

# CARACTERIZACION ELECTROMAGNETICA DE MATERIALES R.A.M. MEDIANTE MEDIDAS EN ESPACIO LIBRE

F.Gastón, S.Blanch,A.Cardama,L.Jofre  
Grupo A.M.R., Dep. Teoría de la señal y comunicaciones  
Universidad Politécnica de Cataluña  
Apdo. Postal 30002, 08080 Barcelona  
Tel. 93-4017219

## ABSTRACT

*A free-space measurement system in the 2-18GHz frequency range is used to measure the reflection and transmission coefficients of planar samples. The complex electric permittivity and the magnetic permeability are calculated from the measured values of  $S_{11}$  and  $S_{21}$ . The measurement system consists of broadband transmit and receive antennas, a network analyzer, mode transitions, and a computer. Error due to multiple reflections between antennas via the surface of the sample are corrected by using a free space T.R.L. calibration technique.*

## INTRODUCCION

La continua aparición de nuevos materiales en el mercado, así como el creciente uso que de ellos se hace en el campo de las microondas, hacen necesario el uso de métodos rápidos y precisos, para la caracterización electromagnética de los mismos.

Se ha trabajado dentro del grupo en el desarrollo de un método, que através de medidas de transmisión-reflexión en guía y los apropiados algoritmos de reconstrucción nos permiten conocer  $\epsilon^*$  y  $\mu^*$  del material.

La ineficiencia del método es debida básicamente a tres factores:

-A medida que vas subiendo en frecuencia, el tamaño de las muestras va disminuyendo y con él la precisión obtenida en el corte de las mismas.

-Aunque se logre un corte preciso, ciertos materiales de tipo estructural, constituidos por un mallado plástico y rellenos con material dieléctrico, no mantienen la calidad de medida conforme subimos en frecuencia debido principalmente a que el tamaño de las muestras es similar al de su mallado interno y a su vez este último al de la longitud de onda,

con lo cual las medidas que estamos obteniendo no son representativas del comportamiento global del material

-Por último, a medida que bajamos en frecuencia el tamaño de las guías crece excesivamente al igual que las dimensiones del sistema de medida y el número de bandas necesarias para cubrir el margen de 2 a 20 GHz.

Para solventar los dos primeros problemas se había pensado en implementar algún método de medida en espacio libre. De entre los existentes en la bibliografía del tema se estudió la posibilidad de realizar medidas de transmisión-reflexión entre bocinas cónicas corregidas en fase. Este método permite obtener las características reflectantes del material sin tener que destruirlo. Sin embargo, el ancho de banda de las transiciones coaxial-guía circular es menor que el de las coaxial-guía rectangular, con lo que el tercer problema de los anteriormente mencionados hace el sistema inútil para medidas de gran ancho de banda. Se alivia el problema, llevándolo a niveles similares a los de las guías, mediante el empleo de transiciones coaxial-guía rectangular para después pasar de guía rectangular a guía circular mediante adaptadores que no generen modos superiores.

No habiendo encontrado solución a nuestras necesidades, decidimos diseñar y construir unas antenas que fuesen de gran ancho de banda y capaces de cubrir la banda de 2 a 18GHz. Los errores de fase los corregimos mediante un par de lentes doblemente convexas que focalizan el campo en la apertura de la bocina sobre la muestra de material minimizándose de este modo los efectos de difracción en bordes de la muestra.

## DISEÑO DE BOCINAS DE BANDA ANCHA

El comportamiento monomodo de las guías ridge se consigue mediante la introducción de unos "ridge" en la parte superior e inferior de la guía que rompen con la simetría de los campos de su interior y evitan la propagación del modo TE<sub>20</sub> a la vez que rebajan la frecuencia de corte del modo fundamental, consiguiéndose de este modo el ancho de banda necesario.

En el diseño de la bocina hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

-Se ha de diseñar el tramo de guía de forma que tenga una impedancia característica igual a la de la línea coaxial que le alimenta.

-Se deben hacer desaparecer los "ridge" antes de que éstos alcancen la boca de la bocina, puesto que sino la fase en la boca de la bocina aparecerá muy distorsionada.

-Ya que los "ridge" han de terminar antes de alcanzar la apertura, ésta debe de ser de más de media longitud de onda de ancho para permitir la propagación del modo TE<sub>10</sub>.

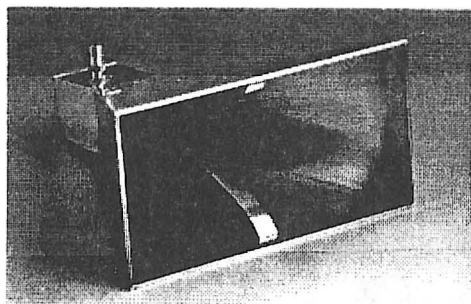
-La impedancia en la apertura de la boca ha de ser la del espacio libre para que no haya desadaptación.

