



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 864**

51 Int. Cl.:  
**H01Q 17/00** (2006.01)  
**B32B 18/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07835119 .4**  
96 Fecha de presentación : **18.10.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2092606**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.08.2009**

54 Título: **Absorbedor de microondas, especialmente para aplicaciones de alta temperatura.**

30 Prioridad: **19.10.2006 SE 0602197**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**26.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**26.10.2011**

73 Titular/es:  
**TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSSINSTITUT**  
**164 90 Stockholm, SE**

72 Inventor/es: **Jänis, Anna**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 366 864 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

Absorbedor de microondas, especialmente para aplicaciones de alta temperatura.

5 El invento presente se refiere a un absorbedor de radiación para el campo de las microondas. Se conoce cubrir superficies que reflejan radiación de radar con diferentes tipos de absorbedor de radar. La mayoría de los absorbedores de radar tienen actualmente una estructura de capa. Los hay que usan una o más láminas de resistencia delgadas con una resistencia superficial apropiada. Los absorbedores de técnica anterior de este tipo son pantallas Salisbury, absorbedores Jaumann y capas de hoja única.

10 Una pantalla Salisbury consta de una lámina de resistencia que está situada a una distancia de un cuarto de una longitud de onda de una superficie de metal. La lámina de resistencia tiene la misma resistencia superficial que la impedancia de la onda en el vacío y la capa intermedia es una capa dieléctrica con una constante dieléctrica próxima a 1. Un absorbedor Jaumann es una combinación de dos o más pantallas Salisbury. Una capa de hoja única consta de dos capas de dieléctrico con una lámina de resistencia intermedia. Es bien conocido cómo los absorbedores de radar de técnica anterior deben ser construidos con respecto a la resistencia superficial de las láminas de resistencia, a la constante dieléctrica relativa de las láminas dieléctricas y al espesor de las capas incluidas en el absorbedor de radar para que funcionen de acuerdo con los requisitos.

20 La resistencia superficial de la lámina de resistencia, la constante dieléctrica relativa del material separador y el espesor de las diversas capas se deben al margen de frecuencia para el que se ha optimizado la estructura y el grado de reflexión que se desea, que es debido a las demandas exigidas al absorbedor. En la Figura 1a se muestra un ejemplo de una capa de hoja única optimizada para la banda X y P. La resistencia superficial de la lámina de resistencia es  $125 \Omega/K$ . Las dos capas de material separador son materiales dieléctricos con una constante dieléctrica relativa  $\epsilon_r = 4$  y un espesor de 3 mm. La Figura 1b muestra la reflexión medida dentro del margen de frecuencias de 0 - 20 GHz del absorbedor de radar de la Figura 1a. El absorbedor tiene una reflexión inferior a -13 dB (5%) dentro del margen de frecuencias de 7,4 - 17,7 GHz.

30 Las láminas de resistencia de los absorbedores de radar que se usan actualmente están hechas con frecuencia de tejido de fibra de carbono o de una película de plástico con una lámina con pérdidas delgada. Estos materiales funcionan a la temperatura ambiente y a temperaturas próximas a ella. Sin embargo, no pueden ser usadas a temperaturas significativamente más elevadas ya que entonces se destruirían. Es, sin embargo, muy importante que se pueda producir un absorbedor de radar que pueda ser aplicado a las superficies calientes, tales como la salida de un motor de reacción o de un motor-cohete. Esto no ha sido posible con absorbedores de radar de la técnica anterior más próxima.

40 El invento presente proporciona una solución a este problema mediante el diseño del invento como se define en la reivindicación independiente siguiente. El resto de las reivindicaciones se refieren a realizaciones ventajosas del invento. El invento es, por supuesto, muy útil también en aplicaciones tradicionales a temperaturas inferiores.

