

Caracterização de um Filtro Passa-Banda em banda X utilizando Ressonadores de Anel Dividido Retangulares para diferentes Condições de Contorno

Mateus Ferreira Belicio e Fernanda Rodrigues da Silva

Resumo— Esse estudo apresenta os efeitos de diferentes condições de contorno em um filtro passa banda implementado com ressonadores de anel dividido retangular. A caracterização é realizada com três diferentes condições de contorno. Características básicas do filtro passa banda são apresentadas para as diferentes condições de contorno. O filtro foi simulado para operar em banda X. As simulações foram realizadas no software CST Studio.

Palavras-Chave— *Filtro Passa Banda, Região de Contorno, Ressonador de Anel Dividido*

Abstract— This work presents the effects of different boundary conditions in bandpass filter implemented with a rectangular split ring resonator (SRR). A characterization is performed with three different boundary conditions. The basic characteristics of the bandpass filter are used for different boundary conditions. The filter was simulated to operate in the X. The filter were simulated in the CST Studio software.

Keywords— *Bandpass Filter, Boundary Condition, Split Ring Resonator (SRR)*.

I. INTRODUÇÃO

Filtros passa banda são componentes muito importantes em diversas aplicações em micro-ondas, tais como: acesso remoto, processamento em imagem, radar, etc. Em muitas destas aplicações, o filtro passa banda tem a função de filtrar, com alta seletividade, interferência de bandas próximas operantes [1]. Em algumas destas aplicações, um filtro passa banda com uma larga banda de atenuação e rejeição, acentuada no módulo do tranceptor, pode otimizar o desempenho de detecção do dispositivo.

Diferentes estruturas de filtros têm sido pesquisadas para aplicações em frequências de micro-ondas [2-3]. O filtro passa banda implementado neste trabalho utilizou-se de ressonadores de anel dividido (SRR).

Inúmeras pesquisas têm utilizado esses ressonadores para aplicações em dispositivos de micro-ondas, como exemplo pode-se citar: acopladores, divisores de fase, etc. [4-5]. Filtros com esse conceito de implementação possuem permeabilidade e permissividade negativa na faixa de frequência.

Nas pesquisas realizadas com essas estruturas, os cientistas selecionam e utilizam diferentes condições de contorno de acordo com os seus equipamentos de testes [6]. Nesses estudos as condições de contorno são periódicas do tipo condutor elétrico perfeito (PEC) ou condutor magnético perfeito (PMC) em um regime alta frequência, como banda X.

Mateus Ferreira Belicio, Instituto de Ciências Tecnológicas (ICT), Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itabira-MG, e-mail: mateusbelicio@unifei.edu.br; Fernanda Rodrigues da Silva, Instituto de Ciências Tecnológicas (ICT), Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itabira-MG, e-mail: fernandasilva@unifei.edu.br.

Devido as interações de EM com o metal, o posicionamento e a distribuição do metal são muito importantes. Campos elétricos e magnéticos são orientados em uma direção especificada, de forma a aprimorar a permissividade e permeabilidade da estrutura. Um melhor desempenho ocorre quando a direção do campo magnético é normal à superfície da estrutura e o campo elétrico é tangente a essa [6]. A polarização correta e distribuição do campo EM devem ser especificadas no procedimento de caracterização. Um estudo apresentando os efeitos de diferentes condições de contorno em metamateriais é apresentada em [7].

Neste trabalho apresentaremos a caracterização de um filtro passa banda, utilizando ressonadores de anel dividido retangular, para 3 diferentes regiões de contorno, operando em banda X. Características básica do filtro serão apresentadas tais como: fator de qualidade, coeficiente de transmissão e recepção.

II. METODOLOGIA

O filtro proposto é apresentado na Fig. 1. O filtro foi baseado no trabalho de [1]. A célula unitário da estrutura é composta por um par de ressonador de anel dividido retangular com um fio fino colocado do lado oposto com ranhuras do guia de onda coplanar. O guia de onda coplanar foi dimensionado para ter características de impedância de 50Ω ($W=4.4\text{mm}$, $G=0,2\text{mm}$) e o fio possui ranhuras com valor de $w=1,4\text{mm}$.

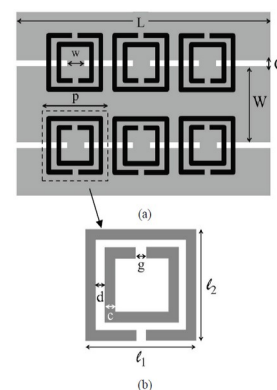


Fig. 1 (a) Estrutura do filtro passa banda em banda X (b) Estrutura do ressonador de anel dividido retangular [1].

A Tabela I apresenta as dimensões dos anéis da Figura 1b. Para essas dimensões o ressonador opera em 9,3 GHz.

TABELA I- DIMENSÕES DOS ANEIS.

