

Estimación de la Permitividad Relativa de Láminas de Circuito Impreso con Dieléctrico de Fibra de Vidrio para Aplicaciones UHF

Estimation of Relative Permittivity of Printed Circuit Board with Fiber Glass Epoxy as Dielectric for UHF Applications

Ronal D. Montoya-Montoya¹
Natalia Gaviria-Gómez²

1 Maestría en telecomunicaciones, Facultad de
ingeniería, Universidad de Antioquia,
Medellín-Colombia

ronaldmontoya310@gmail.com

2 Departamento de Electrónica, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia
nagaviri@udea.edu.co

Resumen

Se presentan los resultados de la estimación de la permitividad relativa de una lámina de circuito impreso con fibra de vidrio como dieléctrico, usando una cavidad resonante rectangular. La permitividad relativa se presenta como función de la frecuencia. Para obtener las frecuencias de los modos de resonancia de la cavidad, se midieron las pérdidas de retorno utilizando un analizador de redes. La permitividad relativa se estimó encontrando las frecuencias de resonancia de los modos de la cavidad. Los resultados son presentados en el rango de frecuencias de 1 a 3.5 GHz. Se muestra claramente el comportamiento no lineal de la permitividad relativa en el dieléctrico revisado, además de lo que pasa con las frecuencias de los modos resonantes por encima y por debajo de la frecuencia de 2 GHz.

Palabras clave

Dieléctrico; permitividad relativa; pérdidas de retorno; cavidad resonante; UHF.

Abstract

This paper presents the results of measuring relative permittivity of fiber glass printed circuit board (PCB's), using a rectangular resonant cavity. The relative permittivity is presented as function of frequency. To obtain resonant frequencies, the return loss was measured using a network analyzer. Relative permittivity was calculated by finding frequencies of resonant cavity modes. The results are presented in a frequency span of 1 to 3.5GHz. It was clearly shown the nonlinear behavior of the relative permittivity for the dielectric laminate evaluated, even what happens respect to the frequency of the resonant modes below and above to frequency of 2 GHz.

Keywords

Dielectric; relative permittivity; return loss; resonant cavity; UHF.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente construcción de dispositivos electrónicos a nivel local que operan en la banda de frecuencias UHF (300 MHz a 3 GHz), cobra pertinencia la caracterización en frecuencia del material dieléctrico de las láminas de circuito impreso utilizadas en la construcción de los mismos. Esta caracterización es de vital importancia en los dieléctricos utilizados en la fabricación de circuitos impresos, dado que estos parámetros varían mucho entre fabricantes y entre lotes de láminas distribuidos por los mismos. Uno de los parámetros más relevantes de un dieléctrico es la permitividad relativa. Esta es utilizada para calcular en dispositivos microcinta, la impedancia característica de líneas de transmisión, dimensiones de diversas geometrías de antenas, entre otros parámetros de interés.

Los fabricantes entregan en sus hojas de datos los valores de la permitividad relativa y pérdidas tangenciales medidos a 50 Hz y a 1 MHz, presentando estos valores en intervalos o exactos (Nouya, 2013). Los métodos utilizados por los fabricantes para medir la permitividad relativa y otros parámetros, son descritos en el estándar IPC-TM-650, numerales 2.5.5.3c, 2.5.5.5, 2.5.5.6 y 2.5.5.9, del instituto para la interconexión y empaquetado de circuitos electrónicos (IPC por su sigla en inglés (IPC, 1987) (IPC D-24, 1998) (IPC, 1989) (IPC D-42a, 1998). Dichas pruebas no dan cuenta del comportamiento real de estos parámetros, cuando se encuentra el circuito impreso operando en alguna frecuencia perteneciente a la región UHF del espectro electromagnético.

En este artículo se presentan los resultados de la estimación de la permitividad relativa de una lámina de circuito impreso de 1.6mm de espesor, 10.8mm de ancho, 11.3mm de largo, dieléctrico de fibra de vidrio, y cobre en las dos caras de x onzas, utilizando el método desarrollado por Namba et Al. (2001).

2. METODOLOGÍA

Para la medición se utilizó una cavidad resonante rectangular. Dicha cavidad consiste en un volumen encerrado por seis caras

planas conductoras, las cuales contienen en su interior un material que la llena completamente. Las dimensiones del volumen son: longitud a , ancho b y altura h , tal como se muestra en la Fig. 1. Las frecuencias de resonancia de la cavidad presentada, vienen dadas por la siguiente ecuación (Pozar, 2012; Balanis, 1989):

$$f_{mn} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2b}\right)^2} \quad (1)$$

En donde c denota la velocidad de la luz en el vacío, ϵ_r es la permitividad relativa del material encerrado en la cavidad, $m, n = 1, 2, 3, \dots$ corresponden a los números de los modos para los ejes x e y respectivamente. Esta ecuación es la utilizada para realizar una medición indirecta de ϵ_r .

