

Análise dos Efeitos das variações das permissividades e do preenchimento em uma estrutura periódica 1D sobre as Bandas Proibidas.

Denilson B. G. Pinheiro e Carlos L. da S.S. Sobrinho.

Resumo—Neste trabalho é feito um estudo sobre a influência que a permissividade dos materiais e o preenchimento da constante de rede, que formam uma estrutura periódica, exercem sobre as bandas fotônicas proibidas. Os *Band Gaps* serão analisados através do coeficiente de transmissão da matriz de espalhamento. Tal problema eletromagnético foi resolvido numericamente, por meio do método das diferenças finitas no domínio do tempo (FDTD), com truncagem por camadas perfeitamente casadas uniaxiais.

Palavras-Chave—Método FDTD, estrutura periódica, *Band Gaps*, medição do coeficiente de transmissão.

I. INTRODUÇÃO

Durante as ultimas décadas, o estudo de propagação de ondas eletromagnéticas em estruturas periódicas vem proporcionando diversas aplicações que utilizam as vantagens da periodicidade de tais estruturas para se controlar os parâmetros de propagação de ondas na mesma. Uma característica marcante de estruturas periódicas é a existência de bandas de frequências onde as ondas eletromagnéticas são fortemente atenuadas [1].

II. O FILTRO PBG

Considerando-se a propagação eletromagnética unidimensional em relação à coordenada x , as equações de Maxwell foram resolvidas numericamente pelo método das diferenças finitas no domínio do tempo. O coeficiente S_{21} da matriz de espalhamento foi obtido pela equação $S_{21} = \mathbf{E}_t^{trans} / \mathbf{E}_t^{inc}$, onde \mathbf{E}_t^{trans} representa a transformada de Fourier e $\mathbf{E}_{(t)}^{trans}$ é o campo elétrico transmitido coletado após a estrutura periódica e $\mathbf{E}_{(t)}^{inc}$ é o campo elétrico incidente coletado antes da estrutura periódica. Os campos foram coletados após um número de iterações suficiente para que os mesmos atingissem o regime permanente. O módulo do coeficiente de transmissão é calculado em dB. Os valores da menor e da maior permissividades que compõem a constante de rede foram determinados por [2]. O comprimento de onda mínimo foi calculado de acordo com a equação $\lambda_{min} = c_0 / (f_{max} * \sqrt{\epsilon_{rmax}})$, onde f_{max} representa a frequência até onde se quer analisar o coeficiente de transmissão; ϵ_{rmax} é a maior permissividade relativa e c_0 é a velocidade da luz no vácuo. A partir das equações $L = f_{nor} * c_0 / f_{max}$ e $n_{cel} = L / dx$ calcula-se o tamanho da constante de rede e o número de células de *Yee* que compõem as estruturas periódicas, respectivamente. O pulso gaussiano foi escolhido como excitação e a linguagem de programação utilizada foi a FORTRAN.

III. RESULTADOS

Denilson B. G. Pinheiro e Carlos L. da S.S. Sobrinho, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Rua Augusto Corrêa, n. 01, 66075-907, Belém Pará, Brasil, E-mails: denilsonbgp@yahoo.com.br, leonidas@ufpa.br. Este trabalho foi principalmente custeado pelo CNPq e UFPA.

A. Estruturas com célula primitiva de 2 camadas dielétricas isotrópicas.

Considera-se um cristal fotônico 1D constituído a partir de duas camadas de material dielétrico isotrópico, sendo a primeira caracterizada por $\epsilon_r=13$ e espessura de $0.2L$ e a segunda com $\epsilon_r=1$ e espessura $0.8L$, onde L é a constante de rede. A Fig.1 mostra o esquema utilizado para coletarem-se os coeficientes de transmissão e reflexão. Vamos trabalhar apenas com o coeficiente de transmissão. A parte superior da Fig. 1 significa que os campos são coletados, nas portas 1 e 2, sem a estrutura periódica, em seguida, repete-se o processo com a estrutura periódica na mesma posição do caso anterior. A Fig.2 mostra o coeficiente de transmissão com os três primeiros band gaps, onde foram necessárias 200000 iterações e 9 constantes de rede e em cada uma constante de rede existem 70 células de *Yee*. Este coeficiente de transmissão será a referência para as análises da influência nos band gaps devido à variação das permissividades relativas intermediárias (permissividades entre 1 e 13) e da variação do preenchimento das mesmas na estrutura periódica.