El invento será descrito a continuación con más detalle haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

45 La Figura 1a muestra un ejemplo de la estructura de una capa de hoja única.  
La Figura 1b es un diagrama de la capacidad de absorción de radiación de la capa de hoja única de la Figura 1a.  
La Figura 2a muestra un primer diseño de ensayo del invento.  
La Figura 2b es un diagrama de la capacidad de absorción de radar de la realización del invento mostrada en la Figura 2a.  
50 La Figura 3a muestra un segundo diseño de ensayo del invento.  
La Figura 3b es un diagrama de la capacidad de absorción de radar de la realización del invento mostrada en la Figura 3a.

55 En el invento se empieza, debido a la aplicación, a partir de un absorbedor de radar de algún tipo conocido, en el que la lámina de resistencia tradicional o las láminas de resistencia tradicionales han sido sustituidas por láminas hechas de un material de la fase MAX. Dichos materiales resisten temperaturas elevadas, véase a continuación la explicación adicional de estos materiales. Además, las capas dieléctricas incluidas están hechas de un material resistente a la temperatura con propiedades eléctricas apropiadas. Se hace referencia aquí a estos materiales como cerámicas de baja permitividad (constante dieléctrica relativa  $\epsilon_r < 15$ ), se llaman cerámicas a todos los materiales que son inorgánicos y no metálicos.

60 Esto significa que en las cerámicas se incluyen también diferentes tipos de cristal. Los hay que resisten temperaturas elevadas. En la Tabla 1 mostrada a continuación hay unos pocos ejemplos de cerámicas de baja permitividad con su constante dieléctrica. También pueden utilizarse compuestos cerámicos (compuestos cerámicos

reforzados con partículas, cerdas y fibra) como capas dieléctricas con tal de que tengan una constante dieléctrica apropiada.

Tabla 1

| Material                           | Constante dieléctrica $\epsilon_r$ |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Esteatita, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  | 6,0 - 6,1                          |
| Cordierita, $Mg_2A_{14}Si_5O_{18}$ | 5,0 - 5,7                          |
| Forsterita, $2MgO \cdot SiO_2$     | 6,4                                |
| Mulita, $Al_6Si_2O_{13}$           | 6,7 - 7,5                          |
| Óxido de Aluminio, $Al_2O_3$       | 9,5 - 9,7                          |
| Óxido de Berlio, BeO               | 6,5 - 6,8                          |
| Nitruro de Aluminio, AlN           | 8,8 - 8,9                          |
| Nitruro de Silicio, $Si_3N_4$      | 8,1                                |
| Cristal de cuarzo, $SiO_2$ cristal | 3,8                                |

5 Cuando sea necesario, la constante dieléctrica de las cerámicas puede ser reducida mediante la introducción de poros en el material. La constante dieléctrica puede ser reducida también mediante la producción de materiales compuestos. Para la mulita, es posible producir, por ejemplo, materiales compuestos de mulita y cristal de cuarzo o de mulita y cordierita.

10 Con respecto a la lámina de resistencia, se ha demostrado en lo que sigue a continuación que un material de la fase MAX, puede funcionar, en cuanto a las propiedades electromagnéticas, de la misma manera que las láminas de resistencia utilizadas hasta ahora. Cuando se produce un absorbedor de radar, se usa por tanto una técnica que es conocida desde el punto de vista de la absorción de radiación, y una persona experta en la técnica calcula, de la manera tradicional, propiedades electromagnéticas deseables de las capas incluidas, basándose en los requisitos.

15 La característica especial del invento es el conocimiento de que los materiales de la fase MAX pueden ser usados en la lámina de resistencia. Los materiales de la fase MAX tienen muchas propiedades beneficiosas en el contexto, por ejemplo, resisten las temperaturas elevadas.

20 Los materiales de la fase MAX son materiales que están definidos por la fórmula  $M_{n+1}AX_n$ . En la fórmula, M representa un metal de transición del grupo que comprende el escandio (Sc), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), zirconio (Zr), niobio (Nb), molibdeno (Mo), hafnio (Hf) y tántalo (Ta) o una combinación de dos o más metales de transición del grupo. A representa los elementos del grupo del aluminio (Al), silicio (Si), fósforo (P), azufre (S), galio (Ga), germanio (Ge), arsénico (As), cadmio (Cd), indio (In), estaño (Sn), talio (Tl) y plomo (Pb) o una combinación de dos o más elementos del grupo. X representa carbono (C) y/o nitrógeno (N).

