

Simulador de Redes de Bragg

Rogério Pais Dionísio

Escola Superior de Tecnologia / Departamento de Engenharia Electrotécnica e das Telecomunicações

Castelo Branco, Portugal

rdionisio@est.ipcb.pt

Resumo — As redes de Bragg (FBG) tornaram-se componentes importantes nos sistemas de comunicação suportados por fibras ópticas, pois permitem a realização de várias operações sem a necessidade de conversão optoelectrónica. Neste âmbito, é desenvolvida uma ferramenta de software para simulação e caracterização de redes de Bragg. A interface gráfica é programada utilizando o ambiente GUIDE do Matlab. É assim possível analisar um leque variado de FBGs, tendo em consideração os efeitos secundários provocados pela variação do índice de refração médio, durante o processo de fabrico.

I. MOTIVAÇÃO

Actualmente, os simuladores de componentes ópticos são ferramentas poderosas e relativamente fáceis de usar. No campo das redes de Bragg, foram desenvolvidas aplicações a nível académico, com ênfase na compensação da dispersão em ligações por fibra óptica [1]. Por outro lado, os pacotes de software comerciais, como por exemplo *IFO GRATINGS* [2], permitem a definição de um vasto conjunto de características para a simulação de redes de Bragg, com aplicações no campo das telecomunicações (filtros ópticos, compensação da dispersão) ou da instrumentação (Sensores de temperatura, de peso, de compressão, etc.).

De modo a possuir um controlo completo das simulações, decidiu-se desenvolver um simulador próprio, a que se chamou *BGS* [3], que resulta da abreviação de *Bragg Gratings Simulator*. Além de poder servir para desenvolvimento e investigação em futuras aplicações, permitiu testar as potencialidades de vários métodos numéricos [4].

II. ESTRUTURA

O simulador *BGS* foi programado com recurso ao programa *MATLAB*, numa linguagem de programação baseada em *C*. Para a criação da interface gráfica, fez-se uso da ferramenta de desenvolvimento de aplicações gráficas, pertencente ao conjunto de software especializado que acompanha o *MATLAB*. A tradução do código para linguagem *C* e posterior compilação foi depois realizada seguindo as directivas fornecidas na referência [6], o que permitiu criar uma aplicação gráfica executável e autónoma.

O diagrama de fluxo da figura 1 sintetiza toda a sequência de acções associadas ao simulador.

III. INTERFACE COM O UTILIZADOR

A Figura 2 ilustra o ambiente gráfico do simulador *BGS*. Na fase de caracterização, o utilizador é solicitado para definir cinco conjuntos distintos de parâmetros. As opções numéricas definem o número de pontos simulados

no comprimento e no espectro. As propriedades espectrais caracterizam a largura espectral de simulação e o comprimento de onda de máxima reflectividade, λ_{max} .

