

Geração e controle de efeitos óticos quânticos não lineares

Generation and Control of Nonlinear and Quantum Optical Effects

Iaggo Capitano.
iaggo.capitano@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Parana, Guarapuava,
Parana, Brasil.

Orientador: Antonio Carlos Amaro.
Atoni.carlos@gmail.com
Universidade Tecnológica
Federal do Parana, Guarapuava,
Parana, Brasil.

RESUMO

Efeitos não lineares em guias de onda são comuns quando tais guias são submetidos a grandes intensidades de pulsos. O trabalho apresenta uma técnica baseada em fotônica aplicada em mensuramento eletromagnético de sistemas eletromagnéticos que são identificáveis, processáveis e abeis de transmissão de sinais óticos não lineares e efeitos quânticos provenientes da interação da luz com a matéria. O dispositivo fotônica desenvolvido e aplicado para essas mensurações magnéticas pode gerar e controlar os feixes óticos não lineares e ruídos quânticos através da interação da luz (lasers) com a matéria, das fibras óticas para cristais fotônica. Através do software Maple, obteve-se novos potenciais óticos não lineares em um espaço não Hermetiano, os quais mostram a construção de novos possíveis filtros óticos e guias de onda.

PALAVRAS-CHAVE: fotônica aplicada. Ótica não linear. Potencial ótico. Ótica quântica. Espalhamento quântico.

ABSTRACT

Nonlinear effects on waveguides are common when such guides are subjected to high pulse intensities. The work presents a technique based on photonics applied to electromagnetic measurements and electromagnetic systems that are able to identify process and transmit nonlinear optical signals and quantum optical effects from the interaction of light with matter. The photonic device developed applied to these electromagnetic measurements can generate and control the non-linear optical beams and quantum noises through the interaction of light (lasers) with matter, from optical fibers to photonic crystals. Through the Maple software, new potential non-linear optics were obtained, which show the construction of new possible optical filters and waveguides.

KEYWORDS: Photonic applied. Nonlinear optics. Optical potential. Quantum optics. Quantum scattering.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 18 set. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Um guia não linear de ondas pode ser projetado para a geração, controle e detecção de feixes óticos não lineares. A estrutura cristalina de guia ótico gera e mantém os pulsos não lineares de ondas através do guia. Efeitos quânticos, como o Raman e o espalhamentos Brillouin, adicionam aos efeitos não lineares, de modo que, o efeito efetivo é a propagação desses pulsos pelo guia, equação (1).

$$\vec{P} = \epsilon_0 \chi^{(1)} \vec{E} + \vec{P}^{NL} \quad (1)$$

Quando E , $\epsilon_0 \chi^{(1)}$ e P^{NL} são o campo elétrico, a permissividade, a suscetibilidade elétrica e o termo de polarização não linear respectivamente. A propagação de um feixe ótico em um meio não linear é descrita pela equação (2).

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{P}^{NL}}{\partial t^2} \quad (2)$$

Onde μ_0 é a permeabilidade magnética.

MÉTODOS

Pode-se considerar a propagação de um pulso ótico em um meio dado cuja interação de luz com os constituintes desse meio produz efeitos óticos não lineares, como o efeito Kerr, por exemplo, no qual a equação de propagação pode ser derivada da equação (2), de tal forma que, toma-se em consideração a simetria da estrutura do guia de onda. Então, obtém-se a equação (3)

$$\frac{d^2 \phi}{dx^2} + [V + iW] \phi + |\phi|^2 \phi = \lambda \phi \quad (3)$$

onde as funções $V(x, y)$ e $W(x, y)$ são chamadas de potenciais óticos e descrevem a interação entre o feixe de luz e a estrutura do guia de onda. A função, $\phi(x, y)$, é o perfil do pulso ótico e λ é a constante de propagação. Agora, pode-se definir o perfil de um feixe ótico com mostrado na Figura (6), espalhada pela estrutura do cristal descrita por um potencial ótico, Figura 3. Essas funções podem, propriamente, descreverem um entrelaçamento ótico. O potencial ótico pode descrever um espalhamento ótico entrelaçado e suas propriedades simétricas. Nesse sentido, os efeitos não lineares do espalhamento da luz com os constituintes do material guia de onda como os efeitos de polarização não lineares carregam informações em relação a estrutura do cristal como um elemento de espalhamento. Portanto, guias de onda podem ser apropriadamente desenhados para direcionar certos modos de propagação e excluir outros. Portanto esses feixes óticos não lineares agem como filtros naturais que possuem sua própria estrutura de banda.

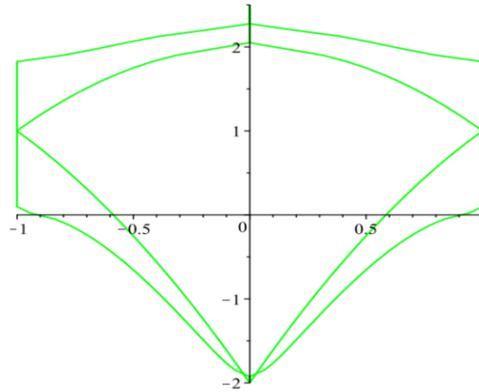
Dessa forma, com o auxílio do Maple¹, e do código (2), conseguiu-se definir novos potenciais óticos não Hermitianos para a seleção de bandas de uma estrutura de um cristal, assim é possível formar novos filtros óticos.

¹ <https://www.maplesoft.com/products/Maple>

Para a Figura 1 temos o seguinte potencial $V = 0.65x^2$ & $iW = 0.585i\cos(2x)$.