25 En la fórmula para los materiales de la fase MAX,  $M_{n+1}AX_n$ , n puede ser 1, 2 ó 3, lo que da lugar a tres grupos de materiales. El primer grupo con n = 1 es llamado el grupo 211. Los números representan el número de átomos de cada elemento químico M, A y X, respectivamente. La Tabla 2, que se muestra a continuación, contiene todos los materiales conocidos actualmente del grupo 211. El segundo grupo es el de n = 2 y se llama el grupo 312. Se conocen tres materiales en este grupo,  $Ti_3GeC_2$ ,  $Ti_3AlC_2$  y  $Ti_3SiC_2$ . El tercer grupo es el de n = 3 y se llama el grupo 413. Éste contiene solamente un material conocido actualmente,  $Ti_4AlN_3$ .

Tabla 2

| Material de la fase MAX, grupo 211 |                |                        |           |           |           |
|------------------------------------|----------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| $Ti_2AlC$                          | $Ti_2AlN$      | $Hf_2PbC$              | $Cr_2GaC$ | $V_2AsC$  | $Ti_2InN$ |
| $Nb_2AlC$                          | $(Nb,Ti)_2AlC$ | $Ti_2AlN_{1/2}C_{1/2}$ | $Nb_2GaC$ | $Nb_2AsC$ | $Zr_2InN$ |
| $Ti_2GeC$                          | $Cr_2AlC$      | $Zr_2SC$               | $Mo_2GaC$ | $Ti_2CdC$ | $Hf_2InN$ |
| $Zr_2SnC$                          | $Ta_2AlC$      | $Ti_2SC$               | $Ta_2GaC$ | $Sc_2InC$ | $Hf_2SnN$ |
| $Hf_2SnC$                          | $V_2AlC$       | $Nb_2SC$               | $Ti_2GaN$ | $Ti_2InC$ | $Ti_2IC$  |
| $Ti_2SnC$                          | $V_2PC$        | $Hf_2SC$               | $Cr_2GaN$ | $Zr_2InC$ | $Zr_2TiC$ |
| $Nb_2SnC$                          | $Nb_2PC$       | $Ti_2GaC$              | $V_2GaN$  | $Nb_2InC$ | $Hf_2TiC$ |
| $Zr_2PbC$                          | $Ti_2PbC$      | $V_2GaC$               | $V_2GaC$  | $Hf_2InC$ | $Zr_2TiN$ |

35 Los materiales de la fase MAX tienen una estructura cristalina especial que combina las mejores propiedades de los metales con las ventajas de las cerámicas. Tienen una elevada conductividad eléctrica y térmica, baja fricción, una resistencia muy grande al desgaste y resisten los golpes de temperatura. Los materiales pueden ser hechos mediante sinterización o mediante la PVD, Physical Vapour Deposition, o deposición física de vapor.

40 Ya que Los materiales de la fase MAX tienen una elevada conductividad y pueden resistir temperaturas extremadamente elevadas, pueden ser usados como una lámina de resistencia delgada en un absorbedor de

microondas a temperaturas elevadas, por encima de los 1.000°C, pero, por supuesto, también a la temperatura ambiente y a temperaturas intermedias.

5 Para determinar fundamentalmente qué materiales de fase MAX pueden funcionar como una lámina de resistencia delgada en una estructura de capa absorbidora de radar, se produjeron unas pocas cubiertas delgadas de titanio o de carburo de silicio titanio  $Ti_3SiC_2$  sobre un sustrato de gas usando la PVD. Los materiales de la fase MAX del grupo 312 son muy convenientes para ser usados en el invento presente. La Figura 2a muestra una estructura de capa tipo pantalla Salisbury con lámina de resistencia hecha de  $Ti_3SiC_2$  y la Figura 3a muestra una capa de hoja única, igualmente con la lámina de resistencia hecha de  $Ti_3SiC_2$ .