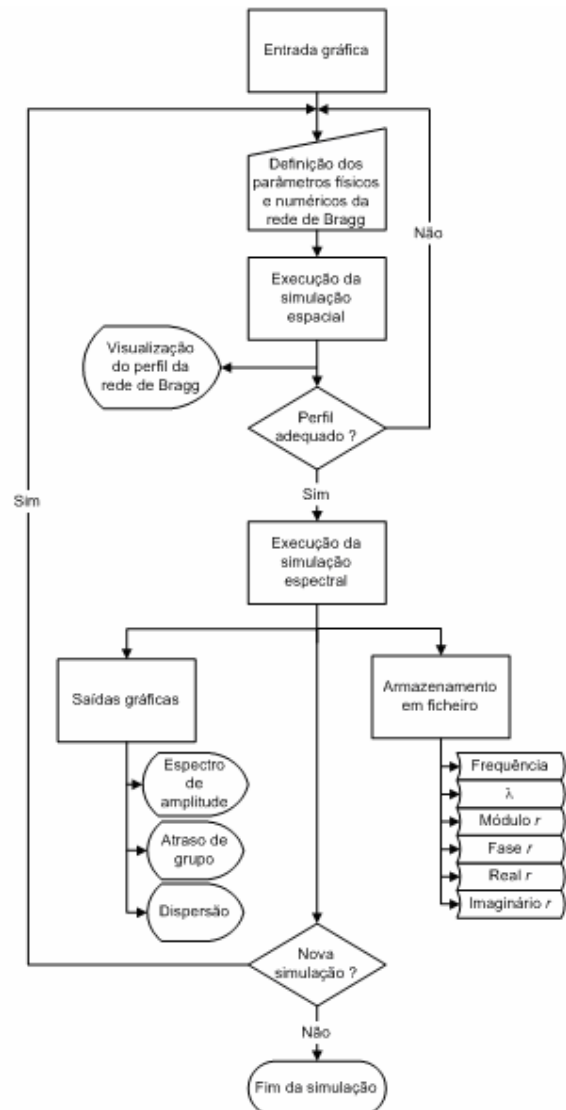


Figura 1 - Diagrama de fluxo da ferramenta de simulação para redes de Bragg (BGS).

Os restantes campos permitem ajustar os parâmetros do perfil. A variação do período da rede de Bragg vem caracterizada pelo termo de fase $\phi(z)$, presente na equação (1), e depende do coeficiente de aperiodicidade $d\lambda_s/dz$. No caso de *chirp* linear [7], tem-se:

$$\phi(z) = -\frac{4\pi n_{eff}}{\lambda_B^2} \frac{d\lambda_B}{dz} z^2 \quad (1)$$

Os formatos de apodização disponíveis [8] são utilizados para caracterizar a variação do valor médio ao longo da rede e a amplitude de modulação. O utilizador tem ainda a possibilidade de definir outras funções para o perfil, mediante a escrita de uma expressão. Os diferentes perfis são apresentados na figura 2, para visualização e comparação

Os resultados numéricos da caracterização da rede são o valor médio $\langle n_{th}(z) \rangle$ e o comprimento de onda de Bragg λ_B . Este último está relacionado [8] com o comprimento de onda de máxima reflectividade (λ_{max}) pela equação,

$$\lambda_B = \frac{n_{eff} \lambda_{max} + \sqrt{(n_{eff} \lambda_{max})^2 - 4(n_{eff} + \langle n_{th} \rangle \bar{\delta} n_{eff}) \left(n_{eff} L \frac{d\lambda_B}{dz} \lambda_{max} \right)}}{2(n_{eff} + \langle n_{th} \rangle \bar{\delta} n_{eff})} \quad (2)$$

Onde $\langle n_{th}(z) \rangle$ é o valor médio de $n_{th}(z)$

$$\langle n_{th}(z) \rangle = \frac{1}{L} \int_0^L n_{th}(z) dz, \quad (3)$$

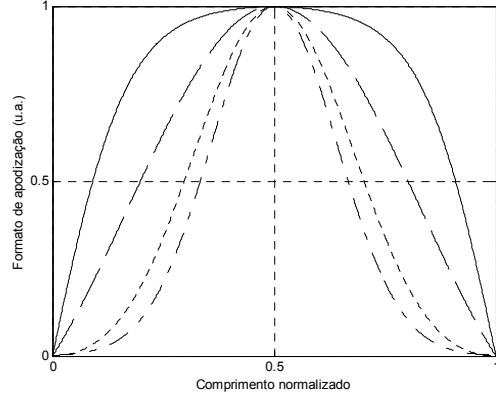


Figura 2 – Formatos de apodização com diferentes decaimentos da modulação do índice do centro para as extremidades da rede, (traço contínuo) tângente hiperbólica com $\eta=3$, (...) Blackman com $\alpha=0.19$, (---) Gaussiano com largura a meia altura de $\epsilon=L/3$, (-.-) seno cardinal com $m=1$.

o parâmetro L é o comprimento da rede, n_{eff} é o índice de refração do núcleo e $\bar{\delta} n_{eff}$ é a profundidade de modulação. É de notar que no caso de uma rede de Bragg sem chirp e com valor médio nulo, $\lambda_B = \lambda_{max}$.

