

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 466 354**

51 Int. Cl.:

G01S 7/41 (2006.01)

G01R 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2010** **E 10714024 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014** **EP 2422215**

54 Título: **Método de caracterización electromagnética de un blanco**

30 Prioridad:

24.04.2009 FR 0952712

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.06.2014

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**COGNAULT, AURORE;
MORVAN, SYLVAIN y
VACUS, OLIVIER**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 466 354 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 de caracterización electromagnética de un blanco

5 **Ámbito técnico**

La presente invención se refiere al ámbito de la caracterización electromagnética de un blanco en el ámbito de las bajas frecuencias. Se aplica especialmente al ámbito del control o del mantenimiento.

10 **Estado de la técnica anterior**

De manera convencional, se caracteriza un blanco por su superficie equivalente radar o SER. La SER de un blanco radar se define a partir del balance de potencia de la onda emitida en dirección al blanco y de la potencia de la onda recibida por el radar. En campo lejano y aproximando las ondas a ondas planas, la ecuación radar se escribe en efecto,

$$P_r = P_e G_e \frac{1}{4\pi d^2} \sigma \frac{1}{4\pi d^2} G_r \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (1)$$

en la que P_e y P_r son respectivamente las potencias de las ondas emitida y recibida por el radar, G_e y G_r las ganancias de antena en la emisión y en la recepción, d la distancia entre el radar y el blanco, λ a longitud de onda utilizada por el radar. El coeficiente σ es homogéneo en una superficie y solo depende del blanco considerado, es la SER del blanco.

En la expresión (1), se ha supuesto que el radar que sirve para iluminar el blanco era el mismo que el que sirve para la recepción de la onda difractada, se habla entonces de SER monostática. Por regla general, la SER monostática depende de la dirección de la onda incidente, la frecuencia f del radar y las polarizaciones respectivas π_e y π_r con las que se emite la onda incidente y se analiza la onda recibida. Se expresa como $SER(f, \varphi, \theta, \pi_e, \pi_r)$, donde (φ, θ) son los ángulos de inclinación y de balanceo del radar en un referente ligado al blanco. Cada una de las polarizaciones π_e y π_r puede ser horizontal o vertical, es decir $\pi_e = H$ o V ; $\pi_r = H$ o V .

La medición de una SER se realiza en un local anecoico, es decir, en un local cuyas paredes están revestidas de absorbentes, de manera a evitar los ecos parásitos. El blanco se dispone con la ayuda de un posicionador ligeramente ecoico, generalmente en una columna vertical de poliestireno orientable alrededor de su propio eje. La medición se realiza, bien mediante una sola antena, bien mediante dos antenas distintas ligeramente desfasadas angularmente la una respecto de la otra. Según el caso, se obtienen los valores de SER monostática o de SER casi monostática, para un ángulo o una pluralidad de ángulos de inclinación. La antena de emisión debe elegirse de manera que genere una onda lo más plana posible.

El documento FR 2 914 750 presenta un ejemplo de estimación de la SER de un objeto, a partir de un modelo de difracción de este objeto. Este modelo de difracción corresponde a una matriz de parámetros que corresponden a relaciones de amplitudes complejas de onda difractada y de onda incidente, para diferentes pares de direcciones y de polarizaciones respectivas de la onda incidente y de la onda difractada.

La caracterización de un objeto por su SER presenta un cierto número de inconvenientes.

En primer lugar, la construcción de un local anecoico para objetos de grandes dimensiones es muy costosa. Este problema se agrava aún más en baja frecuencia, es decir para longitudes de onda del orden de la dimensión del objeto, es decir clásicamente del orden del metro hasta algunas decenas de metros, donde la eficacia de los absorbentes es menor. Las mediciones efectuadas se ven generalmente afectadas por ruidos de diversas fuentes (ecos parásitos, ruido de instrumentación, etc.).

Aun en régimen de baja frecuencia, la antena de iluminación debe ser de gran dimensión, de manera a poder generar ondas aproximadamente planas.

Finalmente, por lo general solo se efectúan algunas mediciones de valores de SER, típicamente según algunos ángulos de inclinación en un plano ecuatorial, de manera que solo se disponga de una caracterización direccional bastante somera del blanco.

La medición de SER supone por consiguiente utilizar medios materiales importantes y no permite, muy concretamente en baja frecuencia, caracterizar la difracción electromagnética por un objeto de manera satisfactoria.

Además, en el ámbito del control o del mantenimiento, suele ser suficiente verificar la conformidad de las características de un objeto con una plantilla predeterminada o también evaluar la evolución de estas características a lo largo del tiempo. El recurso a una caracterización mediante SER puede entonces revelarse inútilmente complejo

respecto del objetivo buscado.

