



Bandas de condução em cristais fotônicos e guias de onda

RESUMO

Luis Fernando Calciolari Ferrarezi
luisferrarezi@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Guarapuava, Paraná,
Brasil

Antonio Carlos Amaro De Faria
Junior
atoni.carlos@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Guarapuava, Paraná,
Brasil

OBJETIVO: Determinar um novo potencial óptico e construir a sua banda de condução óptica. **MÉTODOS:** Baseado no trabalho PT-Symmetric Optical Lattices de Hesketh (2010), sendo utilizadas substituições para reduzir a ordem da equação diferencial de segunda ordem e método de Runge-Kutta para encontrar as soluções numericamente. **RESULTADOS:** Foi obtida uma figura onde é representada a banda de condução para o potencial óptico proposto. **CONCLUSÕES:** A partir do potencial óptico é possível selecionar modos de propagação do feixe óptico.

PALAVRAS-CHAVE: Banda de condução. Simetria de tempo de paridade. Guia de onda.

INTRODUÇÃO

As fibras ópticas sofrem com efeitos não lineares, como, por exemplo, os ruídos ópticos. Estes são originados da interação de campos ópticos com a matéria e, dependendo onde a tecnologia está sendo aplicada, eles são indesejáveis.

Um fator que pode representar perda de sinal óptico é o efeito Kerr, Farias (2016) discute como a fibra óptica pode ser projetada de modo que elimine a distorção de sinais ópticos causada por efeitos não lineares. Para isto é necessário que sejam convenientemente selecionados os modos de propagação do feixe óptico.

Sistemas não Hermitiano têm como possível aplicação a seleção de uma banda de condução a partir da estrutura de banda da rede cristalina da guia de ondas. Os Hamiltonianos não Hermitiano têm espectros reais desde que respeitada a simetria de tempo de paridade (em inglês: parity-time, PT).

O Hamiltoniano do sistema óptico será PT simétrico se $V(x) = V^*(-x)$.

A propagação de um feixe óptico em um meio não linear é descrita pela equação

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \frac{1}{\epsilon_0 c^2} \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2} \quad (1)$$

Considerando que a propagação de um pulso óptico em um dado meio no qual a interação da luz com os constituintes desse meio produza efeitos ópticos não lineares e levando em consideração as simetrias da estrutura do guia de ondas é possível obter

$$i \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + V(x)\psi + |\psi|^2 \psi = 0 \quad (2)$$

Onde $V(x)$ é chamado de potencial óptico e descreve a interação entre o feixe óptico e estrutura da guia de onda e $\psi(x, z)$ é o perfil de pulso óptico. Podendo a solução ser escrita por

$$\psi(x, z) = \phi(x)^{i\lambda z} \quad (3)$$

MÉTODOS

Com base no método de Hesketh (2010) passamos a ver a constante de propagação (λ) em função do impulso de Bloch (k), com k dentro da primeira região de Brillouin, sendo uma condição necessária, apesar de não adequada, imposta ao potencial com intuito de garantir um verdadeiro espectro próprio, sendo assim

$$\lambda = \beta(k), \quad \frac{-\pi}{D} \leq k \leq \frac{\pi}{D} \quad (4)$$

Com um potencial $V(x) = 2,5 * \cosh(x)$ e período $D = \pi$.

Unindo as equações (2), (3) e (4) é possível obter

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) - \beta(k) \right] \phi(x) = 0 \quad (5)$$

Após reduzir a ordem com substituições e utilizar as devidas condições iniciais o problema foi resolvido numericamente usando método de Runge-Kutta.

