

Evaluación del impacto de metamateriales en antenas de microcintas.

Danelys Rodríguez Ávila¹, Yadier Santos Belett², Francisco Marante Rizo³

¹ CUJAE, Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica, danelys@electronica.cujae.edu.cu

² Centro de Trabajo. Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica, ysantos98@gmail.com

³ CUJAE, Dr. en Telecomunicaciones y Electrónica, marante@electronica.cujae.edu.cu

RESUMEN / ABSTRACT

Recientemente se ha abierto un nuevo campo de investigación en el área del electromagnetismo aplicado y de la ingeniería de microondas basado en el control de las propiedades electromagnéticas de ciertas estructuras artificiales conocidas como metamateriales.

En el presente trabajo se realiza un estudio de la influencia que ejercen los anillos CSRR y SRR sobre algunos de los parámetros de interés en las antenas de microcintas.

Palabras claves: CSRR (resonador de anillo dividido complementario), SRR (resonador de anillo dividido).

Recently, a new field of research has been opened in the area of the applied electromagnetism and microwave engineering based on analyzing the electromagnetic properties of some artificial structures like metamaterials. The current work presents a study of the influence of the CSRR y SRR in parameters of microstrip antennas.

Key words: CSRR (Complementary Split Rings Resonators), SRR (Split Rings Resonators).

INTRODUCCIÓN

En la década de los años 60 nace el concepto de metamaterial, como un material artificial con propiedades electromagnéticas exóticas, diferentes a las de los elementos que los constituyen, como por ejemplo el hecho de exhibir valores simultáneamente negativos para los parámetros permeabilidad y permitividad efectiva, lo que a la vez conduce a un índice de refracción también negativo. No fue hasta 30 años después de su descubrimiento que se realizó la primera verificación de estos materiales a través de una combinación de anillos resonantes (SRR), propuestos por primera vez en el año 1999 por J.B. Pendry, y alambres metálicos¹.

Los metamateriales tienen una gran importancia en los campos de la óptica y del electromagnetismo. Muchos estudios que se llevan a cabo hoy en día van orientados al diseño de nuevos materiales capaces de tener un índice de refracción ajustable, la creación de "superlentes" que mejorarían drásticamente la calidad de las imágenes para el diagnóstico médico y otros usos².

Se les pueden encontrar también aplicados en sistemas de microondas para la fabricación de antenas pequeñas, de filtros y substratos de antenas a fin de mejorar directividad, diagrama de radiación y eficiencia. Además se emplean en estructuras planas como son las antenas de microcinta para mejorar sus parámetros de radiación. De igual forma, pueden ser empleados en líneas de transmisión como acopladores y desfases.

ANTENA DE MICROCINTA ALIMENTADA POR PROXIMIDAD

Para el diseño de la antena, en primera instancia, se elige la frecuencia central de trabajo, se realiza el diseño de la antena mediante la determinación del ancho (W) y el largo (L) para dicha frecuencia de trabajo 3. Las ecuaciones enunciadas a continuación ayudan a realizar los cálculos de dicha antena.

El ancho del parche W será:

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Donde: f_r frecuencia de trabajo, ϵ_r : permitividad dieléctrica y c : Velocidad de la luz en el vacío.

Luego de comprobar que $W/h > 1$ el siguiente paso es calcular la longitud:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

La longitud (L) queda en función de la longitud efectiva de la antena y del incremento de longitud (ΔL) que provocan los efectos de borde. Para poder calcular (ΔL) es necesario conocer el valor de la constante dieléctrica efectiva que queda definida de la siguiente forma:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{1 + 12(h_{12}/W)} \right] \quad (3)$$

Donde: ϵ_{re} Constante dieléctrica relativa total para una antena alimentada por proximidad (4), se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$\epsilon_{re} = \frac{h_1\sqrt{\epsilon_{r1}} + h_2\sqrt{\epsilon_{r2}}}{h_1 + h_2} \quad (4)$$

La longitud efectiva L_{eff} se calcula de la forma:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (5)$$

Una vez conocidos los parámetros ΔL y L_{eff} se calcula la longitud de la antena. La figura 1 muestra el corte transversal de dicha antena.

La figura 2 muestra el diseño realizado en el software HFSS para la frecuencia de 2.44 Ghz.

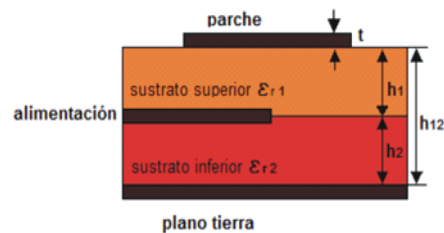


Figura 1. Corte transversal de una antena de microcinta acoplada por proximidad.