5 El objetivo de la presente invención es proponer un método de caracterización electromagnética de un objeto que sea sencillo de aplicar, incluido en el ámbito de las bajas frecuencias y que permita, sin embargo, verificar que el objeto presenta características de difracción electromagnética conformes a una plantilla o valores de referencia, según direcciones pertinentes.

Exposición de la invención

10 La invención se define por un método de caracterización electromagnética de un objeto a una frecuencia dada, según la cual se coloca dicho objeto en un recinto del que al menos ciertas paredes son ligeramente absorbentes a dicha frecuencia, estando una de las paredes del recinto equipada con una red de antenas, pudiendo cada antena emitir una y recibir ondas electromagnéticas según una primera polarización y una segunda polarización ortogonal a la primera, incluyendo dicho método las siguientes etapas:

15 - en ausencia de dicho objeto en el recinto, se mide un primer conjunto de valores complejos, siendo cada valor complejo determinado como la relación entre la amplitud de una onda recibida y una onda emitida, obteniéndose la onda emitida ponderando señales emitidas por las diferentes antenas con la ayuda de unos primeros coeficientes complejos de ponderación, y obteniéndose la onda ponderando señales recibidas por las mismas antenas con la ayuda de unos segundos coeficientes complejos de ponderación;

20 - en presencia de dicho objeto en el recinto, se mide un segundo conjunto de valores complejos, determinándose cada valor complejo como la relación entre la amplitud de una onda recibida y una onda emitida, obteniéndose la onda emitida ponderando señales emitidas por las diferentes antenas con la ayuda de dichos primeros coeficientes complejos de ponderación, y obteniéndose la onda recibida ponderando señales recibidas por las mismas antenas con la ayuda de dichos segundos coeficientes complejos de ponderación;

25 - se restan los valores complejos del primer conjunto de los valores complejos correspondientes del segundo conjunto para obtener una lista de valores complejos corregidos y se proporciona al menos una sub-lista de la lista de valores complejos corregidos como característica electromagnética de dicho objeto.

30 Para cada valor complejo del primero o del segundo conjunto, los primeros coeficientes de ponderación son los elementos de un vector propio de una matriz de parámetros S corregidos y los segundos coeficientes de ponderación se obtienen mediante conjugación compleja de los primeros coeficientes de ponderación, obteniéndose la matriz de parámetros S corregidos mediante la diferencia entre la matriz de parámetros S de un primer sistema y la de un segundo sistema, estando constituido el primer sistema por el recinto y dicha red de antenas, estando constituido el segundo sistema por el recinto, el objeto y dicha red de antenas, midiéndose los parámetros S del primero y del segundo sistema para cada antena de emisión así como cada polarización de emisión y cada antena de recepción así como cada polarización de recepción.

35 Los vectores propios pueden determinarse previamente a partir de una matriz de los parámetros S corregidos, obteniéndose dicha matriz mediante una simulación.

40 Alternativamente, dichos vectores propios pueden determinarse previamente a partir de una matriz de los parámetros S corregidos, obteniéndose dicha matriz utilizando una maqueta de dicho objeto.

El recinto es típicamente de forma paralelepípedica y abierto en uno de sus extremos, con la red de antenas dispuesta en la cara del paralelepípedo opuesta al extremo abierto. Las paredes del recinto pueden ser metálicas.

45 La red de antenas es ventajosamente bidimensional.

Finalmente, las etapas del método de caracterización electromagnética mencionada anteriormente pueden repetirse para una pluralidad de frecuencias pertenecientes a una banda de frecuencia predeterminada.

55 Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto mediante la lectura de un modo de realización preferente de la invención con la ayuda de las figuras adjuntas:

60 la figura 1 representa de manera esquemática un ejemplo de dispositivo experimental que permite aplicar el método de caracterización electromagnética de un blanco según un modo de realización de la invención;

la figura 2 representa de manera esquemática un organigrama de un primer método de caracterización de un blanco;

65 la figura 3 representa de manera esquemática un organigrama del método de caracterización de un objeto según la invención.

Exposición detallada de modos de realización particulares

5 En adelante se considera un objeto O del que se desea caracterizar las propiedades de difracción electromagnética, ventajosamente pero no exclusivamente en baja frecuencia, en el sentido definido anteriormente. Este objeto puede por lo general ser modelizado con la ayuda de una condición de impedancia, es decir por una capa de material de permitividad eléctrica ϵ_r y de permeabilidad magnética μ_r que cubre un conductor perfecto. El objeto en cuestión puede ser no homogéneo, en cuyo caso el grosor de la capa, su permitividad eléctrica, su permeabilidad magnética pueden diferir de un punto a otro del objeto. Se recuerda que la impedancia de una capa de grosor e, permitividad ϵ_r ,
10 y permeabilidad magnética μ_r , es proporcionada por

$$\eta = -i \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan(ke\sqrt{\epsilon_r\mu_r}) \quad (2)$$

15 donde $k = \frac{2\pi}{c} f$ es el número de onda de la onda incidente, f su frecuencia y c la velocidad de la luz en el vacío. La elección de la dependencia temporal de las ondas se adopta de manera convencional como $\exp(-i\omega t)$.