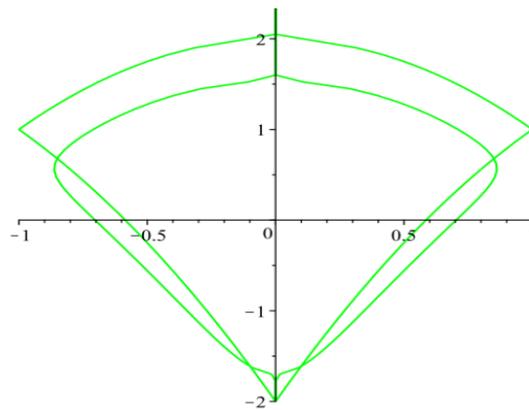
Para a Figura 2 temos o seguinte potencial $V = \left(\frac{3\cos(2x)-0.1}{\sqrt{3}}\right)^2$ & $iW = 0.45i\cos(2x)$. Para a Figura 3 temos o seguinte potencial $V = 0.25(x)^2$ & $iW = (0.3941)i\sinh(x)$.

Figura 1 – Grafico gerado para novos potenciais oticos.



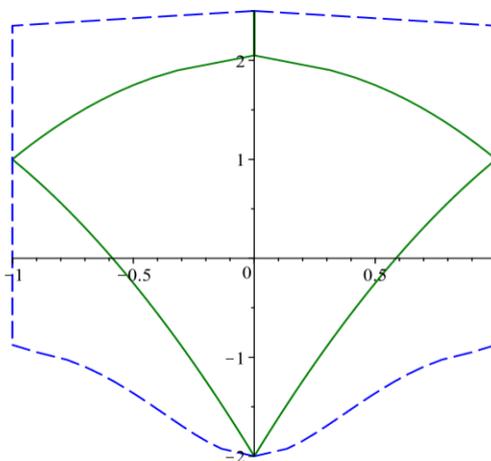
Fonte : Autoria Propria (2018).

Figura 2 – Grafico gerado para novos potenciais oticos



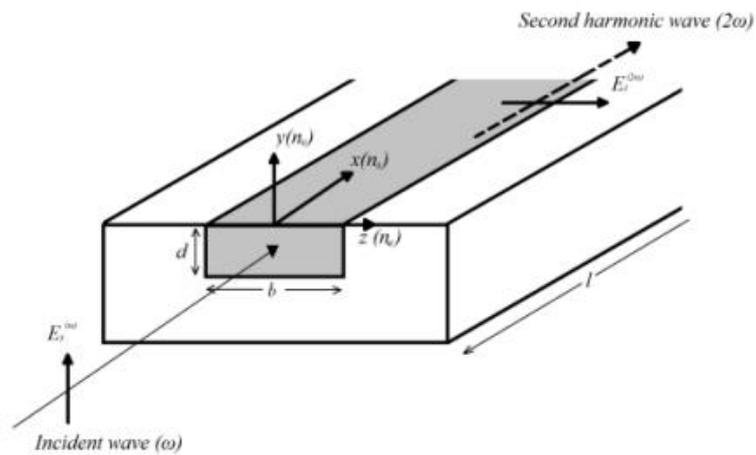
Fonte : Autoria Propria (2018).

Figura 3 – Grafico gerado para novos potenciais oticos.



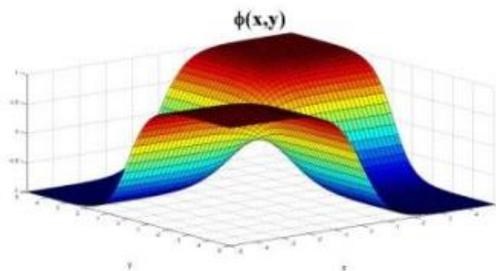
Fonte: Autoria Propria (2018).

Figura 4 – Guia de onda com um campo elétrico, E , índice refrativo onda incidente (segunda geração harmônica).



Fonte : A. C. Amaro(2017)

Figura 6 – Perfil óptico da solução da equação (3) no guia de onda.



Fonte : A. C. Amaro(2017)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os sistemas óticos não Hermetianos estão sendo explorado cada vez mais, eles possuem a capacidade de selecionar uma possível banda da estrutura de banda do cristal. Os gráficos obtidos fornecem novas soluções não lineares em um sistema não hermetiano, os quais podem ser usados para a seleção de novas bandas de uma estrutura ótica de um cristal. Isso é possível, pois uso do espectro real de um sistema não hermetiano, que respeite a *PT-symmetry*, fornece uma conexão com a estrutura ótica de um cristal . Através da equação não linear de Schrödinger podemos mapear a estrutura ótica do cristal através da constante de movimento, autovalor gama, e do automodo (ϕ). Dessa forma um sistema não Hermetianos pode descrever a estrutura ótica dos cristais, ou seja , pode-se selecionar novos cristais para selecionar novos comprimentos de onda e eliminar

ou diminuir a propagação de Raman e o efeito Kerr, os quais não são desejáveis e desenhar novos guias de onda com características desejáveis.

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a minha família pela ajuda que eles sempre me ofereceram. E também agradeço a minha namorada por estar ao meu lado me apoiando, ao meu orientador por sempre ter me incentivado, a UTFPR que me proporcionou um auxílio financeiro durante a realização do projeto e a todos servidores que são responsáveis pelo funcionamento e manutenção da universidade.

REFERÊNCIAS

Graham D. Hesketh ; **PT-Symmetric Optical Lattices**, Imperial College London, Londres, p. 42-48, Set. 2010.

Z.H. Mussliman; **Optical Solitons in PT Periodic Potentials**, Departamento de Matemática, Florida State University, Tallahassee, Florida, 23 jan. 2008.

A.C Farias; **Applications of Non-Hermitian Optical Pulses**, International Conference on Photonic Technologies, Guarapuava, Parana. (2016).