

UM NOVO MODELO DE FSS COM DOIS ELEMENTOS EM FORMA DE U OPERANDO NA BANDA X

Emanuele da Silva Rodrigues MONTALVÃO (1); Augusto César Pereira da Silva MONTALVÃO (2); Adaildo Gomes D'ASSUNÇÃO (3); Alfrêdo GOMES NETO (4); Laércio Martins de MENDONÇA (5)

(1) UFRN/Natal, Centro de Tecnologia - Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Campus Universitário - BR 101, Lagoa Nova, fone/fax: 84-3215-3767, e-mail: manu.aps@hotmail.com

(2) UFRN/Natal, e-mail: augusto.com.br@gmail.com

(3) UFRN/Natal, e-mail: adaildo@ct.ufrn.br

(4) IFPB/João Pessoa, Avenida 1º de Maio, 720, Jaguaribe, 83-3208-3000, fax: 83-3208-3004, e-mail: alfredogomes@ieee.org

(5) UFRN/Natal, e-mail: laercio@ct.ufrn.br

RESUMO

As Superfícies Seletivas de Frequência, ou simplesmente FSS, são estruturas periódicas em uma ou duas dimensões, que, dependendo das dimensões físicas, da geometria e do material, podem ser classificadas como filtros passa-baixas, passa-altas, passa-faixa ou rejeita-faixa. Essas estruturas vêm sendo largamente utilizadas devido a sua capacidade de se integrar com outros circuitos de micro-ondas. Esse tipo de estrutura vem contribuindo para melhorar o desempenho dos sistemas de comunicações e possuem um grande número de aplicações, tais como: sub-refletores e blindagens eletromagnéticas. Este trabalho apresenta o projeto e a simulação de uma FSS com célula básica com dois elementos em forma de U, baseada numa célula básica quadrada, funcionando como um filtro rejeita-faixa para operar na banda X (8 GHz – 12 GHz). O objetivo principal deste trabalho é mostrar que é possível ajustar a frequência de ressonância através do ajuste das dimensões dos elementos em forma de U. São apresentados detalhes do projeto da FSS bem como resultados simulados no *software* comercial Ansoft Designer™. São consideradas possíveis aplicações dos resultados obtidos assim como propostas para a execução de trabalhos futuros relacionados ao tema.

Palavras-chave: FSS, filtro rejeita-faixa, banda X.

1 INTRODUÇÃO

Uma estrutura periódica é basicamente um conjunto de elementos idênticos organizados em um arranjo finito de uma ou duas dimensões. Esses arranjos podem ser considerados ativos ou passivos. Esse tipo de estrutura tem um grande número de aplicações e vem contribuindo para melhorar o desempenho dos sistemas de comunicações [1].

A demanda por estruturas que atendam requisitos específicos, tais como: seletividade, largura de banda, dimensões e peso reduzidos, tem motivado diversos grupos de pesquisa a estudar novas estruturas.

As FSS são estruturas periódicas descritas por células que podem conter elementos do tipo *patch*, funcionando como filtro rejeita-faixa ou elementos do tipo abertura, funcionando como filtro passa-faixa [2] [3]. Um exemplo desses dois tipos de elementos pode ser visto na Fig. 1.

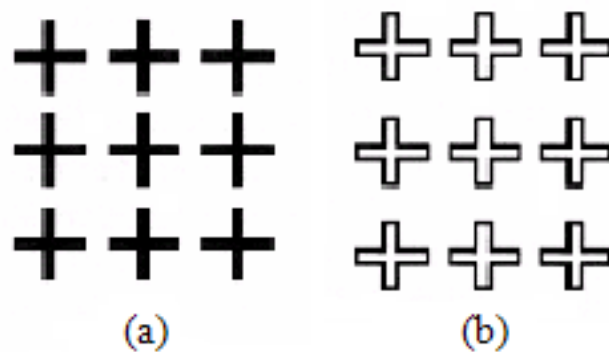


Figura 1 - Exemplos de FSS: (a) tipo *patch* e (b) tipo abertura

O interesse no estudo das FSS tem crescido através dos anos. Consequentemente as mais variadas aplicações para tais estruturas têm sido investigadas. Essas estruturas vêm sendo largamente utilizadas devido a sua capacidade de se integrar com outros circuitos de micro-ondas. Elas são muito importantes em diversas aplicações, como aviões, sistemas de antenas, radomes, foguetes, mísseis, filtros eletromagnéticos para antenas refletoras, estruturas absorvedoras, etc [2] [4].