10 Las Figuras 2b y 3b son diagramas de la reflexión medida de los absorbedores de radar respectivos en el espacio libre dentro del margen de frecuencias de 2 - 20 GHz a temperatura ambiente y de reflexión calculada teóricamente de las mismas estructuras. Los diagramas demuestran que la reflexión medida se ajusta muy bien a los valores calculados teóricamente. Esto significa que una lámina de resistencia hecha de  $Ti_3SiC_2$  cumple adecuadamente su objetivo en las estructuras de capa de absorción de radiación respectivas.

15 Es importante poner énfasis en que las estructuras de capa creadas son usadas solamente para verificar que los materiales de la fase MAX pueden ser usados para el objetivo en cuestión. Ninguna de las estructuras de capa fue optimizada de ninguna manera, lo que se pone de manifiesto por el hecho de que los mínimos de reflexión de las Figuras 2b y 3b son de banda estrecha y no óptima. Si la resistencia superficial de la lámina de resistencia, la constante dieléctrica relativa del material de separación y el espesor de las diferentes capas están optimizados, se puede obtener una reflexión menor en una banda de frecuencia más ancha. Los métodos convencionales para optimizar las estructuras de capa para absorber radiación pueden ser usados en el caso en cuestión y son bien conocidos por personas expertas en la técnica.

20 La resistencia superficial de la cubierta de ensayo producida de  $Ti_3SiC_2$  fue  $338 \Omega/K$  que es próxima a la impedancia de onda de vacío ( $\approx 377\Omega$ ), que es ventajosa para una pantalla Salisbury. La resistencia superficial de la lámina puede ser cambiada eligiendo un material adecuado, por ejemplo, otro material de la fase MAX con conductividad diferente  $\sigma$  y/o eligiendo el espesor  $d$  de la lámina, ya que  $R_{yt}=1/\sigma d$ .

25 Para determinar que Los materiales de la fase MAX pueden funcionar también a temperaturas elevadas como una lámina de resistencia delgada de un absorbedor de radar, se produjo una muestra de una pantalla similar a la Salisbury con cristal de cuarzo  $SiO_2$  como sustrato, que resiste temperaturas mayores. De la misma manera que en el ejemplo de temperatura ambiente anteriormente mencionado, se aplicó una cubierta delgada de  $Ti_3SiC_2$  al sustrato de cristal de cuarzo usando la PVD. Las medidas realizadas en la muestra demuestran un buen funcionamiento con un mínimo de reflexión claro al menos hasta los 200° C.

30

35

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un absorbedor de microondas, especialmente para aplicaciones de alta temperatura, que comprende al menos una lámina de resistencia y al menos una capa dieléctrica, estando hecha dicha capa dieléctrica de un material que resiste altas temperaturas,  
**que se caracteriza porque** la lámina de resistencia está hecha de un material de la fase MAX.
- 10 2. Un absorbedor de microondas como se reivindica en la reivindicación 1,  
**que se caracteriza porque** la lámina de resistencia está hecha de un material de la fase MAX del grupo 312.
3. Un absorbedor de microondas como se reivindica en la reivindicación 2,  
**que se caracteriza porque** la lámina de resistencia está hecha de un carburo de silicio titanio,  $Ti_3SiC_2$ .
- 15 4. Un absorbedor de microondas como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 – 3,  
**que se caracteriza porque** el material dieléctrico es una cerámica de baja permitividad o un compuesto de cerámica.
- 20 5. Un absorbedor de microondas como se reivindica en la reivindicación 4,  
**que se caracteriza porque** se introducen poros en el material cerámico con el objeto de reducir la constante dieléctrica hasta un nivel deseable.

