

Análisis de parches en microtira resonantes fabricados sobre sustratos de ferrita magnetizados en dirección arbitraria

Germán León Fernández, Rafael Rodríguez Boix, Francisco Medina Mena
Dpto. de Electrónica y Electromagnetismo, Facultad de Física. Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes S/N, 41012 Sevilla
gleon@cica.es

RESUMEN

Los autores presentan un algoritmo que permite el cálculo de la frecuencia de resonancia y el factor de calidad de parches en microtira rectangulares sobre un sustrato de ferrita magnetizado por medio del Método de Momentos. Se ha encontrado que este tipo de parches presenta unas bandas donde no es posible la resonancia. Fuera de estas bandas, la frecuencia de resonancia puede ser ajustada en un rango amplio.

1. INTRODUCCIÓN

Los parches en microtira pueden ser utilizados como antenas o como componentes de circuitos integrados de microondas (filtros, osciladores,...). Un importante grado de libertad en el diseño de circuitos y antenas es la naturaleza del sustrato. Aunque lo más usual es utilizar sustratos dieléctricos, se ha demostrado que las ferritas magnetizadas pueden tener gran aplicación en el diseño de parches en microtira debido a la posibilidad de sintonización de la frecuencia de resonancia [1],[2]. En este trabajo los autores presentan un algoritmo para la determinación de la frecuencia de resonancia y el factor de calidad de parches con sustrato de ferrita. Este algoritmo está basado en la aplicación del análisis en el dominio espectral (SDA) [3]. Hasta el momento, sólo se han hecho estudios para el caso en que la orientación del campo magnético de polarización es normal al parche [4]. Los autores han ampliado este estudio a cualquier orientación, haciendo un análisis detallado de los fenómenos debidos a la excitación de modos magnetostáticos en el sustrato de ferrita.

2. TEORÍA

La Fig. 1.a muestra un parche en microtira rectangular. Se supone que tanto el parche metálico como el plano de masa son conductores ideales de espesor despreciable, y que tanto el sustrato de ferrita como el plano de masa se extienden hasta infinito en las direcciones x e y . En la figura 1.b se muestra la orientación del campo magnético existente dentro de la lámina de ferrita. De acuerdo con la teoría expuesta en [3], para el parche de la Fig. 1, es posible obtener una relación algebraica del tipo

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{E}}_t(k_x, k_y, z = h) = \\ \tilde{\mathbf{G}}_t(k_x, k_y, z = h | z' = h) \cdot \tilde{\mathbf{j}}(k_x, k_y) \quad (1) \end{aligned}$$

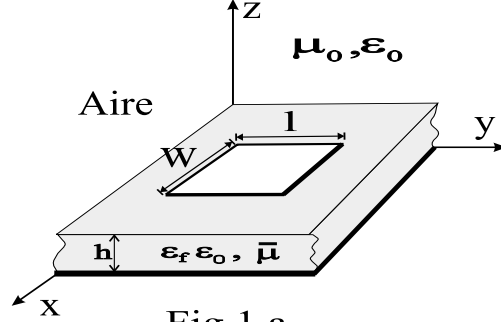


Fig. 1.a

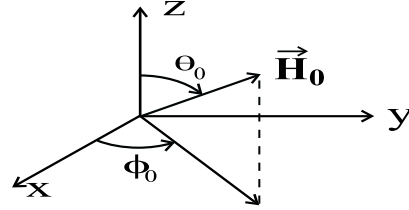


Fig. 1.b

Fig.1.a- Parche en microtira rectangular. Fig. 1.b- Orientación del campo magnético dentro de la ferrita.

donde $\tilde{\mathbf{E}}_t(k_x, k_y, z = h) = \tilde{E}_x(k_x, k_y, z = h)\hat{x} + \tilde{E}_y(k_x, k_y, z = h)\hat{y}$ es la transformada de Fourier bidimensional (con respecto a x e y) de la componente tangencial del campo eléctrico en el plano del parche, $\tilde{\mathbf{G}}_t(k_x, k_y, z = h | z' = h)$ es la transformada de Fourier bidimensional de la función de Green diádica para puntos fuente y campo en el plano del parche y $\tilde{\mathbf{j}}(k_x, k_y)$ es la transformada de Fourier bidimensional de la densidad de corriente superficial sobre el parche. En este trabajo, se ha aplicado el método de Galerkin en el dominio espectral a (1) (véase la referencia [3]) para obtener las frecuencias de resonancia y factores de calidad de los modos resonantes del parche en microtira mostrado en la Fig. 1.a. En la aproximación de la densidad de corriente sobre el parche se han utilizado funciones base subseccionales del tipo *rooftop* [5]. Una vez conocidas las frecuencias de resonancia y factores de calidad de un modo resonante dado, para acelerar el cálculo de las integrales con límites infinitos que aparecen al aplicar el método de Galerkin en el dominio espectral se han utilizado técnicas asintóticas similares a las descritas en [6].

3. RESULTADOS NUMÉRICOS

Para comprobar la validez del algoritmo de cálculo descrito en la Sección 2, los resultados obtenidos con dicho algoritmo para los cinco primeros modos resonantes de un parche rectangular en microtira son comparados en la tabla 1 con los picos resonantes obtenidos para la sección radar de dicho parche en [7]. Puede comprobarse que la concordancia entre los resultados es excelente ya que las diferencias entre unos y otros nunca superan el 1.5%. También se muestran los resultados obtenidos para los factores de calidad de los modos resonantes analizados.