Um grande número de métodos tem sido usado para análise de FSS. Na literatura encontram-se fórmulas aproximadas, desenvolvidas para determinar as características de transmissão e reflexão em uma FSS [5]. Dentre esses métodos pode-se citar: Casamento Modal, Método dos Circuitos Equivalentes, Método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD), Método dos Momentos (MoM), Método dos Elementos Finitos (FEM) e Método das Ondas (WCIP).

O objetivo deste trabalho é projetar e simular uma FSS com célula básica com dois elementos em forma de U, baseada na célula básica quadrada, funcionando como filtro rejeita-faixa para operar na banda X (8 GHz – 12 GHz), com a finalidade de mostrar que é possível ajustar a frequência de ressonância através do simples ajuste das dimensões dos elementos em forma de U.

2 PROJETO DA FSS

As FSS são estruturas planares compostas de uma camada metálica sobre um ou mais substratos dielétricos, que podem operar em diferentes faixas. Quando expostas à radiação eletromagnética, as características periódicas da camada metálica ressoam em determinadas frequências que dependem das propriedades do dielétrico, da geometria e do espaçamento utilizado nas células condutoras [2] [6] [7].

Para projetar uma FSS é necessário escolher o tipo de elemento a ser utilizado (*patch* ou abertura), a geometria, o material dielétrico e a faixa de frequência de operação.

Nesse trabalho foi escolhida a banda X (8 GHz – 12 GHz) como faixa de operação, o elemento tipo *patch* (para que esta funcione como um filtro rejeita-faixa), a geometria com dois elementos em forma de U e o substrato utilizado foi a fibra de vidro com $\varepsilon_r = 4,4$ e altura $h = 1,57$ mm.

Para a geometria da FSS aqui proposta foi utilizada como base a célula básica quadrada, mostrada na Fig. 2. Essa célula básica possui as seguintes dimensões: $W_x = W_y = 20$ mm e $L_x = L_y = 10$ mm. A largura dos elementos é 1 mm.

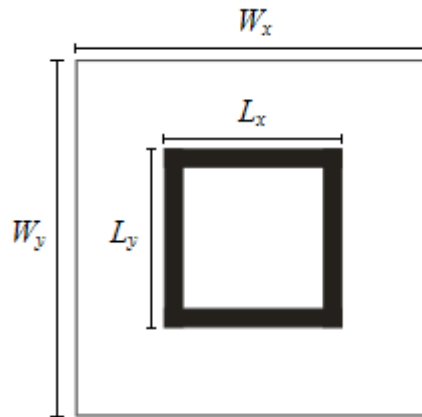


Figura 2 - Exemplo de uma célula básica quadrada

Partindo dessa célula quadrada, a FSS proposta possuirá dois elementos em forma de U, mantendo as dimensões W_x , W_y , L_x , L_y e a largura dos elementos. Novas dimensões d_x e d_y são criadas, formando assim dois elementos em forma de U que serão responsáveis pelos ajustes na frequência de ressonância. Essa estrutura pode ser vista na Fig. 3.

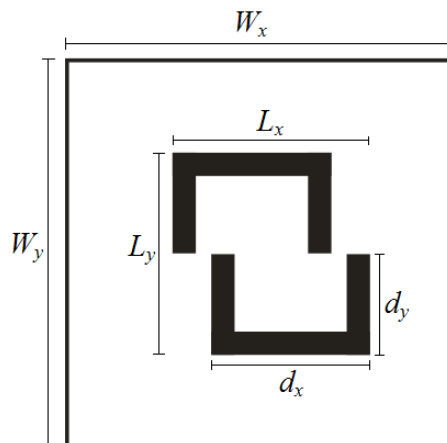


Figura 3 - FSS proposta

A partir dessa estrutura foram então projetados quatro casos. No caso 1, visto na Fig. 4(a), o valor de d_x é 8 mm e o valor de d_y é a metade de L_y . Para os demais casos, todas as dimensões são mantidas, exceto d_y , que a cada novo caso tem seu valor aumentado em 1 mm, como se vê na Fig. 4.