El objeto O del que se pretende caracterizar las propiedades de difracción electromagnética puede ser de cualquier forma.

20 La figura 1 representa de manera esquemática un ejemplo de dispositivo experimental para aplicar el método de caracterización según una realización de la invención.

25 El dispositivo experimental incluye un recinto 110, ventajosamente de forma paralelepípeda y abierto en un extremo, en el que se dispone el objeto O que se debe caracterizar. El objeto O puede colocarse en un posicionador o suspenderse en el interior del recinto 110, preferiblemente en el centro del recinto.

30 Las paredes del recinto, o solo algunas de las mismas, son ligeramente absorbentes a la frecuencia de medición. Por ligeramente absorbente, se entiende en el presente documento que estas paredes solo permiten absorber poco o incluso nada las ondas electromagnéticas a la frecuencia de medición y, por lo tanto, que la mayor parte de estas ondas es reflejada. En particular estas paredes pueden ser metálicas y, por lo tanto, muy reflectantes.

35 Una de estas paredes, 111, ventajosamente la cara del paralelepípedo opuesta al extremo abierto, 112, está equipada con una red de antenas, típicamente una red bidimensional 120 conectada a un dispositivo de emisión/recepción, 130, estando el propio equipo controlado por medios de control 150. El dispositivo de emisión/recepción está conectado a un analizador de red 140, asimismo controlado por los medios de control 150.

40 Las antenas 121 de la red bidimensional 120 son del tipo con diversidad de polarización y pueden emitir y recibir según dos direcciones de polarización ortogonales, preferiblemente según las direcciones x e y que definen el plano de la red bidimensional, es decir respectivamente según una polarización horizontal y una polarización vertical. Las antenas 121 pueden ser por ejemplo de tipo dipolo plegado.

45 El dispositivo de emisión/recepción 130 está controlado por los medios de control 140, de manera que una o más antenas 121 pueden emitir a la vez, en polarización horizontal o en polarización vertical. Cuando varias antenas emiten simultáneamente, el dispositivo de control permite controlar las ganancias complejas (ganancias y desfases) de las antenas emisoras. Asimismo, el dispositivo de emisión/recepción 130 está controlado de modo que una sola antena sea receptora o algunas antenas 121 sean simultáneamente receptoras, según una polarización horizontal o vertical. Cuando varias antenas son simultáneamente receptoras, el dispositivo de control permite controlar las ganancias complejas (ganancias y desfases) aplicadas a las diferentes señales recibidas por estas antenas.

50 Si se expresa N como el número de antenas, el sistema constituido por el recinto, el objeto O y las N antenas puede considerarse con un multipolo de 2N entradas y 2N salidas, donde el factor 2 traduce la diversidad de polarización. Se expresa S como la matriz de tamaño 2N x 2N de los parámetros S de este multipolo, es decir:

$$S = \begin{pmatrix} S_{11}^{HH} & S_{12}^{HH} & \cdots & S_{1N}^{HH} & S_{11}^{HV} & S_{12}^{HV} & \cdots & S_{1N}^{HV} \\ S_{21}^{HH} & S_{22}^{HH} & \cdots & S_{2N}^{HH} & S_{21}^{HV} & S_{22}^{HV} & \cdots & S_{2N}^{HV} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{N1}^{HH} & S_{N2}^{HH} & \cdots & S_{NN}^{HH} & S_{N1}^{HV} & S_{N2}^{HV} & \cdots & S_{NN}^{HV} \\ S_{11}^{VH} & S_{12}^{VH} & \cdots & S_{1N}^{VH} & S_{11}^{VV} & S_{12}^{VV} & \cdots & S_{1N}^{VV} \\ S_{21}^{VH} & S_{22}^{VH} & \cdots & S_{2N}^{VH} & S_{21}^{VV} & S_{22}^{VV} & \cdots & S_{2N}^{VV} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{N1}^{VH} & S_{N2}^{VH} & \cdots & S_{NN}^{VH} & S_{N1}^{VV} & S_{N2}^{VV} & \cdots & S_{NN}^{VV} \end{pmatrix} \quad (3)$$

donde cada elemento $S_{ij}^{\pi_e, \pi_r}$ es el valor complejo del parámetro S para una onda emitida por la antena i con una polarización $\pi_e = H$ o V y recibida por la antena j según una polarización $\pi_r = H$ o V con $i, j = 1, \dots, N$. Más

5 precisamente el parámetro $S_{ij}^{\pi_e, \pi_r}$ es la relación de la amplitud compleja de la onda recibida por la antena j según una polarización π_r y de la amplitud compleja de la onda emitida por la antena i con una polarización π_e .