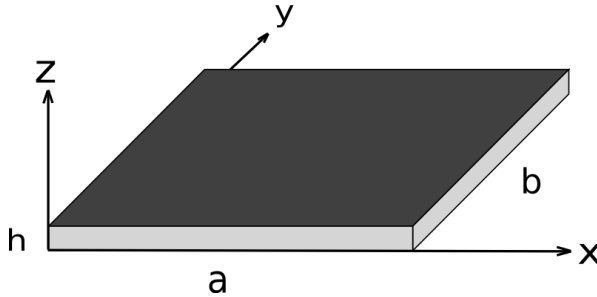


Fig. 1. Cavidad resonante rectangular

Se construye una cavidad resonante rectangular, tal como se aprecia en la Fig. 2. Los terminales SMA se ubican de la siguiente manera: el terminal 1 o central se ubica en el punto $(a/2, b/2)$, mientras que el terminal 2 o lateral se coloca en $(a/4, b/4)$. El núcleo del terminal se conecta con la placa metálica inferior de la cavidad, mientras que el conductor externo del conector SMA tiene contacto eléctrico con la placa metálica superior. En las caras laterales se sueldan fragmentos de lámina de circuito impreso del mismo material, perpendiculares al plano de la lámina principal, con el fin de cerrar la cavidad resonante y quede completamente rodeada del mismo conductor.

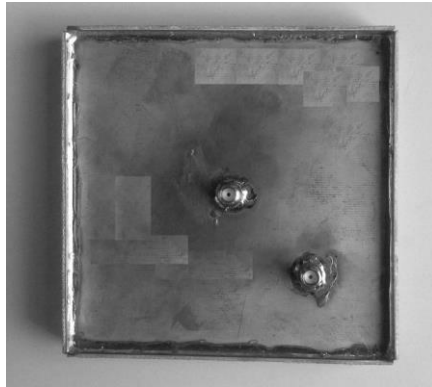


Figura 2. Cavity resonante construida

Con el objeto de encontrar las frecuencias de resonancia reales de la cavidad, se midieron las pérdidas de retorno en cada uno de los terminales SMA ubicados en la cavidad, dejando el otro abierto. El equipo utilizado en el experimento fue un analizador de redes de la marca Agilent, referencia N5182A.

3. RESULTADOS

En la Fig. 3 se presentan las pérdidas de retorno medidas para la cavidad construida. La curva de color azul corresponde a las pérdidas de retorno medidas desde el terminal 1, mientras que la curva de color verde corresponde con la medición obtenida del terminal 2. De las curvas obtenidas en cada terminal, se considera una frecuencia como de resonancia, si el valor de cada mínimo local de estas curvas está por debajo de -10dB . Luego se toma la distancia entre los valores obtenidos de frecuencia mediante el procedimiento anterior, con los teóricos calculados para 10 modos por eje ordenado. La menor separación en frecuencia dará cuenta del modo resonante excitado, permitiendo obtener de manera indirecta utilizando (1), la permitividad del dieléctrico sometido a tal frecuencia.

En la Tabla 1 se muestran las frecuencias medidas, los modos correspondientes excitados y las frecuencias teóricas para los mismos. Los cálculos teóricos se han hecho utilizando el valor de

4.4 para la permitividad relativa, el cual corresponde con el dato suministrado por los fabricantes en las hojas de datos para el sustrato utilizado.

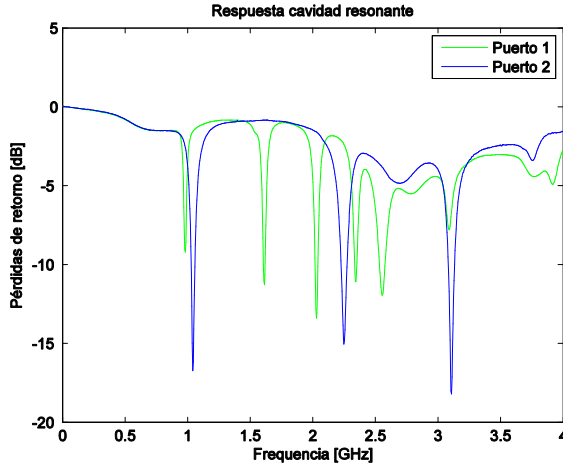


Fig. 3. Pérdidas de retorno medidas. Trazo en azul: puerto 1. Trazo en verde: puerto 2