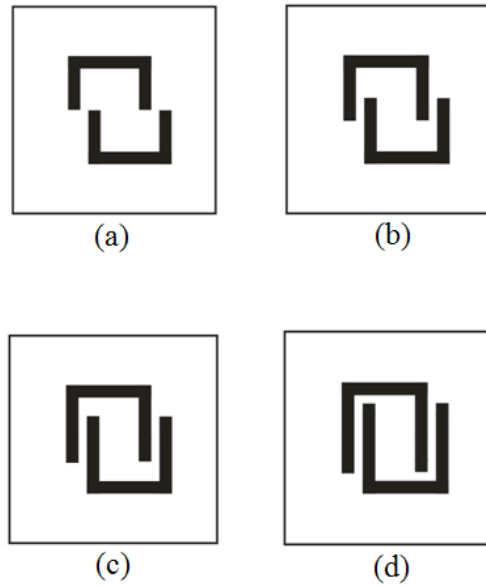


Figura 4 - FSS propostas: (a) caso 1; (b) caso2; (c) caso 3 e (d) caso 4

3 SIMULAÇÕES

A análise das estruturas propostas foi realizada através de simulações feitas no *software* comercial Ansoft Designer™. A determinação das frequências de ressonância foi realizada a partir da simulação do módulo coeficiente de transmissão, $|S_{21}|$.

A polarização do campo elétrico em relação aos elementos em forma de U influencia no comportamento da FSS. Nas simulações realizadas considerou-se o campo elétrico polarizado verticalmente e os elementos paralelos a esse campo.

Para o caso 1, o resultado obtido foi -14,66 dB em 11,48 GHz. Esse resultado é mostrado em um gráfico gerado pelo MATLAB®, visto na Fig. 5.

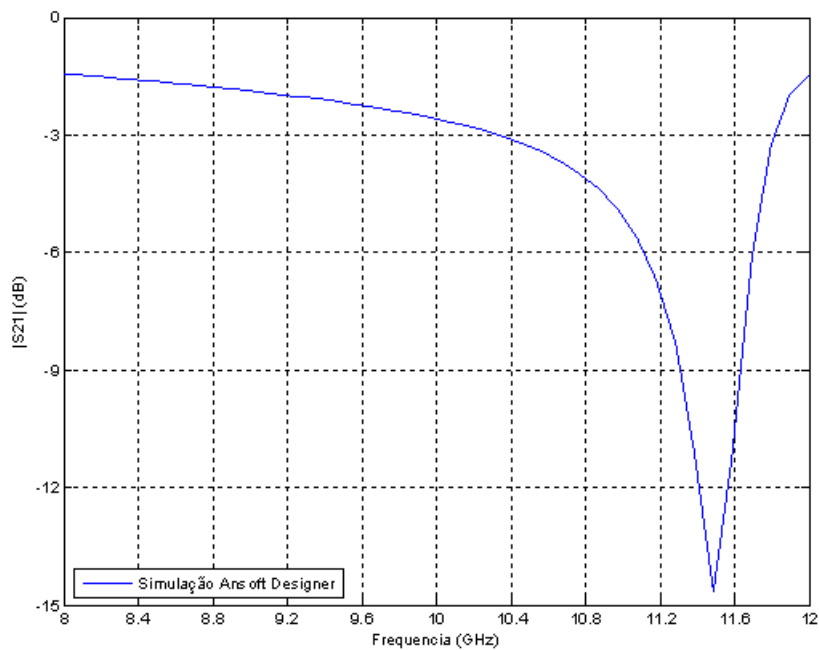


Figura 5 - Resultado da FSS caso 1

No caso 2, o resultado obtido foi -19,73 dB em 10,66 GHz. A Fig. 6 mostra esse resultado.