-La apertura de la bocina no puede ser muy grande ya que lo que a bajas frecuencias nos daría un error de fase muy pequeño, a altas frecuencias nos producirían grandes errores de fase muy difíciles de corregir mediante una lente.

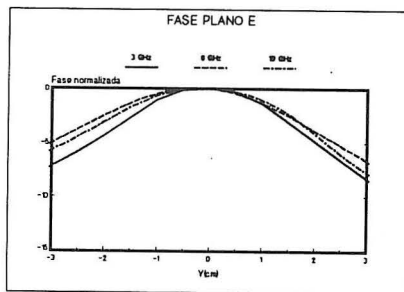
Fruto de las anteriores consideraciones se ha realizado el diseño de la bocina que aparece en la ilustración de la página siguiente. Para ella se ha elegido un perfil exponencial

de impedancia característica que experimentalmente se ha demostrado [2], ser el más apropiado. También se ha decidido dar a la boca de la bocina una relación de aspecto de 1:2 que es la que mejor adapta la apertura a la impedancia de onda del espacio libre.

Una vez construida la antena ha sido medido el error de fase en su boca a diferentes frecuencias y se han normalizado con respecto a la constante de propagación (ver fig. 2). Comparadas las gráficas resultantes a frecuencias de 3, 8, 19GHz observamos que el error de fase es cuadrático, lo cual comprobamos que el error de fase es sinilar al de otras bocinas de geometría más habitual, y que por tanto, la inclusión de los "ridges" nos sigue permitiendo utilizar lentes esféricas. También se puede observar la gran similitud de las gráficas en todas las frecuencias lo que hace pensar en el diseño de una unica lente para todo el margen frecuencial de interés.



(fig.1) Bocina Ridge



(fig.2) Errores de fase en la boca

### MEDIDA DE PARAMETROS S

La medida de los parámetros S, a partir de los cuales reconstruimos la permitividad y la permeabilidad, se realiza ( fig.3) mediante un analizador vectorial de redes HP-8510B que suministra la señal a las bocinas através de un par de cables coaxiales. La necesidad de eliminar los errores sistemáticos de medida, hace obligatorio el uso de técnicas de calibración.

La calibración del sistema se podría realizar en los coaxiales que transmiten la señal a la bocina, pero de este modo no estaríamos teniendo en cuenta la desadaptación de la transición coaxial-guía ni la de la boca de la bocina, así como tampoco estaríamos considerando el fuerte acoplo existente entre los dos ports de medida y que constituyen uno de los términos de error a corregir mediante calibración. Todo ésto hace necesario el uso de técnicas de calibración T.R.L. en espacio libre.

Este tipo de calibración está justificada siempre que las ondas incidentes sobre la muestra sean planas, como así se desprende del análisis teórico realizado por Musil & Zacek [1].

La calibración T.R.L. se realiza mediante la definición de tres standards:

Through: Se consigue manteniendo la colocación entre antenas igual a dos veces la distancia focal.

Reflect: Se obtiene mediante la colocación de una placa conductora en el plano



$$\frac{\mu_r}{\epsilon_r} = \left( \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} \right)^2 = X \quad (4)$$

$$\mu_r \epsilon_r = - \left[ \frac{c}{\omega d} \ln \left( \frac{1}{T} \right) \right]^2 = Y \quad (5)$$

$$\mu_r = \sqrt{(XY)} \quad , \quad \epsilon_r = \sqrt{\left( \frac{X}{Y} \right)} \quad (6)$$

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Comisión Interministerial de ciencia y tecnología (CICYT), ACCION ESPECIAL PRONTIC "Programa de investigación aplicada para el desarrollo y validación de métodos de cálculo numérico para la predicción y el análisis de las características de los ecos radar (RCS) y su reducción", TIC 88-288E Gestor: Dirección General de Telecomunicaciones (d.G.Tel), Coordinador: CASA

## BIBLIOGRAFIA

- [1] D.K. Ghodgaonkar, V.V. Varadan, and V.K. Varadan, "A free space method for measurement of dielectric constants and loss tangent at microwave frequencies", IEEE Trans. Instrum. Meas, Vol 38, pp. 789-793, 1989
- [2] K.L. Walton & V.C. Sundberg, "Broadband Ridged Horn Design". Microwave Journal, Vol 7, pp. 96-101, 1964
- [3] Seymour B. Cohn, "Design of simple broadband wave-guide to coaxial line junctions". Proceedings of the I.R.E. pp. 920-926 September 1964
- [4] J. Musil and F. Zacek, "Microwave measurements of Complex Permittivity by free-space methods and their applications", New York: Elsevier, 1986.
- [5] Hewlett-Packard product Note 8510-3, "Measuring dielectric constant with the HP-8510 Network Analyzer"
- [6] Hewlett-Packard Product Note 8510-8, "Applying the HP-8510B T.R.L. calibration for non coaxial measurements".