distintivas de la invención da como resultado nuevas características importantes de la materia objeto reivindicada. En particular la invención hace posible determinar remotamente la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico móvil, de forma irregular.

10 El presente solicitante no es consciente de ninguna fuente de información que pudiera proporcionar cualquier conocimiento acerca de la relación entre las características distintivas de la presente invención y el efecto técnico conseguido. Las nuevas características de la materia objeto reivindicada expuestas anteriormente demuestran, en opinión del presente solicitante, que la materia objeto de la invención cumple con el requisito de no obviedad.

Breve descripción de las figuras

15 A continuación, se explicará la invención mediante una descripción detallada de un ejemplo sin ninguna referencia a figuras.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

20 Para demostrar el método para la determinación de la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico contra el fondo de un reflector, se usó un maniquí de ensayo para imitar el cuerpo humano que sirve como el reflector. El maniquí tenía un objeto dieléctrico (cera de abeja) fijado al cuerpo. El objetivo del experimento fue determinar la permitividad dieléctrica de la cera de abeja. El maniquí de ensayo con el objeto dieléctrico fijado fue irradiado con una radiación de microondas coherente a 14 frecuencias equidistantes en el intervalo de frecuencias desde 8 a 12 GHz. La irradiación se realizó usando una antena plana de matriz conmutada con configuración hexagonal de los elementos emisores, y que consistía en 256 emisores primarios. La señal reflejada, en la forma de dos componentes en cuadratura, se recibió mediante dos canales de recepción paralelos y se detectó mediante convertidores de analógico a digital de 12 dígitos. Los datos desde la salida de los canales recibidos correspondientes al componente eléctrico del campo electromagnético disperso detectado se transfirieron a un ordenador, en donde se formó una imagen de microondas usando el método del enfoque (procesamiento coherente). La imagen de microondas correspondió solamente a una superficie tridimensional formada con puntos correspondientes a los valores máximos de la intensidad de la configuración reconstruida de las dispersiones del objeto dieléctrico y del reflector. Simultáneamente a la irradiación mediante radiación de microondas, se obtuvo una imagen de video del objeto dieléctrico y del reflector usando dos cámaras de video SDU-415 digitales espacialmente separadas. Usando estos datos, se construyó la imagen de video tridimensional de la sección con el objeto dieléctrico y el reflector. La imagen de microondas y la imagen de video tridimensional se convirtieron a un sistema general de coordenadas. En este caso particular, el sistema general de coordenadas se estableció por el plano de la matriz de la antena y un eje perpendicular a él y que intersectaba a la antena en su centro. La imagen de microondas y la imagen de video tridimensional se analizaron en el sistema general de coordenadas. Se determinó el valor de Z_1 —la distancia entre la fuente de la radiación de microondas y la sección de la imagen de microondas del reflector, libre del objeto dieléctrico—, y se determinó la distancia Z_2 entre la fuente de radiación de microondas y la sección de la imagen de microondas del reflector, en donde estaba situado el objeto dieléctrico. Usando la imagen de video se determinó la distancia Z_3 entre la fuente de radiación de microondas y la imagen de video del objeto dieléctrico. La permitividad dieléctrica del objeto contra el fondo del reflector se determinó a partir de la relación:

45

$$\epsilon = \left(\frac{Z_2 - Z_3}{Z_1 - Z_3} \right)^2 .$$

En nuestro ejemplo particular, las distancias fueron las siguientes:

50

$$Z_1 = 122 \text{ cm}, Z_2 = 128 \text{ cm}, Z_3 = 112 \text{ cm},$$

y

55

$$\epsilon = 2,56.$$

Basándose en el valor determinado de ϵ par objeto inspeccionado, se puede concluir que este objeto no pertenece a los compuestos explosivos ampliamente extendidos y normalmente usados, tales como TNT, hexógeno, tetril o un explosivo plástico.

60 Este método se podría usar también para otras finalidades, por ejemplo para la determinación de las características físicas de los dieléctricos usados en la industria eléctrica.

Aplicabilidad industrial

Para llevar a cabo la invención se usaron materiales y equipos conocidos. Por lo tanto, en opinión de los presentes solicitantes, la presente invención cumple con el requisito de aplicabilidad industrial.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la determinación de la permitividad dieléctrica de un objeto dieléctrico contra el fondo de un reflector, *comprendiendo el método:*

- 5 irradiar el objeto dieléctrico con una radiación de microondas coherente en N frecuencias, detectar la señal reflejada desde el objeto dieléctrico y el reflector, *por lo que el método comprende además:*
- 10 el procesamiento coherente de la señal detectada y la recepción de una imagen de microondas tridimensional del objeto dieléctrico y del reflector, en donde la imagen de microondas corresponde solamente a una superficie tridimensional formada con puntos que corresponden a los valores máximos de la intensidad de la configuración reconstruida de las dispersiones del objeto dieléctrico y del reflector;
- 15 la obtención adicionalmente de una imagen de video de una región, donde el objeto dieléctrico y el reflector se localizan mediante el uso de dos o más cámaras de video, sincronizadas con la fuente de radiación de microondas; la conversión de la imagen de video obtenida a una forma digital y la construcción de una imagen de video tridimensional de dicha región;
- la conversión de la imagen de video tridimensional y de la imagen de microondas a un sistema general de coordenadas;
- 20 a partir de la imagen de microondas en el sistema general de coordenadas determinación de la distancia Z_1 entre la fuente de radiación de microondas y una sección de la imagen de microondas del reflector que esté libre del objeto dieléctrico, y la distancia Z_2 entre la fuente de radiación de microondas y la sección de la imagen de microondas del reflector en la región del objeto dieléctrico;
- sobre la base de la imagen de video, determinación en el sistema general de coordenadas de la distancia Z_3 entre la fuente de radiación de microondas y la imagen de video del objeto dieléctrico; *por medio de lo que*
- 25 se determina la permitividad dieléctrica ϵ del objeto dieléctrico a partir de la relación:

$$\epsilon = \left(\frac{Z_2 - Z_3}{Z_1 - Z_3} \right)^2 .$$