El sustrato empleado es FR4, cuyas propiedades de mayor interés aparecen reflejadas en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades del FR4

MaterialFR4	
Altura del sustrato dieléctrico (h_1)	0.762 mm
Altura del sustrato dieléctrico (h_2)	1.524 mm
Altura del cobre	0.035 mm
Permitividad dieléctrica	4.2

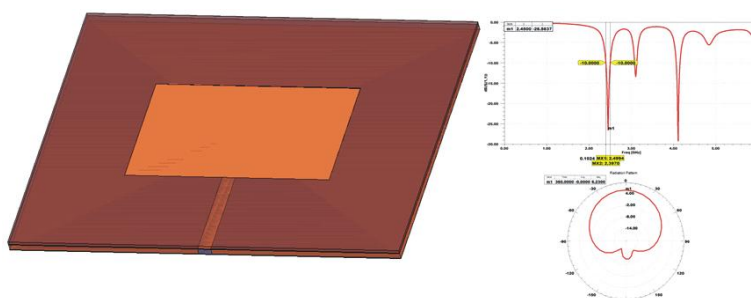


Figura 2. Antena diseñada.

En la figura 2 se aprecia el parámetro S_{11} el cual toma un valor de -26.56 dB y aporta un ancho de banda (BW) de 102.4 MHz, para una directividad de 6.23 dB.

ANTENA DE MICROCINTA CON ANILLOS CSRR

Con el objetivo de analizar los efectos causados por los metamateriales en los parámetros de la antena se realizaron varios diseños, donde se utiliza la misma antena con anillos CSRR incorporados formando diferentes configuraciones como las mostradas en la figura 3.

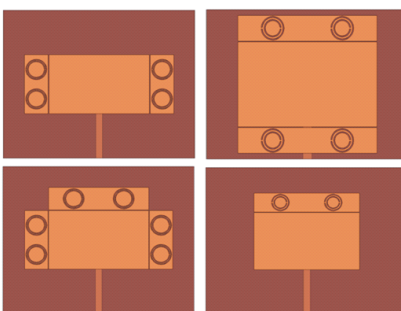


Figura 3 Diseños realizados con anillos CSRR.

Los diseños de la figura anterior se realizan con el objetivo de utilizar el campo eléctrico producto del desbordamiento en el parche de microcinta para excitar de forma axial al eje de los anillos CSRR. Estas configuraciones no mostraron cambios significativos en los parámetros de la antena, por lo que se supone que los CSRR no fueron excitados adecuadamente. La implicación inmediata arrojada por dichos resultados supone que la intensidad del campo eléctrico en el borde del parche no es suficiente para lograr nuestro propósito.

ANTENA DE MICROCINTA CON ANILLO SRR.

En este diseño se graba un anillo SRR al lado de la línea de alimentación de la antena (ver figura 4), ya que de esta forma se utilizan los campos magnéticos alrededor de la línea de alimentación para excitar al anillo. Las dimensiones del anillo son presentadas en la tabla 2.