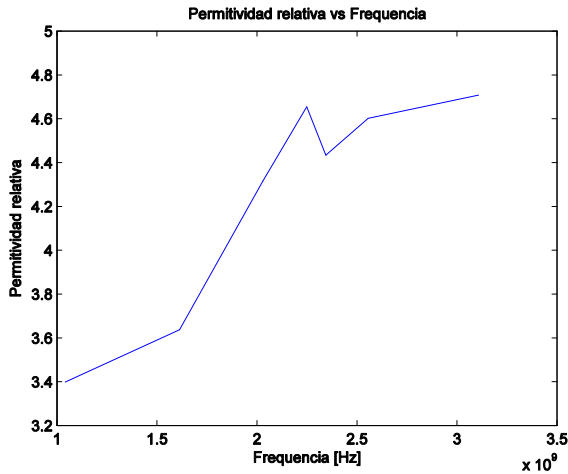


Fig. 4. Permitividad relativa estimada vs frecuencia

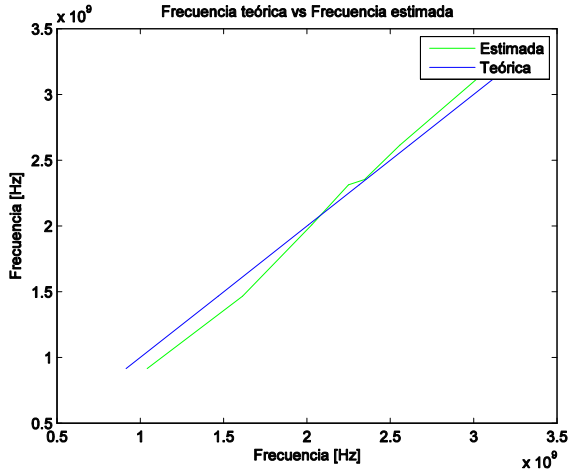


Fig. 5. Frecuencia de resonancia teórica vs medida

Tabla 1. Frecuencias medidas y calculadas para la cavidad construida

Modo (m,n)	Frecuencia medida (GHz)	Frecuencia calculada (GHz)
1,1	0.981510	0.915273
1,1	1.041480	0.915273
1,2	1.613194	1.466677
3,1	2.028986	2.009247
3,2	2.248876	2.313113
2,3	2.344828	2.614671
4,3	3.108446	3.215424

Se aprecia claramente que a frecuencias mayores de 2 GHz el dieléctrico causa un atraso en las frecuencias de los modos resonantes, mientras que a menores valores de frecuencia causa un adelanto.

4. CONCLUSIONES

Se presentan los resultados de la medición de la permitividad relativa en función de la frecuencia, correspondientes a una lámina de circuito impreso con dieléctrico de fibra de vidrio mediante el método de cavidad resonante rectangular. Para el sustrato

mencionado, la permitividad relativa presenta comportamiento no lineal en el la banda UHF.

5. REFERENCIAS

- Balanis, Advanced engineering electromagnetics, 1st ed. John Wiley Sons, 1989.
- Group. (1989, May). Non-destructive full sheet resonance test for permittivity of clad laminates. 2.5.5.6. The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits - IPC. 2215 Sanders Road - Northbrook, IL 60062. [en línea]. Disponible en: <http://www.ipc.org/TM/2.5.5.6.pdf>
- IPC. (1987, Dec). Permittivity (dielectric constant) and loss tangent (dissipation factor) of materials (two fluid cell method). 2.5.5.3c. The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits - IPC. 2215 Sanders Road - Northbrook, IL 60062. [en línea]. Disponible en: <http://www.ipc.org/TM/2.5.5.3c.pdf>
- IPC. (1998, Mar). Stripline test for permittivity and loss tangent (dielectric constant and dissipation factor) at x-band. 2.5.5.5c. The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits - IPC. 2215 Sanders Road - Northbrook, IL 60062. [en línea]. Disponible en: http://www.ipc.org/TM/2-5_2-5-5-5.pdf
- IPC (D-42a). (1998, Nov). Permittivity and loss tangent, parallel plate, 1 mhz to 1.5 ghz. 2.5.5.9. The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits - IPC. 2215 Sanders Road - Northbrook, IL 60062. [en línea]. Disponible en: <http://www.ipc.org/TM/2.5.5.9.pdf>
- Namba, O. Wada, Y. Toyota, Y. Fukumoto, Z. L. Wang, R. Koga, T. Miyashita, and T. Watanabe, "A simple method for measuring the relative permittivity of printed circuit board materials," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 43, no. 4, pp. 515–519, Nov.
- Nouya. (2013) Ny1140. Shanghai Nanya Copper Clad Laminate Co. Ltd. [en línea]. Disponible en: http://www.ccl-china.com/Uploadfiles/2010.3.15_15.12.58_6928.pdf
- Pozar, Microwave engineering, 4th ed. JohnWiley Sons, 2012.