	Dimensões (mm)
g	0,2
d	0,2
c	0,2
l_1/l_2	3

III. SIMULAÇÃO PARA CARACTERIZAÇÃO

A Tabela II apresenta as três diferentes condições de contorno aplicadas. A configuração dos eixos no *CST Microwave Studio* (MWS) é apresentada na Figura 2.

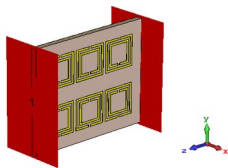


Fig.2. Configuração dos eixos no CST

TABELA II- CONDIÇÕES DE CONTORNO

	x	y	z
Teste 1	PMC	PEC	open
Teste 2	PEC	PEC	open
Teste3	PMC	PMC	open

No teste 1, aplicou-se PMC na frente e nas costas do bloco (direção do eixo x), PEC foi aplicada em cima e abaixo do bloco (direção do eixo y). Nestas condições as regiões de contorno no CST podem ser definida como $E_t=0$ e $H_t=0$. No teste 2, foi aplicado nas direções x e y a condição de contorno ($E_t=0$). No teste 3, aplicou-se a condição de contorno PMC ($H_t = 0$) nas direções x e y. As portas de entrada e saída da simulação estão localizadas perpendicularmente à direção do vetor de propagação, que está na mesma direção do eixo z.

IV. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados das diferentes condições de contorno para um filtro passa banda operando em banda X. A Figura 3 mostra a perda de inserção e perda de retorno dos testes realizados. Observa-se aqui que o Teste 2, condições PEC/PEC, o desempenho do filtro é inferior aos resultados do Teste 1 (condições PMC/PEC) e Teste3 (condições PMC/PMC).

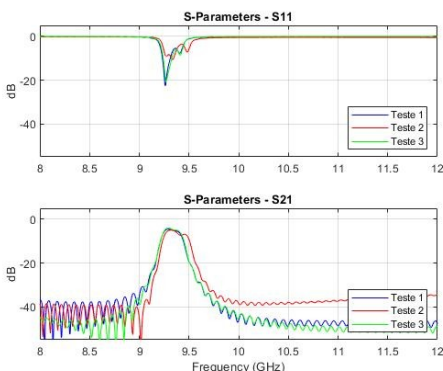


Fig.3. Perda de retorno (S11) e Perda de inserção (S21) em dB

A Tabela III apresenta a relação entre as regiões de contorno e o fator de qualidade. Nesta observa-se que o maior valor do fator de qualidade ocorre quando a condição PMC/PMC (Teste3) são aplicadas nas direções x e y. Esses resultados mostram que a resposta do filtro pode ser aprimorada utilizando-se condições de contorno apropriada.

TABELA III - Fator de Qualidade para Diferentes Condições de Contorno

	Q
Teste 1	47,87
Teste 2	38,08
Teste 3	49,73

V. CONCLUSÕES

Neste artigo, um filtro passa banda utilizando ressoadores de anel dividido retangulares são simuladas e analisadas. As simulações foram realizadas usando o software *CST Studio*. Os resultados apresentados mostram que um melhor desempenho do filtro pode ser alcançado quando são utilizadas condições de contorno apropriadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto de Ciências Tecnológicas (ICT-UNIFEI) e a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade.

REFERÊNCIAS

- [1] A. A. Fathnan, Y. S. Amrullah, Y. N. Wijayanto, D. Mahmudin and P. Daud, "A compact X-Band bandpass filter using rectangular split ring resonators for radar applications," 2015 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics and Telecommunications (ICRAMET), Bandung, 2015, pp. 60-63
- [2] L. Zhao, S. Li, D. Ben and S. Pan, "Tunable Flat-top Microwave Photonic Filter Based on a Single Microring Resonator," 2017 Asia Communications and Photonics Conference (ACP), Guangzhou, China, 2017, pp. 1-3.
- [3] L. Liu, Z. Li, P. Ning, B. Xu, C. Chen and C. Gu, "A band-pass plasmonic filter based on spoof surface plasmon polaritons," 2015 9th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (METAMATERIALS), Oxford, 2015, pp. 442-444, doi: 10.1109/MetaMaterials.2015.7342480.
- [4] M. Hesham and S. O. Abdellatif, "Compact Bandpass Filter Based on Split Ring Resonators," 2019 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE), Aswan, Egypt, 2019, pp. 301-303, doi: 10.1109/ITCE.2019.8646511
- [5] M. A. Antoniadis and G. V. Eleftheriades, "A broadband series power divider using zero-degree metamaterial phase-shifting lines," in IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 15, no. 11, pp. 808-810, Nov. 2005.
- [6] M. Bakır, M. Karaaslan, F.Dincer, & C. Sabah. Metamaterial characterization by applying different boundary conditions on triangular split ring resonator type metamaterials. International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields, 30(5), e2188, 2017
- [7] O. Turkmen., G. Ekmekci., & G. Turhan-Sayan, (2013). Effects of using different boundary conditions and computational domain dimensions on modeling and simulations of periodic metamaterial arrays in microwave frequencies. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 23(4), 459-465,2013