El analizador de red 140 permite calcular los parámetros S del multipolo, es decir los coeficientes de la matriz S a partir de las señales emitidas y recibidas por la red de antenas.

10

La figura 2 representa de manera esquemática el organigrama de un primer método de caracterización.

En la etapa 210, se procede a las mediciones de los parámetros S en ausencia del objeto que se debe caracterizar. Las antenas elementales son excitadas una tras otra según su polarización horizontal y su polarización vertical y las señales recibidas por las diferentes antenas se transmiten secuencial o paralelamente al analizador de red.

15

De este modo, se obtiene una matriz S_0 que proporciona los parámetros s de un primer sistema constituido por el recinto y la red de antenas (y, en su caso, del posicionador cuando está presente). Cabe señalar que, debido a la simetría de propagación, podría ser suficiente con determinar la mitad de los términos no diagonales de la matriz, ya

20

que $S_{ij}^{\pi_e, \pi_r} = S_{ji}^{\pi_r, \pi_e}$ con las anotaciones anteriores.

En la etapa 220, se procede a las mediciones de los parámetros S en presencia del objeto colocado en el recinto. Para ello, se excitan secuencialmente las antenas elementales según su polarización horizontal y su polarización vertical y las señales recibidas por las diferentes antenas se transmiten secuencial o paralelamente al analizador de red, como anteriormente.

25

De este modo, se obtiene una matriz S que proporciona los parámetros S de un segundo sistema constituido por el recinto, el objeto O que se debe caracterizar y la red de antenas. Por el mismo motivo que anteriormente, solo se podrá determinar la mitad de los términos no diagonales de la matriz.

30

Cabe señalar que las etapas 210 y 220 se podrán invertir, siendo indiferente el orden de la medición.

En la etapa 230, se resta de la matriz S, la matriz S_0 . La diferencia $\Delta S = S - S_0$ permite liberarse sensiblemente de la respuesta de difracción del recinto (y del posicionador cuando está presente).

35

Se puede mostrar que, si la superficie del objeto es perfectamente conductora, la matriz ΔS , expresada entonces como ΔS^∞ , es diagonalizable, al menos en una primera aproximación. Esta propiedad aproximarse debido a que el propio operador de difracción es diagonalizable en una base de campos lejanos característicos. Por operador de difracción, se entiende la función definida en el espacio, las funciones de cuadrado integrable $L^2(\mathbf{R}^3)$ que en el campo lejano de una onda entrante asocia el campo lejano de la onda saliente correspondiente. Cada campo lejano característico se debe a la radiación de una distribución de corriente en la superficie del objeto, denominada corriente característica. Se encontrará una teoría de las corrientes características en el artículo de R.F. Harrington y J.R. Mautz que lleva por título "Theory of characteristic modes for conducting bodies" publicado en IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. AP-19, No. 5, 1971. En el presente caso, esta propiedad solo se verifica en una primera aproximación, ya que las ondas incidentes sobre el objeto y las ondas difractadas hacia la red de antenas son de hecho ondas esféricas, y que la propagación no se lleva a cabo en un espacio libre sino en un espacio confinado por el recinto.

45

Asimismo, se ha podido mostrar experimentalmente que, para cualquier objeto real modelizado por una condición de impedancia como (2), es decir por el objeto perfectamente conductor mencionado anteriormente, revestido con una capa de grosor e homogénea y de impedancia η , la matriz ΔS obtenida por la medición conmutaba con la matriz ΔS^* . Además, se ha constatado experimentalmente que esta propiedad de conmutación permanece válida para un objeto que presenta impedancias distintas.

De este modo, en una primera aproximación, las matrices ΔS relativas a objetos que difieren solo por sus condiciones de impedancia son diagonalizables en una misma base de vectores propios y esta base solo depende a priori de la forma del objeto O que se debe caracterizar.

En la etapa 240, se diagonaliza la matriz ΔS obtenida en la etapa 230.

La matriz ΔS puede entonces expresarse como:

$$\Delta S = \mathbf{W} \mathbf{D} \mathbf{W}^{-1} \quad (4)$$

donde $\mathbf{D} = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_{2N})$ es la matriz diagonal que tiene por elementos los valores propios $\lambda_1, \dots, \lambda_{2N}$ de ΔS y donde \mathbf{W} es la matriz de cambio de base.