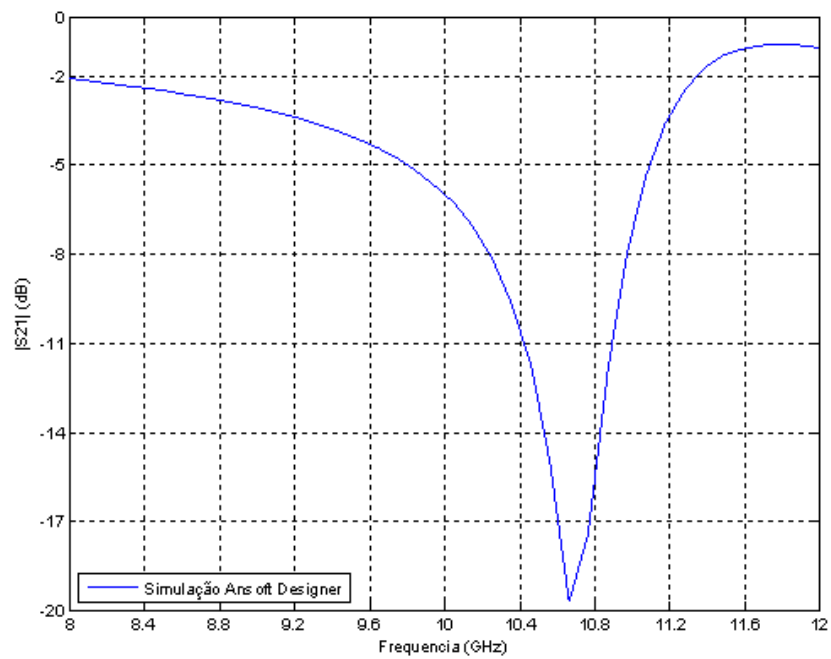


Figura 6 - Resultado da FSS caso 2

No caso 3, o resultado obtido foi -23,40 dB em 10,15 GHz. A Fig. 7 mostra esse resultado.

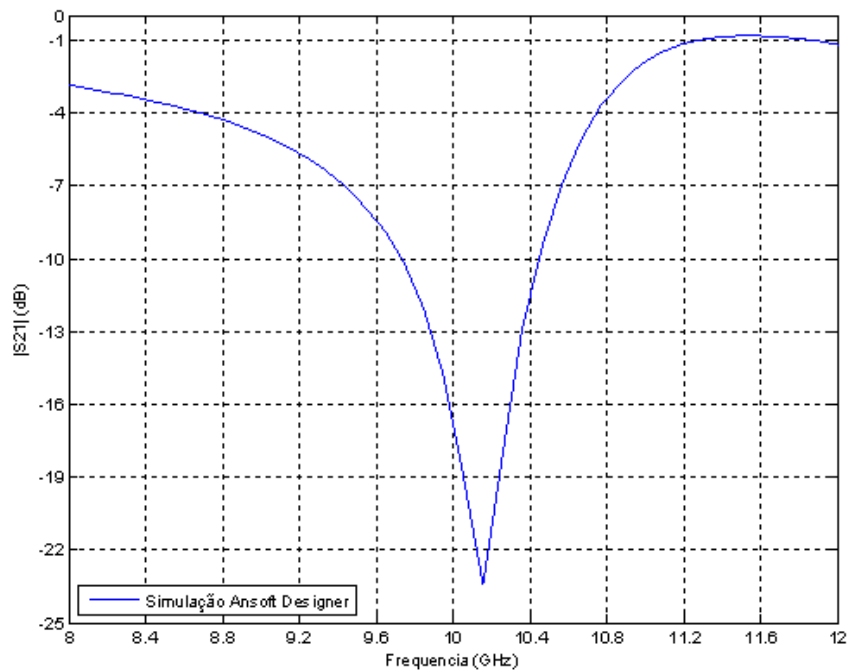


Figura 7 - Resultado da FSS caso 3

Para o caso 4, o resultado obtido foi -25,38 dB em 9,84 GHz. Esse resultado é mostrado na Fig. 8.

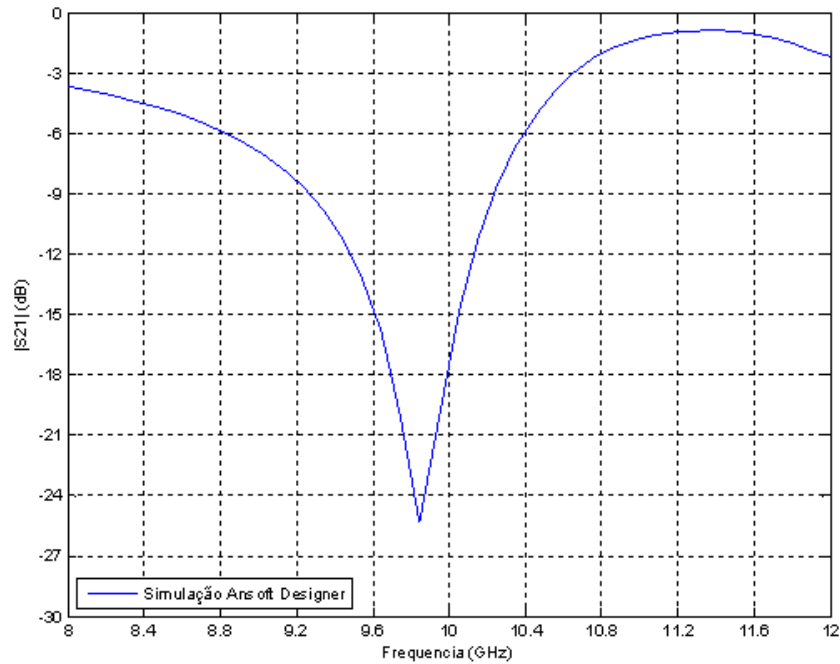


Figura 8 - Resultado da FSS caso 4

Da análise dos resultados observou-se que ao aumentar d_y ocorre uma redução gradativa da frequência de ressonância, o que pode ser visto na Fig. 9.