Essas soluções se relacionam com o impulso de Bloch pela seguinte equação

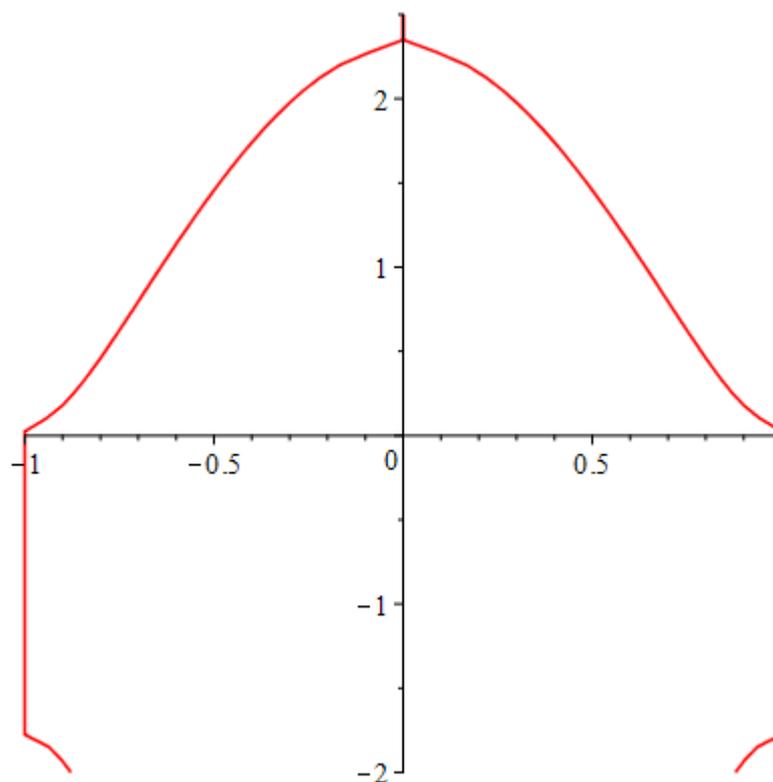
$$\cos(k\pi) = \frac{1}{2} [U_1(\pi) + U_2'(\pi)] \quad (6)$$

Possibilitando determinar k para um valor específico de β .

RESULTADOS

Após resolver o método numericamente foi traçado o gráfico de $k(\beta)$ com o eixo da abscissa sendo k e o eixo das ordenadas sendo $\beta(k)$, sendo obtida a Figura 1.

Figura 1 – Estrutura de banda



Fonte: Autoria própria.

DISCUSSÃO

Nós podemos observar que a propagação de um feixe óptico através de um guia de onda ou através de uma rede cristalina óptica pode ser modelada a partir

das equações de Maxwell em um meio dielétrico que se polariza. Este meio dielétrico polarizado é capaz de gerar efeitos ópticos não lineares que podem ser modelados pelo método que apresentamos neste trabalho. Definindo um potencial óptico $V(x)$ é possível mapear uma rede cristalina ou a rede de uma guia de onda e caracterizar a banda de condução dos modos de propagação do feixe óptico. Entre inúmeras aplicações do método está o projeto de redes ópticas cristalinas e guias de onda microestruturados capazes de selecionar determinados modos de propagação do feixe óptico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho nós desenvolvemos um método baseado no trabalho *PT-Symmetric Optical Lattices* de Hesketh (2010) em que um potencial óptico pode mapear uma rede cristalina e/ou um guia de onda onde é possível obter a banda óptica de propagação dos pulsos ópticos propagantes. Nós descrevemos o método e propomos um potencial óptico original até então ainda não discutido na literatura $V(x) = 2,5 * \cosh(x)$ e construímos a sua banda de condução óptica. Entre outras aplicações o método pode ser empregado no design de fibras que atuam como filtros ópticos selecionando os modos de propagação do feixe óptico incidente.

Conducting bands in photonic crystals and waveguides

ABSTRACT

OBJECTIVE: Determine a new optical potential and build its optical conduction band. **METHODS:** Based on the PT-Symmetric Optical Lattices of Hesketh (2010) work, it is used to replace the order of the second order differential equation and Runge-Kutta method to find numerical solutions. **RESULTS:** A figure was obtained which shows a conduction band for the proposed optical potential. **CONCLUSIONS:** From the optical potential it is possible to select modes of propagation of the optical beam.

KEYWORDS: Band structure. PT symmetry. waveguide.

AGRADECIMENTOS

LFCF é grato à Fundação Araucária pelo apoio financeiro e à UTFPR por contribuir em unir os conhecimentos para que muitos avanços científicos aconteçam.

REFERÊNCIAS

DUTRA, A. S.; FARIA, A.C.; ROCHA, R. **Amaro** Mapping for BPS solitons of scalar field potentials in 1 + 1 dimensions. S.D.

HESKETH, Graham D.; JONES, Hugh F. PT-Symmetric Optical Lattices. 2010.

FARIAS, A.C. **Applications of Non-hermitian Optical Pulses**. Physics Procedia, Volume 83, 2016, Pages 1367-1376, ISSN 1875-3892. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389216302632>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

FERRAREZI, L. F. C.; FARIA, A. C. Título do trabalho: e subtítulo, se houver. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Luis Fernando Calciolari Ferrarezi

Rua Osório Ferreira Pedroza, número 63, Bairro Centro, Bocaina, São Paulo, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