Se pueden considerar numerosas técnicas de diagonalización, especialmente las que permiten obtener directamente los valores propios, por ejemplo el método del pivote de Gauss.

Alternativamente, si se conocen los vectores propios \mathbf{V}_p , $p = 1, \dots, 2N$ de la matriz ΔS , los valores propios correspondientes pueden deducirse por proyección:

$$\lambda_p = \mathbf{V}_p^H \Delta S \mathbf{V}_p \quad (5)$$

donde \mathbf{V}_p^H es el transpuesto conjugado del vector \mathbf{V}_p . En realidad, la expresión (5) proporciona los valores propios λ_p cuando los vectores propios son unitarios, es decir si $\mathbf{V}_p^H \mathbf{V}_p = 1$. Se entenderá sin embargo que la expresión $\mathbf{V}_p^H \Delta S \mathbf{V}_p$ proporciona el valor propio λ_p de la norma próxima al vector \mathbf{V}_p : los valores $p=1, \dots, 2N$ representan en cualquier caso una firma electromagnética del objeto, en la medida en que los mismos vectores propios se utilizan para comparar las características de un objeto con las de un objeto de referencia o también para comparar las características de un objeto en dos instantes diferentes.

Los vectores propios pueden determinarse mediante múltiples métodos, conocidos en sí. Por ejemplo, estos últimos pueden obtenerse de una vez por todas mediante una simulación de difracción sobre el supuesto objeto perfectamente conductor o bien a partir de la matriz ΔS medida para una maqueta del objeto, o también a partir de la matriz ΔS medida para un objeto con una SER de referencia.

La relación ordenada de los valores propios λ_p , $p=1, \dots, 2N$ proporcionada en 250 caracteriza de manera unívoca la distribución de impedancia sobre el objeto y, por consiguiente, constituye una firma electromagnética de este objeto a la frecuencia de medición, del mismo modo que la SER. Asimismo, se podrá extraer una sub-lista de esta lista para caracterizar el objeto. Por ejemplo, será suficiente con extraer de la lista los valores propios más significativos, es decir los que tienen los módulos más elevados. Esta sub-lista puede reducirse al valor propio más significativo de la lista.

Según una variante, esta firma electromagnética se mide a una pluralidad de frecuencias, por ejemplo a intervalos regulares en una banda de frecuencia de interés.

La firma electromagnética puede compararse con una firma de referencia para verificar si el objeto posee efectivamente las características de difracción requeridas. Asimismo, puede medirse en el transcurso de la vida útil del objeto para examinar si sus características de difracción evolucionan a lo largo del tiempo (por ejemplo desprendimiento o degradación de un revestimiento dieléctrico).

La figura 3 representa de manera esquemática el organigrama del método de caracterización según la invención.

El método de caracterización según la invención supone que se han obtenido previamente los vectores propios \mathbf{V}_p , $p=1, \dots, 2N$, relativos al objeto que se debe caracterizar.

En una primera etapa, 310, se determinan los valores complejos:

$$\mu_p^0 = \mathbf{V}_p^H \mathbf{S}_0 \mathbf{V}_p \quad (6)$$

Para ello, en ausencia del objeto que se debe caracterizar en el recinto, se efectúa para cada $p=1, \dots, 2N$, una ponderación en la emisión de las $2N$ señales que deben emitirse por los elementos complejos del vector V_p y se aplica en la recepción una ponderación de las $2N$ señales recibidas por los elementos complejos del vector V_p^H . Esta ponderación consiste en efectuar una operación de formación de vía tanto en la emisión como en la recepción, con la ayuda de una pluralidad de conjuntos de coeficientes complejos, correspondiendo cada conjunto a un vector propio V_p .

Se entenderá que esta ponderación en la emisión y en la recepción permite realizar directamente una proyección de la medición en cada uno de los vectores propios.

De este modo se obtienen los valores μ_p^0 , $p=1, \dots, 2N$.

En una segunda etapa, 320, se miden los valores complejos:

$$\mu_p = V_p^H S V_p \quad (7)$$

del mismo modo que en la primera etapa, pero esta vez colocando previamente el objeto que se debe caracterizar en el recinto.

Los valores complejos de ponderación en la emisión y en la recepción son los mismos que anteriormente y se podrán, por consiguiente, haber guardado en memoria por los medios de control.

De este modo se obtienen los valores μ_p , $p=1, \dots, 2N$.

En una tercera etapa, 330, se determinan los valores λ_p , $p=1, \dots, 2N$, mediante:

$$\lambda_p = \mu_p - \mu_p^0 \quad (8)$$

y, por consiguiente, la firma electromagnética mencionada anteriormente. Como anteriormente, la firma electromagnética proporcionada en 340 puede consistir en una sub-lista de la lista de estos valores complejos.