Dos resultados obtidos viu-se que é possível ajustar a frequência de ressonância da FSS proposta através do simples ajuste das dimensões de d_y .

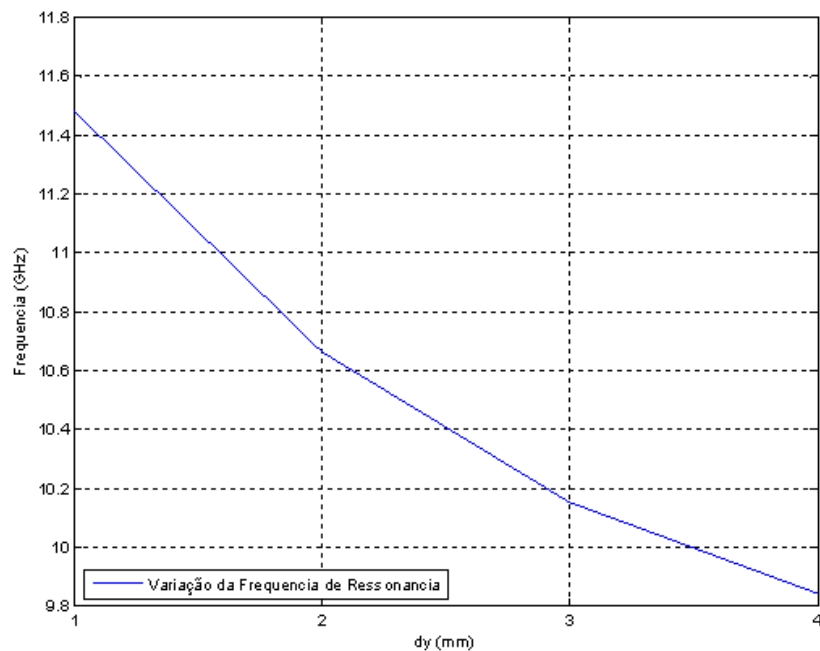


Figura 9 - Variação da frequência de ressonância com d_y

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho um novo modelo de FSS com elementos em forma de U foi projetado e simulado com sucesso. A partir da análise dos resultados comprovou-se que é possível ajustar a frequência de ressonância da FSS através do ajuste das dimensões dos elementos em forma de U (d_y). Mostrou-se também que as

estruturas ressoaram dentro da faixa de frequência esperada. Dessa análise é possível propor um estudo da introdução de novas ressonâncias tornando a estrutura multibanda, principalmente com a utilização de arranjos quase-periódicos. Como propostas à continuidade do trabalho, novas investigações devem ser realizadas, como a utilização de outros substratos dielétricos, a integração de FSS com outros circuitos de micro-ondas e a utilização da técnica de cascadeamento.

REFERÊNCIAS

- [1] MUNK, B. A.: **Frequency Selective Surfaces: Theory and Design**, John Wiley and Sons, New York, 2000.
- [2] SILVA, P. L.: **Modelagem de superfícies seletivas de frequência e antenas de microfita utilizando redes neurais artificiais**, Dissertação de Mestrado, UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 2006.
- [3] MIAS, C; TSAKONAS, C; OSWALD, C: An Investigation into the Feasibility of Designing Frequency Selective Windows Employing Periodic Structures (Ref. AY3922), Final Report, THE NOTTINGHAM TRENT UNIVERSITY, Nottingham, U. K.
- [4] CAMPOS, A. L. P. S.: Estudo da flexibilidade de projeto de Superfícies Seletivas de Frequência, II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2007.
- [5] LEE, S. W.; ZARRILLO, G.; LAW, C. L.: Simple formulas for transmission through periodic metal grids or plates, *IEEE Transactions on antennas and propagation*, p. 904 – 909, 1982.
- [6] GAO, Q.; YAN, D.; FU, Y.; YUAN, N.: Loaded-frequency selective surface, *Electr. Electron, China*, p. 96–98, 2008.
- [7] BOSSARD, J.; WERNER, D.; MAYER, T.; DRUPP, R.: A novel design methodology for reconfigurable frequency selective surfaces using genetic algorithms. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, p. 1390 – 1400, 2005.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro prestado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e o suporte técnico prestado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Comunicações Sem Fio - INCT - CSF da UFRN.