

Caracterización de dispositivos de RF y microondas. Determinación de constante dieléctrica en banda X y diseño de un circulador de RF en banda L

Estudiantes:

Director:

Dr. Ing. Gustavo Merletti: gmerletti@gmail.com-Centro de simulación computacional para aplicaciones tecnológicas. (CSC)

Contexto del trabajo:

La ingeniería de microondas a menudo se considera una disciplina bastante madura porque los conceptos fundamentales fueron desarrollados hace más de 50 años, y probablemente porque el radar, la primera aplicación importante de la tecnología de microondas, se desarrolló intensamente durante la Segunda Guerra Mundial [1]. Sin embargo, los últimos años han traído avances sustanciales y continuos en los dispositivos de alta frecuencia de estado sólido y circuitos integrados de microondas (MMIC) realizados con técnicas de diseño asistido por computadora (CAD). Las aplicaciones cada vez más crecientes de la tecnología de RF y microondas en el campo de las comunicaciones inalámbricas, redes, detección, y seguridad han mantenido el campo activo y vibrante.

Las microondas van desde 300 MHz a 300 GHz. Las aplicaciones son muchas, van desde los sistemas de radar, a los teléfonos celulares, IoT, 5G y 6G. Se puede detectar la salinidad de los océanos, con los que se estima los deshielos provocados por el calentamiento global, hasta geografías subterráneas [2].

Un problema inherente a la RF es la respuesta de los medios materiales en el espectro de las frecuencias de interés [3][4]. Tanto es así que empresas que diseñan antenas para CoNAE tienen problemas y divergencias entre las simulaciones y las mediciones realizadas posteriormente a la fabricación de las mismas. Las empresas que venden placas altamente confiables (Rogers) [5] colocan valores estimados para una frecuencia determinada e informan la constante dieléctrica del proceso de fabricación y otra para el diseño.

Este problema nos lleva a plantear una solución robusta y experimental de medir la constante dieléctrica de diversos medios materiales utilizando dispositivos de RF y microondas [6]. A su vez, los resultados experimentales deben ser validados a través de potentes softwares de simulación (HFSS) [7] y un amplio desarrollo de códigos propios utilizando el kit de RF de Python [<https://scikit-rf.readthedocs.io/en/latest/>].

En este trabajo se propone utilizar guías de ondas rectangulares metálicas para medir la permeabilidad dieléctrica y la permitividad magnética de diversos materiales de interés utilizando con un Analizador Vectorial de Redes (VNA), instrumento que informa tanto la

amplitud como la fase de la señal recibida. Esta señal depende tanto de la geometría de las guías de onda como del medio material que (parcialmente) las llena.

Aspectos principales del trabajo

La propuesta de este proyecto tiene los siguientes puntos:

- Entender los conceptos básicos de la RF y microondas: Redes de varios puertos y Parámetros S [L6][1][2]
- Aspectos esenciales de simulaciones con HFSS y QucsStudio, interiorización del kit de RF de Python. [L6]
- Simulaciones de dispositivos de RF como por ejemplo, filtros, guías de ondas microstrip, acopladores direccionales, divisores de potencia. [L6/L7]
- Medición y análisis de resultados de los componentes de RF disponibles en el laboratorio. Desarrollo de códigos en Python para obtener los parámetros dieléctricos de los medios materiales [L6/L7].
- Análisis para medir la permitividad dieléctrica y permeabilidad magnética, ambos valores complejos para banda X (8.2 a 12,4 GHz) [L6].

Metodología

Para abordar los problemas teóricos iniciales se dará un bagaje teórico con clases, videos y bibliografía de los temas propuestos, así como las simulaciones en elementos finitos de HFSS, por ejemplo.

Además, en nuestro laboratorio contamos con:

| Componente | Descripción | Banda | Frecuencia [GHz] |
|----------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|
| Bocina de microondas | HEATH Company Part No 142-110 | X | 8 a 12 |
| Bocina de microondas | | X | 8 a 12 |
| | | X | 8 a 12 |
| Adaptador SMA/Guia | | X | 9,7 a 9,9 |
| Adaptador SMA/Guia | Omni Spectra 2000-6254-00 | X | 8,8 a 9,4 |
| Adaptador N /Guia | | X | |
| Adaptador N /Guia | | X | |
| Carga Fantasma Guia | | X | |
| Corto Circuito Guia | | X | |

| | | | |
|-----------------------------|--------------------------|---|------------|
| Carga Fantasma Guía | | X | |
| Tramo de Guía | | X | |
| Carga Fantasma Guía | | X | |
| Acoplador Direccional 10 dB | MODEL X752C Serial 19379 | X | 8,2 a 12,4 |

Se cuenta además con un VNA ROHDE & SCHWARZ ZV-Z135 de 100 kHz a 20 GHz, con kit de calibración TOSM. Además se tienen adaptadores de WG a conectores N y de N a SMA. Además poseemos un analizador de espectro de la misma marca que el VNA, osciloscopios y generador de señales.

Referencias

[1]. Microwave Engineering 4th ed.. D Pozar. John Wiley & Sons, Inc ISBN 978-0-470-63155-3

[2]. Scattering Parameters in RF and Microwave Circuit Analysis and Design. Janusz A. Dobrowolski. Artech House. ISBN-13: 978-1-63081-093-1

[3]. J. A. Lonac, I. Melczarsky, and R. P. Paganelli, "Simple method for characterizing linear multi-port microstrip structures," Cambridge International Journal of Microwave and Wireless Technologies, vol. 3, no. 10, 2011.

[3] J. Coonrod, C. AZ, and B. Rautio, "Comparing microstrip and cpw performance," Microwave Journal, vol. 55, pp. 74–82, 2012.

[4] J. C. Rautio, Fellow, and S. Arvas, "Measurement of Planar Substrate Uniaxial Anisotropy," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 57, 2009.

[5] <https://www.rogerscorp.com/advanced-electronics-solutions/>

[6] N. K. DAS, S. M. VODA, and D. M. POZAR, "Two Methods for the Measurement of Substrate Dielectric Constant," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 35, July 1987.

[7] <https://www.esss.co/es/ansys-simulacion-computacional/ansys-hfss-simulador-electromagnetico>