O perfil da rede após a definição de todos os parâmetros é obtido usando o botão *Start Profile*.

A Figura 3 mostra no gráfico superior a função de apodização $f(z)$. No outro gráfico, o perfil vem acompanhado das linhas para os limites máximo e médio.

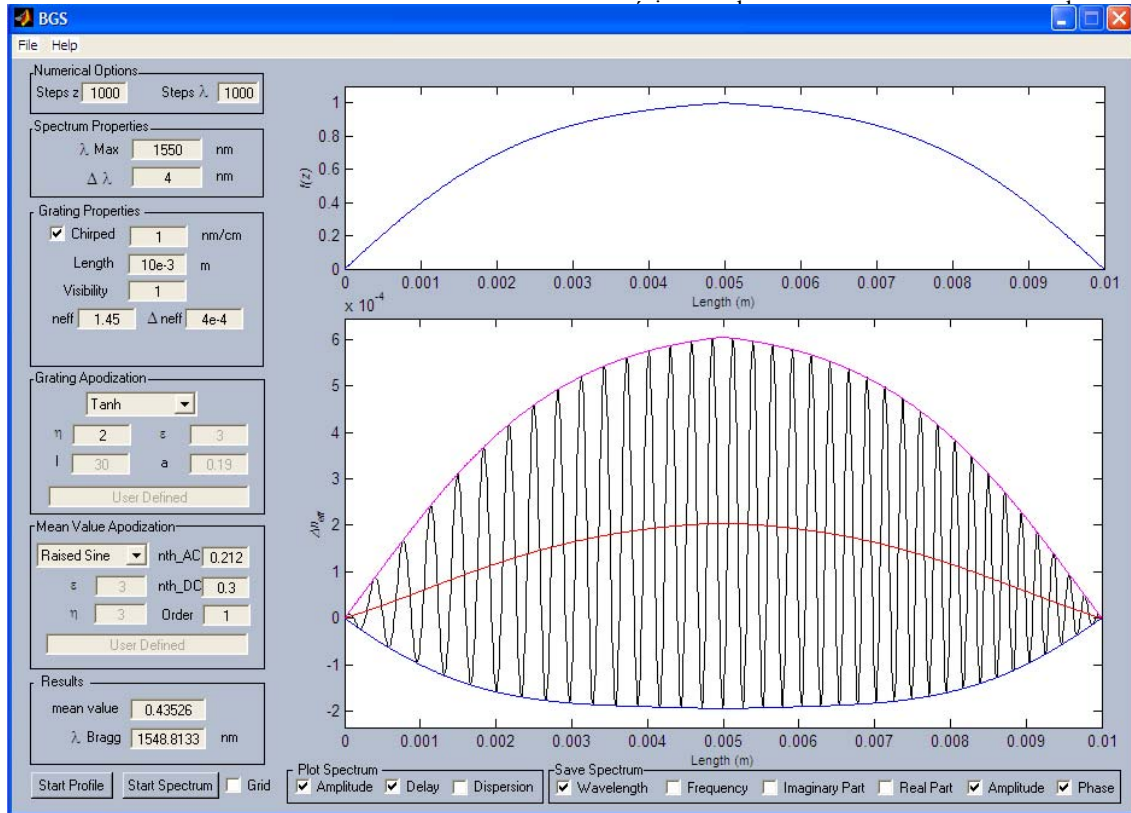


Figura 3 - Interface gráfica do simulador BGS; É de notar que o período representado no gráfico inferior foi aumentado, e não está à escala.

Depois de seleccionados os parâmetros da rede desejada, o uso do botão *Start Spectrum* permite calcular a resposta espectral. A ferramenta de simulação fornece então informação gráfica como a representada na figura 4. O atraso de grupo reflecte a dependência da fase do espectro de reflexão, $\theta_p = \text{fase}(r(\lambda))$, com o comprimento de onda [7], e define-se por:

$$\tau_p = \frac{d\theta_p}{d\omega} = -\frac{\lambda^2}{2\pi c} \frac{d\theta_p}{d\lambda} \quad (4)$$

É uma grandeza temporal, e é usualmente apresentada em pico segundos (*ps*).