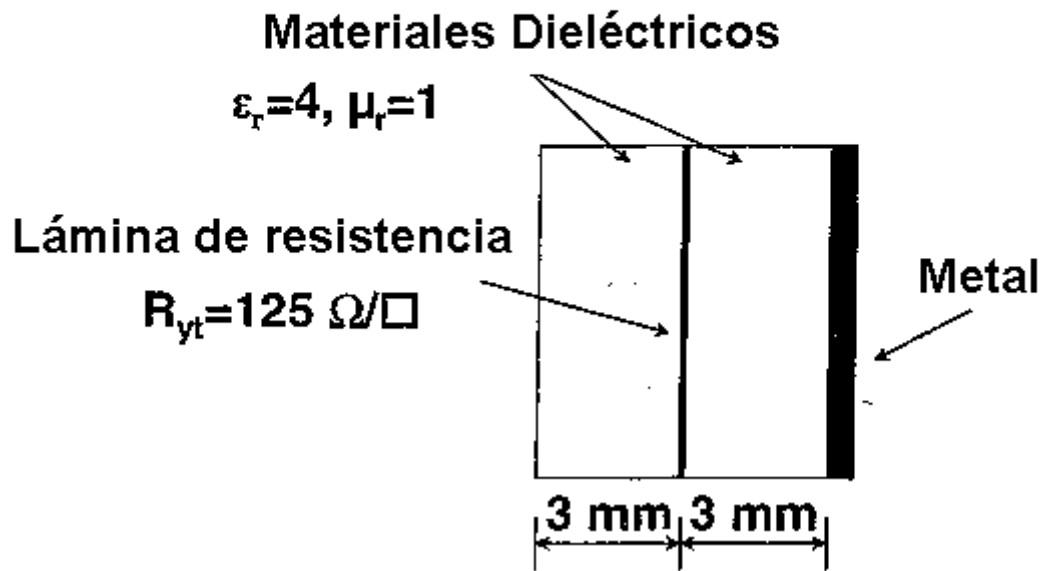


Fig. 1a

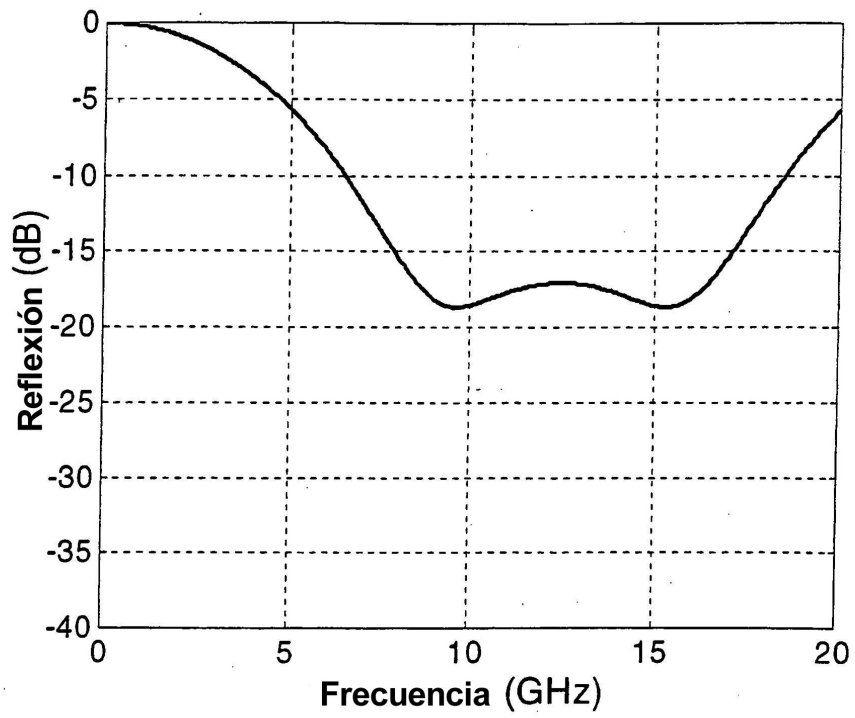


Fig. 1b