Se entenderá que la ventaja del método de caracterización según la invención respecto del primer método es la reducción del número de mediciones efectuadas en las etapas 210 y (2N en lugar $4N^2$ por etapa si no se tienen en cuenta las relaciones de simetría de la matriz S) efectuando directamente una proyección modal.

En cualquier caso, la firma electromagnética constituida por los valores propios puede servir para caracterizar las propiedades de difracción electromagnética mediante el objeto para una o varias frecuencias.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método de caracterización electromagnética de un objeto (O) a una frecuencia dada, en el transcurso del cual se coloca dicho objeto (O) en un recinto (110) del que al menos ciertas paredes son ligeramente absorbentes a dicha frecuencia, estando una de las paredes (111) del recinto equipada con una red de antenas (120), pudiendo cada antena (121) emitir una y recibir ondas electromagnéticas según una primera polarización (H; V) y una segunda polarización (V; H) ortogonal a la primera, incluyendo además dicho método las siguientes etapas:
- 5
- en ausencia de dicho objeto en el recinto, se mide (310) un primer conjunto de valores complejos, (μ_p^0 , $p=1, \dots, 2N$), determinándose cada valor complejo como la relación entre la amplitud de una onda recibida y una onda emitida, obteniéndose la onda emitida ponderando señales emitidas por las diferentes antenas (121) con la ayuda de unos primeros coeficientes complejos de ponderación, y obteniéndose la onda recibida ponderando señales recibidas por las mismas antenas (121) con la ayuda de unos segundos coeficientes complejos de ponderación;
- 10
- en presencia de dicho objeto en el recinto, se mide (320) un segundo conjunto de valores complejos (μ_p , $p=1, \dots, 2N$), determinándose cada valor complejo como la relación entre la amplitud de una onda recibida y una onda emitida, obteniéndose la onda emitida ponderando señales emitidas por las diferentes antenas (121) con la ayuda de dichos primeros coeficientes complejos de ponderación, y obteniéndose la onda recibida ponderando señales recibidas por las mismas antenas (121) con la ayuda de dichos segundos coeficientes complejos de ponderación, y para cada valor complejo del primer o del segundo conjunto, los primeros coeficientes de ponderación son los elementos de un vector propio (V_p) de una matriz de parámetros S corregidos y los segundos coeficientes de ponderación se obtienen mediante conjugación compleja de los primeros coeficientes de ponderación, obteniéndose la matriz de parámetros S corregidos mediante diferencia entre la matriz de parámetros S de un primer sistema y la de un segundo sistema, estando constituido el primer sistema por el recinto (110) y dicha red de antenas (120), estando constituido el segundo sistema por el recinto (110), el objeto (O) y dicha red de antenas (121), midiéndose los parámetros S del primero y del segundo sistema para cada antena de emisión (121) así como cada polarización de emisión (H; V) y cada antena de recepción (121) así como cada polarización de recepción (H; V).
- 15
- 20
- 25
- 30 - se restan (330) los valores complejos del primer conjunto (μ_p^0 , $p=1, \dots, 2N$) de los valores complejos correspondientes del segundo conjunto (μ_p , $p=1, \dots, 2N$) para obtener una lista de valores complejos corregidos ($\lambda_p = \mu_p - \mu_p^0$) y se proporciona al menos una sub-lista de la lista de valores complejos corregidos como característica electromagnética de dicho objeto (O).
- 35
- 2.- Método de caracterización electromagnética según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos vectores propios (V_p) se determinan previamente a partir de una matriz de los parámetros S corregidos, obteniéndose dicha matriz mediante una simulación.
- 40
- 3.- Método de caracterización electromagnética según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos vectores propios (V_p) pueden ser determinados previamente a partir de una matriz de los parámetros S corregidos, obteniéndose dicha matriz utilizando una maqueta de dicho objeto (O).
- 45
- 4.- Método de caracterización electromagnética según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el recinto (110) es de forma paralelepípedica y abierto en uno de sus extremos (112), con la red de antenas (120) dispuesta en la cara (111) del paralelepípedo opuesta al extremo abierto (112).
- 5.- Método de caracterización electromagnética según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las paredes del recinto (110) son metálicas.
- 50
- 6.- Método de caracterización electromagnética según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la red de antenas (120) es bidimensional.
- 7.- Método de caracterización electromagnética según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se repite para una pluralidad de frecuencias pertenecientes a una banda de frecuencia predeterminada.