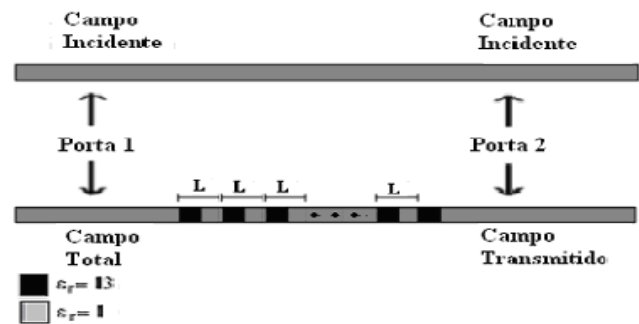


Fig.1 - Esquema utilizado para coletarem-se os coeficientes de transmissão e reflexão.

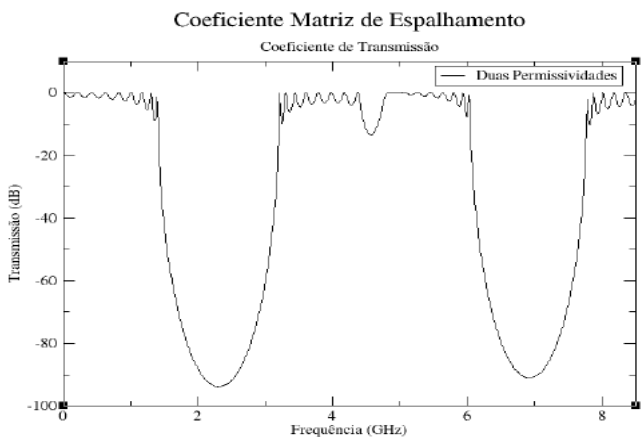


Fig.2 - Coeficiente de transmissão plotados para duas permissividades, $\epsilon_r=13$ e $\epsilon_r=1$.

B. Análise da influência nos band gaps devido ao acréscimo de permissividades intermediárias e variação das mesmas.

B.1- Estruturas com célula primitiva de 3 camadas dielétricas isotrópicas.

Como um primeiro exemplo considerou-se a célula, da estrutura periódica, constituída de três materiais, representados na Fig.3, pelas três cores preto, branco e cinza, com $\epsilon_{r1} = 13$, ϵ_{r2} assumindo valores de 2 até 12 e $\epsilon_{r3} = 1$, onde cada material tem espessura de $0.1L$, $0.2L$ e $0.7L$, respectivamente.

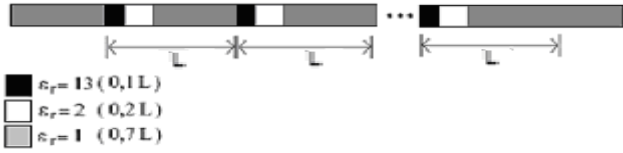


Fig.3 – Esquema da configuração da estrutura periódica para três permissividades.

A Fig.4 mostra a variação do coeficiente de transmissão considerando-se ϵ_{r2} assumindo os valores 2 (...), 3 (-.-), 4 (-.-) e 5 (-.-).

Ao acrescentar uma permissividade intermediária na estrutura periódica, obtêm-se o *band gap* central com menos iterações, cinquenta mil, e com menos constantes de rede, no caso seis. Ao variar as permissividades elétricas de forma crescente, ocorre o deslocamento dos *band gaps* para frequências inferiores.

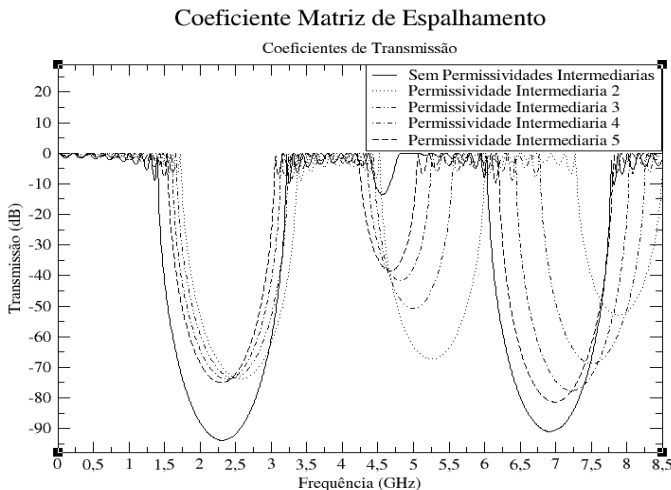


Fig.4 – Coeficientes de transmissão para as constantes dielétricas intermediárias 2, 3, 4 e 5.

