

Antena de microfita retangular para aplicação em 2,5 GHz utilizando substrato metamaterial

Almir Souza e Silva Neto, Matheus Mesquita Correa, Bruno Pontes Alves da Silva e Ronilson Mendes Fonseca

Resumo— Este artigo apresenta uma análise de antenas de microfita, utilizando substrato metamaterial, para aplicação na frequência de 2,5 GHz. Foram simuladas quatro antenas na frequência de 2,5 GHz, sendo três com substrato metamaterial e uma antena padrão. A antena 1 utilizou 14 espiras quadradas, a antena 2 utilizou 27 espiras quadradas, a antena 3, 27 anéis partidos. Através dos resultados simulados observou-se que a antena padrão apresentou uma largura de banda de 20 MHz e perda de retorno de -12,49 dB, enquanto a antena 1 apresentou uma largura de banda de 40 MHz e uma perda de retorno de -16,89 dB. As antena 2 e 3 apresentaram um deslocamento da frequência desejada, sendo que a antena 3 apresentou uma largura de banda de 60 MHz. Embora a antena com metamaterial seja mais espessa, foi possível obter uma redução de 94 % da área do patch e redução no volume de 79%, quando comparadas a antena padrão para 2,5 GHz.

Palavras-Chave— Antena, microfita, metamaterial

Abstract— This article presents an analysis of microstrip antennas, using metamaterial substrate, for application in the 2.5 GHz frequency. Four antennas were simulated at the 2.5 GHz frequency, three of them with metamaterial substrate and one standard antenna. The antenna 1 used 14 square turns, the antenna 2 used 27 square turns, the antenna 3, 27 split rings. Through the simulated results it was observed that the standard antenna had a bandwidth of 20 MHz and a return loss of -12.49 dB, while antenna 1 had a bandwidth of 40 MHz and a return loss of -16,89 dB. Antennas 2 and 3 showed a desired frequency shift, with antenna 3 having a bandwidth of 60 MHz. Although the antenna with metamaterial was thicker, it was possible to obtain a reduction of 94% of the area of the patch and reduction in the 79% compared to the standard 2.5 GHz antenna.

Keywords— Antenna, microstrip, metamaterial.

I. INTRODUÇÃO

A permissividade elétrica (ϵ) e a permeabilidade magnética (μ) são dois parâmetros que podem determinar as propriedades elétricas e magnéticas dos materiais. Estes, em conjunto, determinam o comportamento da onda eletromagnética quando se propaga através do material. Normalmente, a permissividade elétrica (ϵ) e a permeabilidade magnética (μ) são positivas em meios convencionais. A permissividade elétrica (ϵ) pode ser negativa em alguns materiais, porém não é conhecido nenhum material em estado natural com permeabilidade magnética (μ) negativa. Porém, alguns materiais, conhecidos como LHM (Left-Handed Materials) apresentam, simultaneamente, permissividade efetiva (ϵ_{eff}) e permeabilidade efetiva (μ_{eff}) com valores negativos, além de possuírem índice de refração (n) negativo, no qual resulta na inversão dos fenômenos eletromagnéticos [1].

Estes materiais são chamados de metamateriais, onde o prefixo meta refere-se à natureza distinta de suas características eletromagnéticas. [2],[3]. Por causa dessas características excêntricas, os metamateriais estão sendo aplicados em sistemas eletromagnéticos e ópticos. As propriedades desses meios artificiais vão além de sua funcionalidade, uma vez que é permitida a combinação de sinais entre os parâmetros de permissividade e permeabilidade. Esses parâmetros são relacionados ao índice de refração n dado por [1], [4]:

$$n = \pm \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \quad (1)$$

Em que μ_r é a permeabilidade relativa e ϵ_r é a permissividade relativas relacionadas à permeabilidade no espaço livre dadas por: $\mu_0 = \mu/\mu_r = 4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2$ e a permissividade no espaço livre dadas por: $\epsilon_0 = \epsilon/\epsilon_r = 8,854 \times 10^{-12} \text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$. As quatro possibilidades de combinações de sinais para ϵ e μ são (+,+), (+,-), (-,+), e (-,-) [1], [4]:

II. ANTENA DESIGN

Uma antena de microfita foi simulada com substrato metamaterial para a frequência de 2,5 GHz sobre um substrato RO3006 da Rogers Corporation, com constante dielétrica de 6,15 e espessura $p = 6$ mm. A Figura 1 mostra a geometria do patch, o anel partido e a espira quadrada, com as seguintes dimensões: $r = 2,7$ mm, $s = 0,4$ mm, $g = 0,5$, $l = 5$ mm e $t = 1$ mm. Os modelos tratam-se de ressoadores RLC com frequência ressonante $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$.

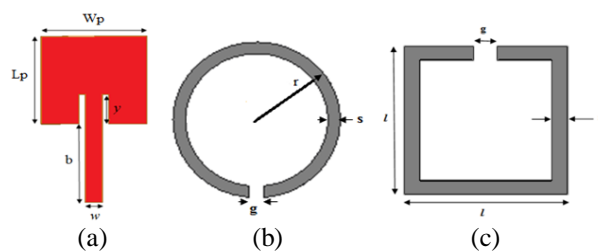


Fig. 1. Geometria. a) Patch, b) SRR único e c) Espira quadrada.

Para efeito de comparação foi simulada uma antena retangular padrão para a frequência de 2,5 GHz utilizando o mesmo substrato RO3006. A Tabela I mostra a comparação entre as dimensões da antena padrão e a antena com substrato metamaterial.

TABELA I. COMPARATIVO ENTRE AS DIMENSÕES DA ANTENA PADRÃO E A ANTENA COM METAMATERIAL.

Dimensão (mm)	Antena Padrão	Antena com Metamaterial
W	56,7	12,56

L	75,05	18
p	1,52	6
Wp	31,73	9
Lp	23,95	9
b	23,76	8
w	2,23	1,5
y	8,24	3

A tabela II mostra um comparativo entre as antenas.

TABELA II. COMPARATIVO DE FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA, PERDA DE RETORNO E LARGURA DE BANDA ENTRE AS ANTENAS METAMATERIAIS.

Antena	Frequência de Ressonância (GHz)	Perda de Retorno (dB)	Largura de Banda ($S_{11} < -10$ dB) (MHz)
Antena 1	2,487	-16,89	40 (2,46 a 2,50 GHz)
Antena 2	2,769	-18,98	40 (2,75 a 2,79 GHz)
Antena 3	2,668	-12,11	60 (2,62 a 2,68 GHz)
Antena Padrão	2,48	-12,49	20 (2,47 a 2,49 GHz)

Percebe-se que a antena com metamaterial possui dimensões reduzidas quando comparadas com a antena padrão. Apesar da antena com metamaterial ser mais espessa houve uma redução de 94 % da área do patch e redução no volume de 79%, quando comparadas a antena padrão para 2,5 GHz, utilizando um substrato RO3006 com constante dielétrica de 6,15 e espessura 1,52 mm. São analisadas quatro antenas, sendo três antenas com metamaterial e uma sem metamaterial (padrão) para a frequência de 2,5 GHz. A primeira, a antena 1, possui 14 espiras quadradas e a segunda, a antena 2, apresenta 27 espiras quadradas e a terceira, antena 3, com 27 anéis partidos, e a quarta é uma antena padrão para a frequência de 2,5 GHz, conforme mostra a Figura 2. A figura 3 mostra o diagrama de radiação 2D das antenas 1 e a Padrão em 2,5 GHz.

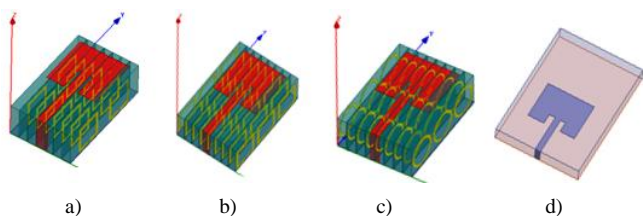


Fig. 2. Antenas de microfita com substrato metamaterial. a) Antena 1 e b) Antena 2, c) Antena 3 e d) Antena padrão.