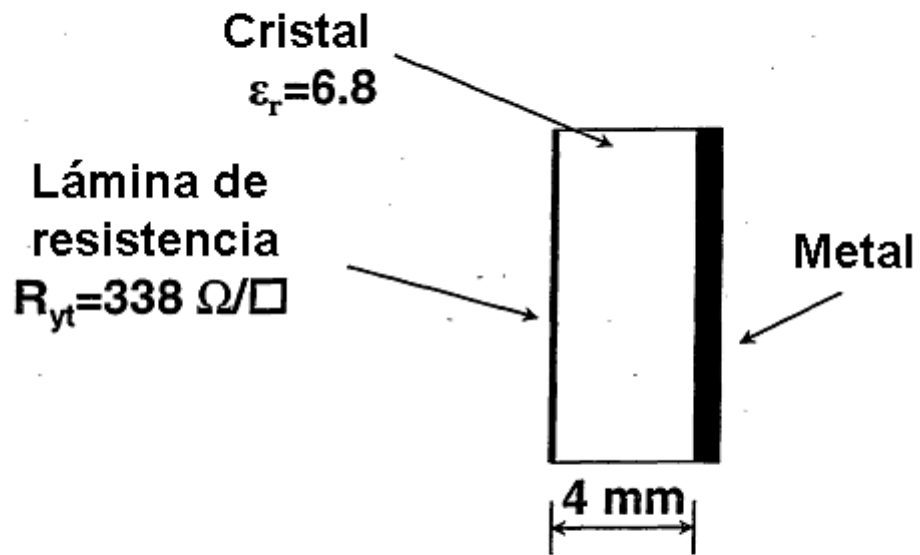


Fig. 2a



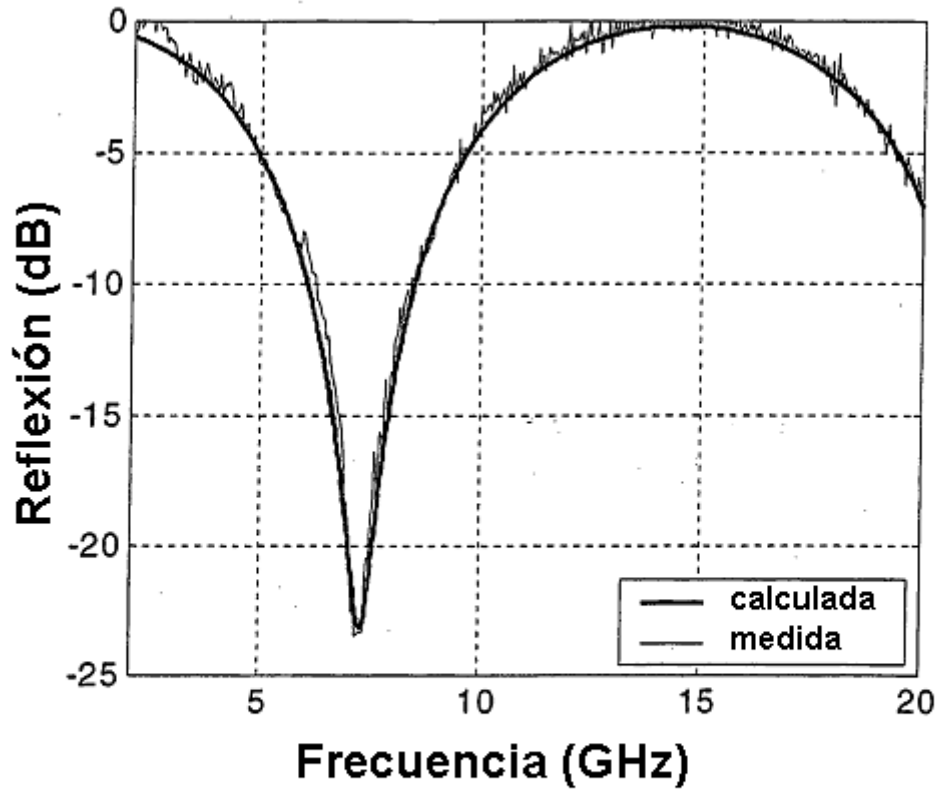


Fig. 2b

