

Evaluación precisa de iris en cavidades resonantes en guía de onda y aplicación a la caracterización dieléctrica de materiales

Francisco Javier Clemente Fernández, Juan Monzó Cabrera, Juan Luis Pedreño Molina,
Antonio José Lozano Guerrero, Alejandro Díaz Morcillo

Grupo de Electromagnetismo y Materia (GEM) - Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)
Edificio Antigones, Plaza del Hospital nº1, 30202 Cartagena (Murcia)
Teléfono: 968 32 5376 E-mail: fjcfl@alu.upct.es

Resumen. En este trabajo se presenta un procedimiento de caracterización dieléctrica de materiales basado en un método inverso aplicado a una cavidad resonante en guía de onda con un iris metálico a su entrada. Se hace especial hincapié en la caracterización precisa de dicho iris, con el objetivo de poder emplear técnicas usuales de concatenación de cuadripolos que simplifiquen el procedimiento.

1 Introducción

Previo al estudio de viabilidad sobre la aplicación de la energía microondas en cualquier proceso térmico industrial se necesita conocer las propiedades dieléctricas de los materiales a tratar y cómo se ven éstos afectados por la energía de microondas. Existen multitud de procedimientos de medida dependiendo de diversos factores como pueden ser las propiedades del material, su forma, su estado, etc. [1]

En particular, el objetivo de este trabajo es el de llevar a cabo la caracterización dieléctrica del material bajo estudio empleando para ello una cavidad resonante construida a partir de una guía de onda cortocircuitada con un iris metálico a su entrada.

La metodología empleada para obtener la permitividad eléctrica de la muestra está basada en lo que se conoce como técnica inversa [2]. De manera general, el procedimiento desarrollado consiste en encontrar mediante el uso conjunto de algoritmos genéticos de optimización y un simulador electromagnético, una constante dieléctrica tal que la respuesta de la cavidad simulada sea la misma que la de las medidas realizadas. Dicha constante dieléctrica será por tanto la que corresponde realmente a la muestra bajo estudio. Así, para llevar a cabo este procedimiento nos podemos aproximar desde varios frentes, desde trabajar con medidas en el dominio del tiempo, en el dominio de la frecuencia o empleando técnicas como la concatenación de cuadripolos. De esta forma, en este trabajo se presenta un resumen de la investigación desarrollada, haciendo hincapié en los resultados obtenidos y sobre todo en los inconvenientes que se nos presentan.

2 Diseño de la cavidad

Una de las cavidades de microondas más simples consiste en un tramo de guía de onda rectangular cortocircuitada en uno de sus extremos y alimentada a través de un iris [3], tal como muestra la Fig. 1.

Para el diseño del iris se ha utilizado el kit de guía de onda de Continental and Microwave Tool Company [4], en el cual se dispone de un tramo de guía rectangular WR-340 de 12,7 cm de largo.

Puesto que el objetivo es el de poder realizar medidas en el rango de 2-3 GHz, se realizó una simulación paramétrica de la cavidad vacía en este rango de frecuencias empleando el software CST Microwave Studio® 5.0 [5], variando tanto la abertura del iris como la longitud de la guía hasta el corto. A la vista de los resultados que se pueden observar en la Fig. 2, se optó por emplear una anchura de la abertura de 3,4 cm, que proporciona una resonancia alrededor de 2,9 GHz utilizando el tramo de guía disponible tal cual, sin acortar su longitud. Además, este valor es interesante porque nos permite un mayor margen de medida de permitividades, pues al introducir una muestra la frecuencia de la resonancia se reduce.

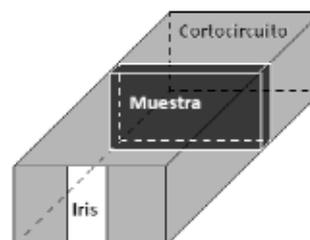


Fig. 1. Configuración de medida empleando una cavidad resonante.

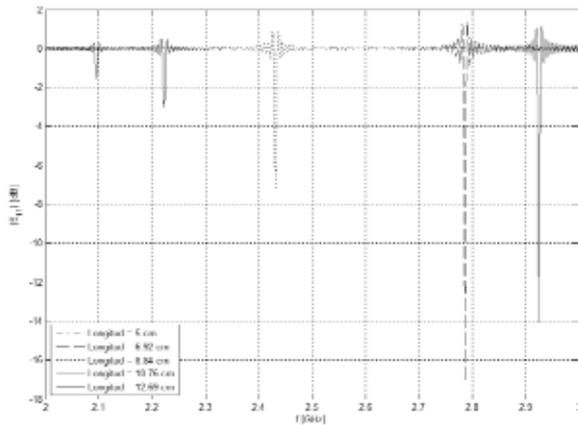


Fig. 2. Módulo en dB del parámetro S_{11} de la cavidad simulada para una abertura de 3,4 cm y diferentes longitudes.

De esta forma, tras realizar unas pruebas preliminares con un prototipo de iris cortado a mano, se fabricó un iris cortado por láser para intentar conseguir la máxima precisión posible en lo referente a las dimensiones y a la simetría de la pieza. El aspecto final de la cavidad completa se puede observar en la Fig. 3.

3 Caracterización de la cavidad

La idea que se llevó a cabo en este trabajo, tras descartar por sus malos resultados otras alternativas como la de trabajar en el dominio del tiempo, fue realizar la caracterización por separado del iris y el resto de la cavidad, y posteriormente realizar una concatenación de ambas redes para obtener la respuesta final. Además, de esta forma solamente hay que simular el tramo de guía de onda cortocircuitada y se le añade posteriormente dicha caracterización del iris. Resumiendo, las dos respuestas empleadas en la técnica inversa, medida y simulada, se obtienen de la siguiente forma:

- Respuesta medida: iris medido + guía medida + cortocircuito teórico.
- Respuesta simulada: iris medido + cavidad simulada.