$-\theta_0 = \phi_0 = 0^\circ$			
Modo	Yang et al. [7] f_r^{mn}	Este trabajo f_r^{mn}	Este trabajo Q_{mn}
(1,0)	7.36	7.31	87.1
(0,1)	11.6	11.5	113
(1,1)	12.9	12.8	305
(2,0)	15.8	15.9	209
(0,2)	18.5	18.6	516

Tabla 1.- Frecuencias de resonancia de los cinco primeros modos resonantes de un parche rectangular. Nuestros resultados son comparados con resultados procedentes de [7] ($h = 0.6$ mm, $w = 4$ mm $l = 5.5$ mm, $\epsilon_f = 12.8$, $\mu_0 H_0 = 0.036$ T, $\mu_0 M_s = 0.178$ T, $\mu_0 \Delta H = 0$ T).

En la Fig. 2 los autores han dibujado los cinco primeros modos resonantes de un parche rectangular con sustrato de ferrita magnetizada en la dirección del eje Y frente a la magnitud del campo magnético. Podemos observar que mientras la frecuencia de resonancia de los tres modos (0,1), (0,2) y (1,1) puede ser ajustada en un amplio rango variando la magnitud del campo magnético de DC, la frecuencia de los otros dos modos, prácticamente no varía. La explicación para este fenómeno es que la interacción entre el campo magnético de DC y el campo magnético de AC alrededor del parche es muy débil para los modos (1,0) y (2,0) debido a que este campo de AC es paralelo al campo de DC. Sin embargo en los otros casos no ocurre esto, siendo la interacción máxima en el caso en el que los campos son perpendiculares – modos (0,1) y (0,2) –. También se puede observar que los modos (0,1) y (0,2) ocupan parte de la zona de propagación de los modos magnetostáticos de volumen de retroceso (BMSVW) pero no la zona de propagación de modos magnetostáticos de superficie (MSSW). La razón es que las corrientes de estos modos son mayoritariamente paralelas al campo de DC y pueden excitar modos MSSW propagándose en la dirección perpendicular a las corrientes, pero no pueden excitar modos BMSVW. Lo contrario le ocurre a los modos (1,0) y (2,0). Las corrientes del modo (1,1) van dirigidas tanto en la dirección X como en la Y , por lo que en principio pueden excitar tanto modos BMSVW como MSSW. Algunos de estos resultados han sido comparados

con las medidas publicadas en [8] encontrándose buena concordancia entre unos y otros resultados.

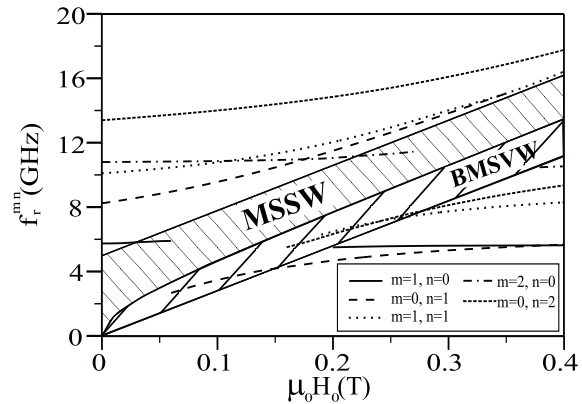


Fig. 2.- Frecuencias de resonancia de los cinco primeros modos resonantes rectangulares ($h = 1.27$ mm, $w = 6.5$ mm, $l = 5$ mm, $\epsilon_f = 15$, $\mu_0 M_s = 0.178$ T, $\mu_0 \Delta H = 0.001$ T, $\theta_0 = \phi_0 = 90^\circ$).

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación subvencionado por la CICYT (Proy. n. TIC98–0630).

5. REFERENCIAS

- [1] D. M. Pozar, V. Sanchez, “Magnetic tuning of a microstrip antenna on a ferrite substrate”, *Electron. Lett.*, vol–24, n.º 12, pp. 729–731, 1998.
- [2] M. Tsutsumi and T. Fukusako, “Broadband magnetically tunable superconducting microstrip resonator using yttrium iron garnet single crystal”, *Electron. Lett.*, vol. 33, no. 8, pp. 687–688, 1997.
- [3] S. Nam, T. Itoh, “Calculation of accurate complex resonant frequency of an open microstrip resonator using the spectral domain method”, *J. Electromagn. Waves Appl.*, vol. 2, no. 7, pp. 635–651, 1988.
- [4] Z. Cai, J. Bornemann, “Rigorous analysis of radiation properties of lossy patch resonators on complex anisotropic media and lossy ground metallization”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP–42, pp. 1443–1446, Oct. 1994.
- [5] A. W. Glisson, D. R. Wilton, “Simple and efficient numerical methods for problems of electromagnetic radiation and scattering from sources”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP–28, pp. 593–603, Sept. 1980.
- [6] V. Losada, R. R. Boix, M. Horno, “Resonant modes of circular microstrip patches in multilayered substrates”, *IEEE Trans. Microwave Theory.*, **MTT–47**(4), pp. 488–498, April 1999.
- [7] H. Y. Yang, J. A. Castaneda, N. G. Alexopoulos, “The RCS of a microstrip patch on an arbitrarily biased ferrite substrate”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP–41, pp. 1610–1614, Dec. 1993.
- [8] H. How, T. M. Fang, C. Vittoria, “Intrinsic modes of radiation in ferrite patch antennas”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT–42, pp. 988–994, June 1994.