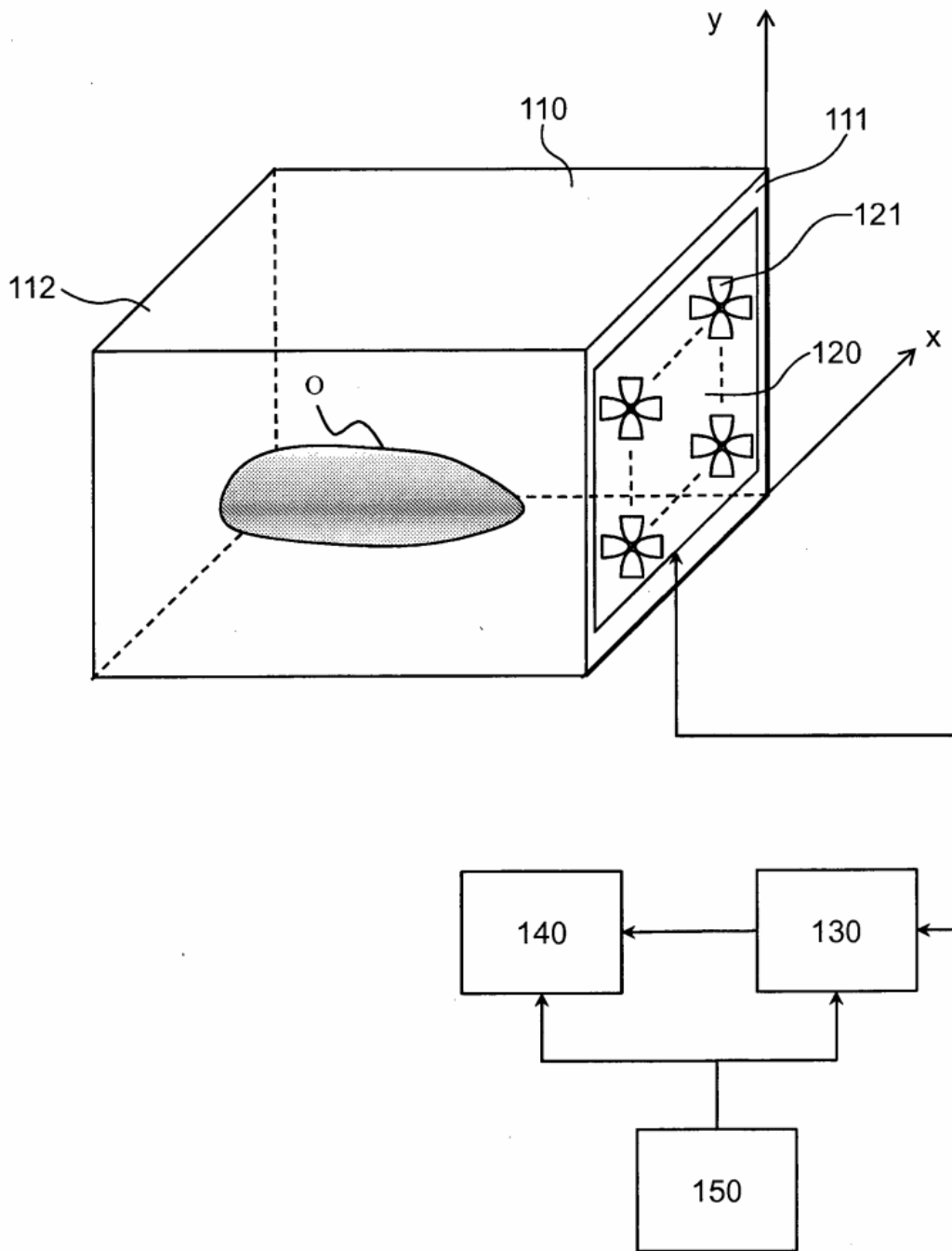


Fig.1

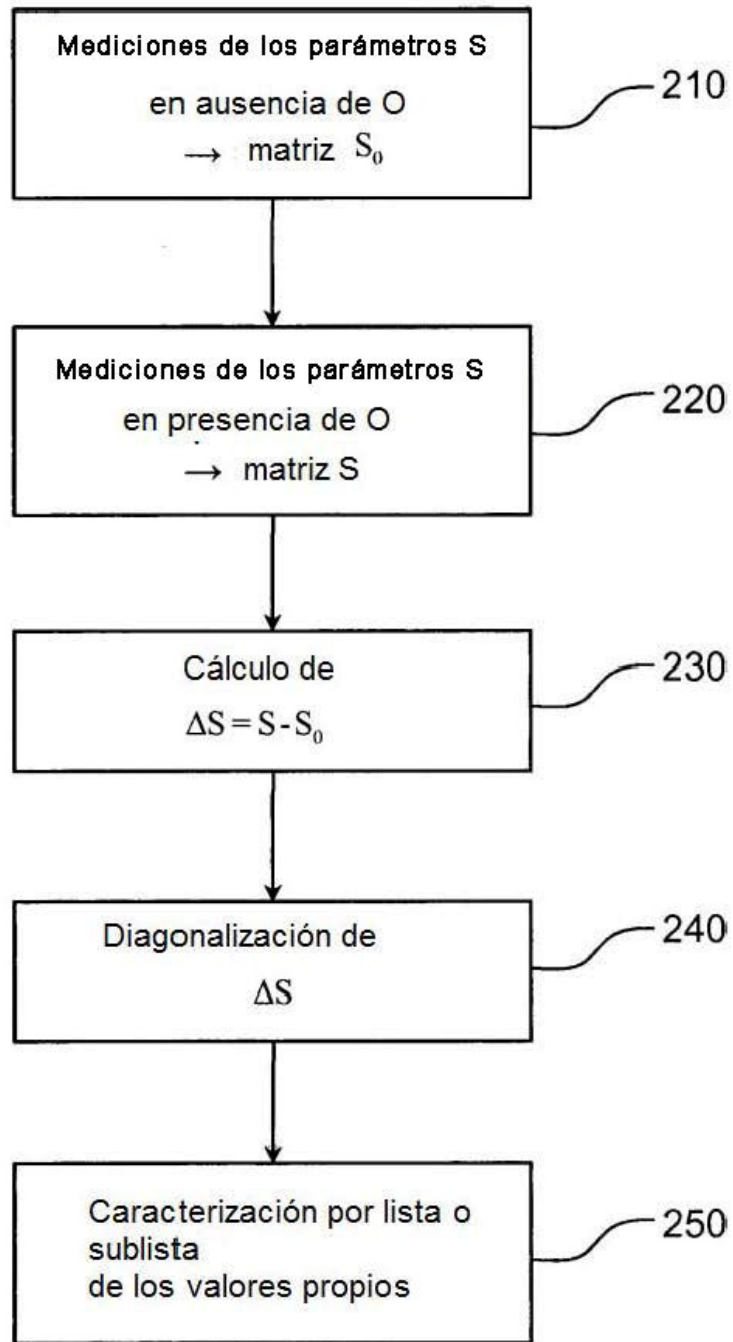