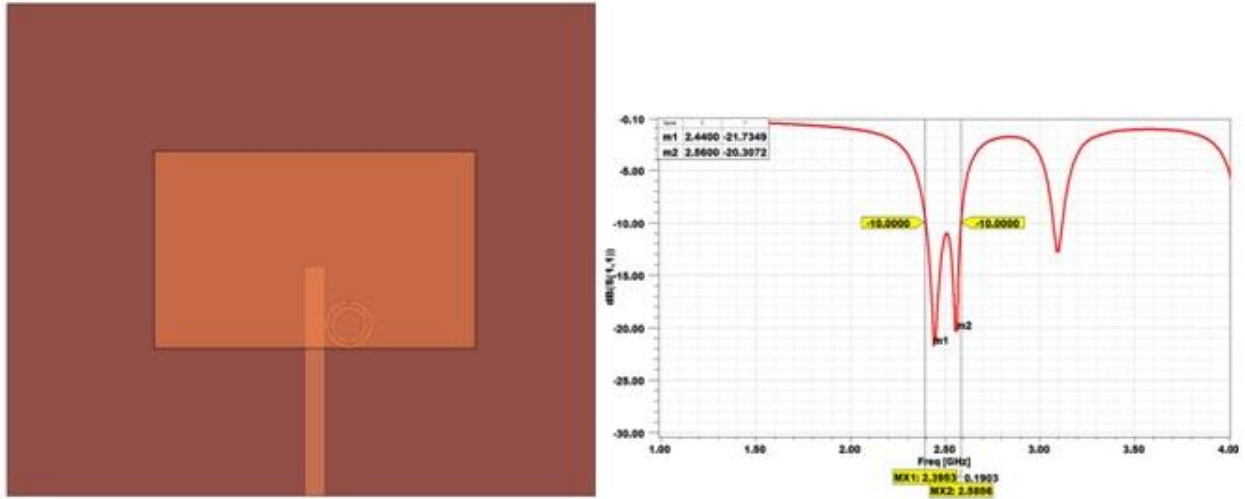


Figura 4. Antena con anillo SRR y parámetro S_{11}

	r_ext	c	d	gap
Anillo SRR	3.48 mm	0.5 mm	0.3 mm	0.3 mm

Tabla 2. Dimensiones del SRR

Se aprecia en la figura 4 que un anillo colocado cercano a la línea de alimentación provoca un aumento del BW de la antena, siendo este 190.3 MHz. Este aumento de BW se debe a que el anillo SRR provoca la aparición de una nueva frecuencia, la cual varía en correspondencia con el radio del anillo. Además se observa una disminución del parámetro S_{11} , siendo este de aproximadamente -20 dB.

La figura 5 muestra los diagramas de directividad de dicha antena para los picos de frecuencia mostrados en la figura 4 (para las frecuencias de 2.44 GHz y 2.56 GHz), con el objetivo de comparar estos patrones y observar su uniformidad en todo el rango de frecuencias analizado.

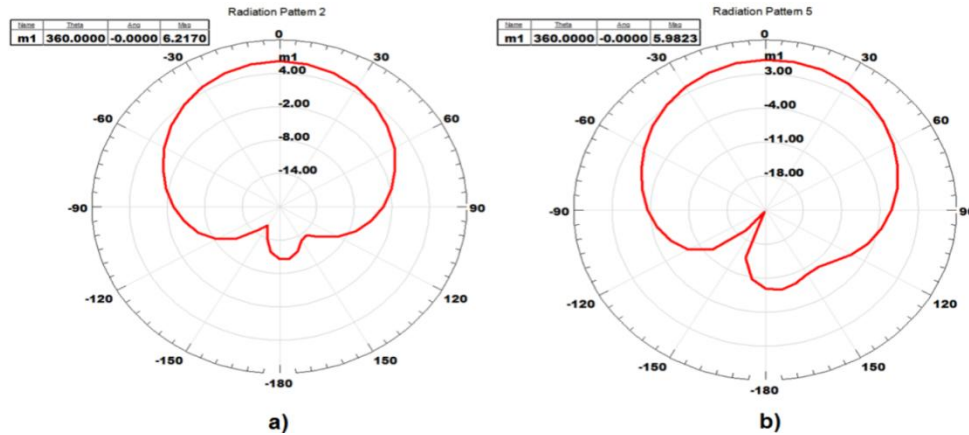


Figura 5. Diagrama de directividad a) 2.44 GHz y b) 2.56 GHz

Es posible notar que los patrones de directividad se mantienen relativamente uniformes durante el rango analizado, tomando valores de 6.2 dB para la frecuencia de 2.44 GHz y 5.9 dB para 2.56 GHz. Siendo así podemos afirmar que la inclusión del anillo SRR en la antena de microcinta logró un aumento del ancho de banda de la misma sin modificar el parámetro de directividad que se mantuvo alrededor de los 6dB para todo el rango.

CONCLUSIONES

La implementación de diferentes métodos con comportamiento zurdo muestra resultados variables, demostrando niveles de compromiso a considerar, de los cuales será necesario determinar cuál resulta más factible y conveniente teniendo en cuenta la aplicación que se desea. En la presente investigación, la evaluación del comportamiento de los anillos CSRR a continuación del parche arrojó que los mismos no modificaron los parámetros fundamentales de la antena de microcinta, sin embargo los anillos SRR al lado a de la línea de alimentación fueron excitados de manera adecuada resultando en una modificación del ancho de banda manteniendo el patrón de radiación relativamente uniforme, así como el parámetro de directividad.

REFERENCIAS

1. H. Grigue, E. Marzolf, and H. Lalj: "Patch Antenna Bandwidth Enhancement through the Use of Metamaterials"IEEE, Francia, 2009.
2. SOPT Md.:Los metamateriales y sus aplicaciones en defensa. Ed. Dirección General de Relaciones Institucionales.ministerio de defensa marzo,2011.
3. Balanis, C.A.: Antenna Theory Analysis and Design. Ed. John Wiley & Sons. New York 1997.
4. Sainati, RA.:CAD of Microstrip Antennas of WirelessApplications.Ed. Artech House. 1990.
5. Palandoken M, Grede A. Broadband Microstrip Antenna With Left-Handed Metamaterials. IEEE Transactions on Antennas and Propagation; Febrero 2009.
6. Griguer H, Marzolf E, Menber, IEEE, Lalj H, Riouch F, et al. Patch Antenna Bandwidth Enhancement through the Use of Metamaterials. 2009.