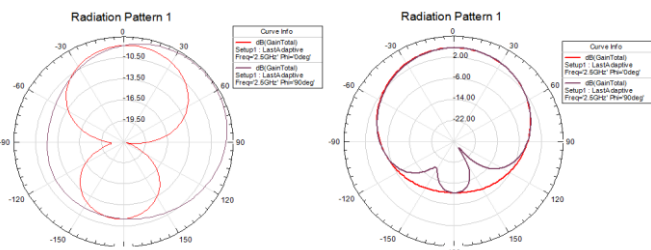


Fig. 3. Diagrama de radiação (2D) da Antena 1 e da Antena padrão em 2,5 GHz.

A comparação da perda de retorno em função da frequência para as quatro antenas é mostrada na Figura 4.

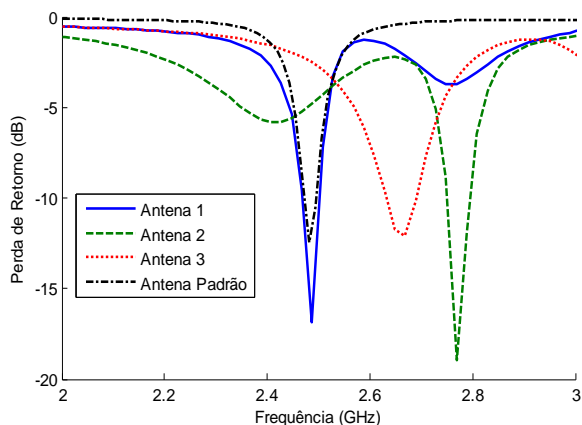


Fig. 4. Comparação da perda de retorno entre a Antena 1, Antena 2, Antena 3 e Antena padrão.

De acordo com a Figura 3, a antena 1 apresenta uma frequência de ressonância muito próxima da frequência de interesse (2,5GHz) . Para antena 2, com o aumento da quantidade de espiras quadradas há um deslocamento da frequência de ressonância, porém um melhor casamento de impedância. Com a antena 3, observa-se um deslocamento de frequência e um aumento de largura de banda. A antena padrão apresentou uma largura de banda menor que a antena 1 e uma perda de retorno de -12,49 dB, enquanto que a antena 1 apresentou uma perda de retorno de -16,89 dB.

III. CONCLUSÕES

Foram feitas simulações com três antenas utilizando substrato metamaterial para a frequência de 2,5 GHz, sendo que a primeira possui 14 espiras quadradas no substrato, a segunda 27 espiras quadradas e a terceira 27 anéis partidos. A partir da curva de perda de retorno percebe-se um deslocamento da frequência a partir do momento que aumenta a quantidade espiras quadrada e ocorre um aumento de largura de banda para as estruturas em anéis. Embora a antena com metamaterial seja mais espessa, houve uma redução de 94 % da área do patch e redução no volume de 79%, quando comparadas a antena padrão para 2,5 GHz, utilizando um substrato RO3006 com constante dielétrica de 6,15 e espessura 1,52 mm.

REFERÊNCIAS

- [1] V. G. Veselago. “The eletrodynamics of substances with simultaneously negative values of “ ϵ ” and “ μ ””, Soviet Physycs Uspekhi, v. 10, no. 4, p. 509-514, 1968.
- [2] “Science Breakthrough the year: The runners-up”. Science, v. 314, no. 5807, pp. 1850-1855, 2006.
- [3] T. Itoh and C. Caloz. “Electromagnetic metamaterials: transmission line theory and microwave applications”. New Jersey, USA, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [4] D. R. Smith, W. J. Padilha, D. C. Vier, S. C. Nemat-Nasser, and S. Schultz, “Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity,” Phys. Rev. Lett., vol. 84, no. 18, pp. 4184-4187, 1 Maio, 2000.