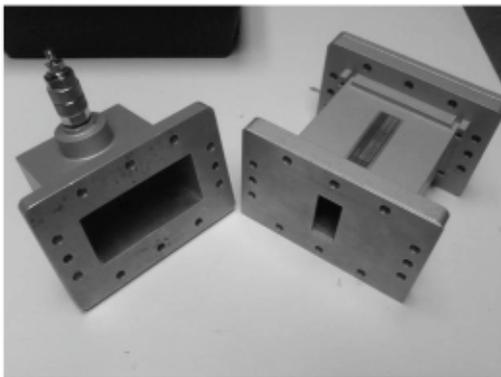


Fig. 3. Aspecto final de la cavidad de medida junto con el alimentador.

Con esto se solventa el problema relativo a la dificultad que tiene el simulador para simular estructuras altamente resonantes, además de disminuir considerablemente el tiempo de cómputo necesario para obtener una buena precisión. También se persigue con ello aumentar la repetitividad de la medida, ya que la respuesta de la cavidad completa es extremadamente sensible a cualquier pequeña variación de la posición del iris, inevitable por otra parte al realizar varias medidas independientes. Así, una vez conseguida la correspondencia entre simulación y medida para la cavidad vacía, se puede aplicar el procedimiento de medida inversa a la muestra bajo estudio. Los mejores resultados obtenidos se muestran en la Fig. 4, donde se representa una comparativa entre las respuestas medida y simulada empleando la concatenación de cuádrupolos, y la medida de la cavidad completa.

Se puede observar que no se consigue una buena precisión que nos permita llevar a cabo la medida inversa con garantías. Además, se observó también una repetitividad de la medida extremadamente baja, con resultados muy variables de una medida a otra, añadiendo pues otro factor que dificulta la obtención de resultados fiables.

4 Medida inversa

Si bien no fue posible llevar a cabo el procedimiento de medida inversa completo para obtener la permitividad eléctrica de materiales, sí que se desarrolló parte de dicho procedimiento, desarrollo que puede ser válido para cualquier otro trabajo relativo a este tema.

El procedimiento de medida inversa implica la comunicación entre Matlab® [6] y CST Microwave Studio®. De forma general, el proceso de medida consta de los siguientes pasos:

1. Lectura de las medidas del analizador de redes vectorial (Matlab).
2. Inicio del algoritmo genético (Matlab).

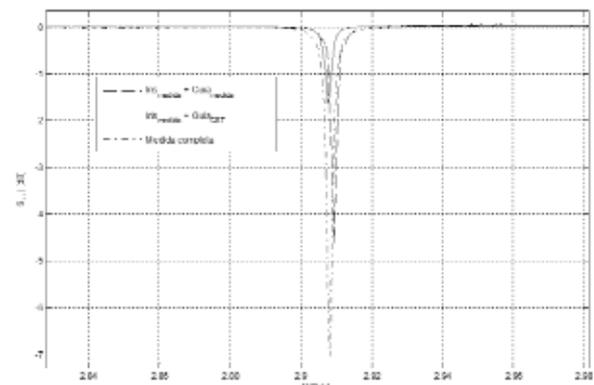


Fig. 4. Resultados finales para el módulo del parámetro S_{11} .

3. Llamada a CST mediante una macro para simular la estructura con la permitividad determinada por el algoritmo genético (Matlab).
4. Simulación, obtención y exportación de resultados (CST).
5. Importación de resultados y evaluación del error (Matlab).
6. Si el error es grande se ejecuta una nueva iteración del algoritmo genético y se vuelve al punto 2 (Matlab).

Así se desarrolló toda la parte de la comunicación entre Matlab y CST, incluida la macro para la simulación de la estructura, si bien no fue posible la aplicación práctica de este procedimiento.

5 Conclusiones

Los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de la investigación han revelado un problema de mayor complejidad de la que se pensaba inicialmente. El principal obstáculo de la baja repetitividad de la medida, tanto en lo referente a la calibración como a la medida en sí, unido al hecho de la dificultad del simulador electromagnético para simular estructuras tales como la tratada, han imposibilitado la obtención de resultados de calidad.

No obstante, el trabajo realizado no ha sido en balde. Sin duda ha servido para conocer en profundidad esta problemática, conocimiento que por supuesto se puede incorporar a investigaciones futuras. De hecho, en parte gracias a este trabajo se han abierto otras puertas en la investigación de transiciones coaxial a guía de onda para la conformación de cavidades, que culminarán próximamente en nuevas publicaciones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado bajo el proyecto "Caracterización Dieléctrica de Materiales en Banda Ancha Empleando Técnicas Inversas", asociado a una "Becca de Iniciación a la Actividad Investigadora" de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Referencias

- [1] J. B. Jarvis et al., "Measuring the permittivity and permeability of lossy materials: solids, liquids, metals, building material, and negative-index materials," *National Institute of Standards and Technology Technical Note 1536*, Feb. 2005.
- [2] M. F. Requena-Pérez, A. Albero-Ortiz, and J. Monzó-Cabrera, "Combined use of genetic algorithms and gradient descent optimization methods for accurate inverse permittivity measurement," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol.54, pp. 615-624, Feb. 2006.
- [3] D. Stueriga and M. Lallemand, "Far Beyond Small Perturbations," *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, vol. 28, no. 2, pp. 73-83, 1993.
- [4] www.cobhamdes.com
- [5] www.cst.com
- [6] www.mathworks.com