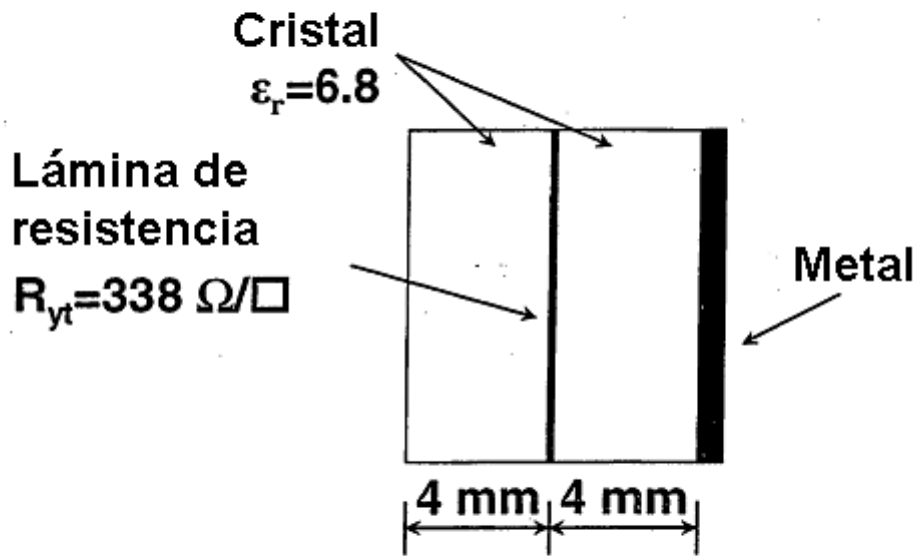


Fig. 3a

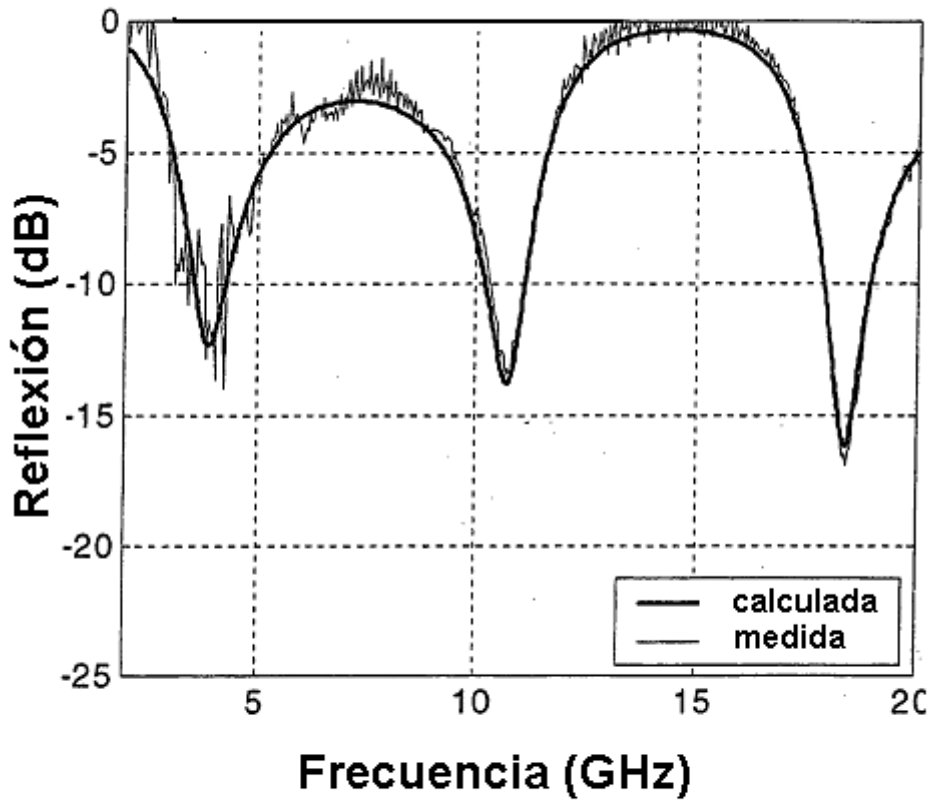


Fig. 3b