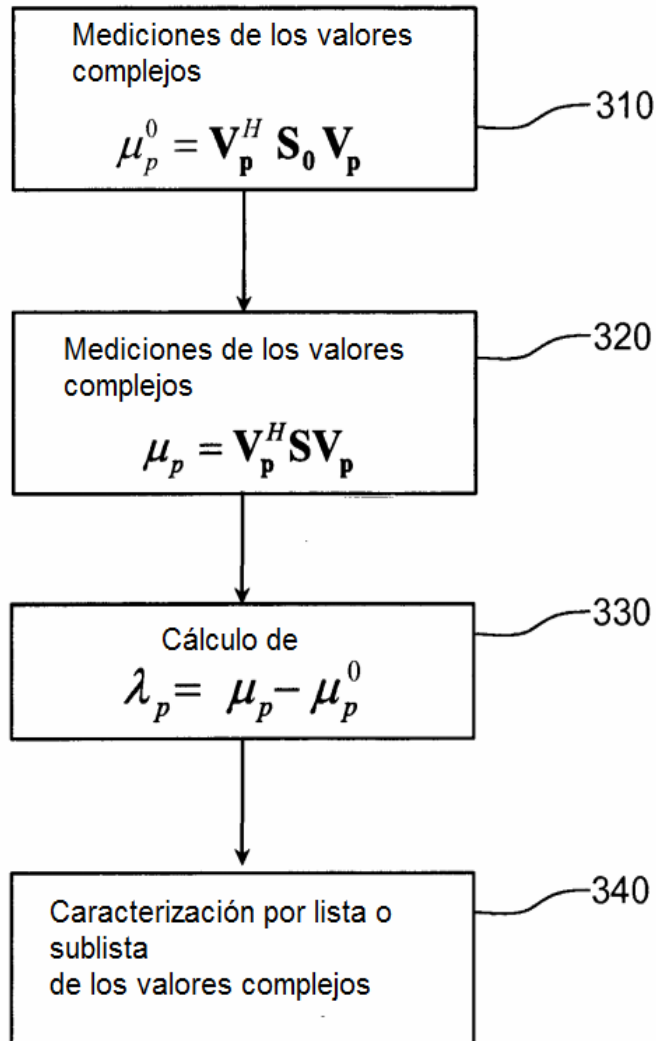


Fig. 2

**Fig. 3**