C. Análise da influência nos Band Gaps devido à variação do preenchimento das permissividades relativas.

C.1 - Três camadas dielétricas isotrópicas

Para as estruturas com três camadas dielétricas, “deslocou-se” as permissividades relativas intermediárias dentro da estrutura para variar o preenchimento de $\epsilon_r = 13$ e $\epsilon_r = 1$. A permissividade relativa intermediária é 7, com espessura $0.1L$. A Fig.5 mostra a variação do coeficiente de transmissão para os vários preenchimentos de $\epsilon_r = 13$: Para $0.1L$ (...), $0.2L$ (-.-), $0.3L$ (-.-) e para $0.4L$ (-.-).

Denilson B. G. Pinheiro e Carlos L. da S.S. Sobrinho, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Rua Augusto Corrêa, n. 01, 66075-907, Belém Pará, Brasil, E-mails: denilsonbgp@yahoo.com.br, leonidas@ufpa.br. Este trabalho foi principalmente custeado pelo CNPq e UFPA.

Coeficiente Matriz de Espalhamento

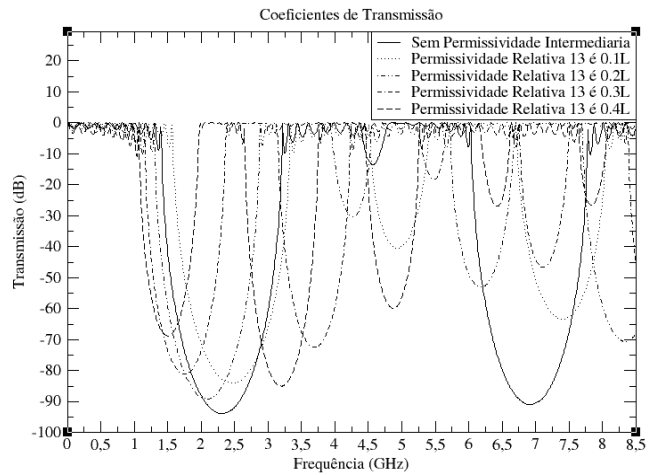


Fig.5 -Coeficientes de transmissão, considerando-se a espessura, da camada com permissividade relativa 13, igual a 0.1L, 0.2L, 0.3L e 0.4L.

Ao acrescentar a permissividade relativa 7 e variar o preenchimento das constantes dielétricas 1 e 13. Suavizou-se o deslocamento dos *band gaps* para frequências inferiores. Assim como, a diminuição dos mesmos.

IV. CONCLUSÃO

Pode-se observar que ao acrescentar uma camada intermediária entre as permissividades relativas 13 e 1 ocorreu um aumento na faixa e uma diminuição do ganho do *gap* intermediário e um aumento no ganho nos *gaps* mais externos. À medida que variou-se a permissividade relativa intermediária de 2 até 12 ocorreu um deslocamento dos *gaps* para frequências inferiores, uma diminuição do ganho dos *gaps* mais inferiores e um aumento do ganho do *gap* mais externo. Já para o *gap* intermediário ocorreu uma diminuição na largura de faixa e um aumento no ganho quando se variou a permissividade relativa intermediária de 2 até 6 e o inverso quando variou-se de 7 até 12.

Para a análise da influência nos *Band Gaps* devido à variação do preenchimento das permissividades relativas, pode-se observar, para todos os casos, que à medida que o preenchimento referente à permissividade relativa 13 aumenta na estrutura periódica ocorre o deslocamento dos *gaps* para as faixas de frequências mais inferiores e a diminuição da largura de faixa dos mesmos, com isso ocorre o aparecimento de novos *Band gaps*. Outros resultados serão vistos na coferência.

V. REFERÊNCIAS

[1] J. P. Montgomery, “Scattering by na Infinite Periodic Array of Thin Conductos on a Dielectric Sheet”, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol AP – 23, pp 70-75, 1975.
 [2] J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, e J. N. Winn, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light*, 1ª Edição, Pricenton Univ. Press, 1995