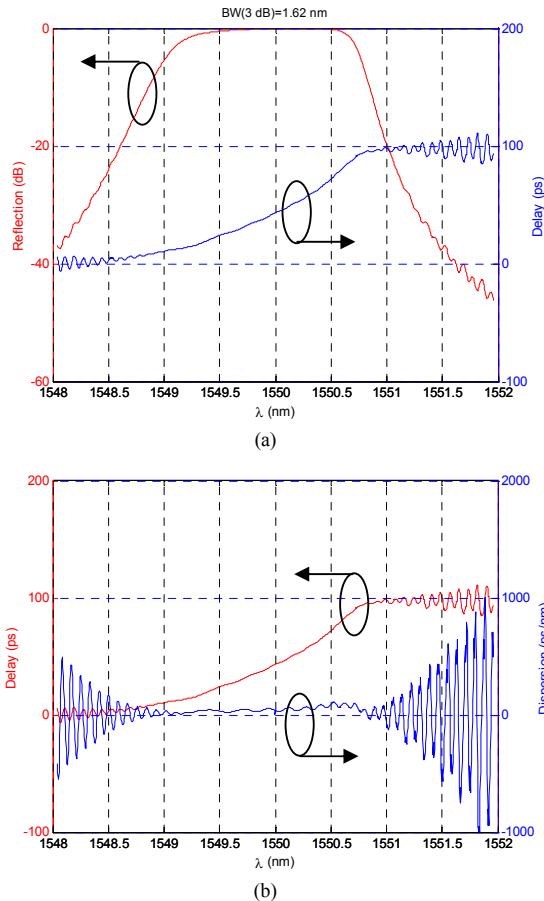


Figura 4 – Espectro de amplitude e atraso de grupo (a) e dispersão e atraso de grupo (b) em função do comprimento de onda, simulados com os parâmetros do exemplo da figura 2. A largura de banda do espectro de amplitude a 3 dB é também calculada e apresentada.

A dispersão [7] quantifica a variação do atraso de grupo em função de λ , e é normalmente representada em *ps/nm*

:

$$d_p = \frac{d\tau_p}{d\lambda} = -\frac{2\pi c}{\lambda^2} \frac{d^2\theta_p}{d\omega^2} \quad (5)$$

Os valores obtidos são depois armazenados em ficheiro, quer na forma cartesiana ou polar, em conjunto com a gama de frequências ou de comprimentos de onda utilizados na simulação. É assim possível utilizar os resultados em simuladores de sistemas ópticos [9], ou compara-los com outros simuladores para redes de Bragg [2].

IV. CONCLUSÕES

Foi apresentada uma ferramenta de software para a simulação da resposta espectral das rede de Bragg. É de fácil utilização, permitindo uma análise sistemática de redes com diferentes parâmetros. O processo numérico adoptado produz resultados coerentes, quando comparado com outros simuladores.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação para Ciência e Tecnologia pelo financiamento do projecto POSI/2001/CPS/40009 integrado no WO-NET.

REFERÊNCIAS

- [1] Fernández, P. et al (2002). Simulation and design tool for spectral characterization of fiber Bragg gratings. *Proceedings of the 4th International Conference on Transparent Optical Networks - ICTON 2002*, Warsaw, Poland, April 2002, We.C.7.
- [2] *IFO Gratings 3.0 – Integrated & fiber optical gratings design software* [Programa de computador]. (1999). Ottawa, ON: Optiwave Corporation (12871/250699-ZU)
- [3] Dionísio, R. P., Lima, M. J., Rocha, J. R. F., Pinto, J. L. & Teixeira, A. J. (2003). Ferramenta de simulação para análise espectral de redes de Bragg. *Revista do DETUA*, **3**, 796-800.
- [4] Dionísio, R. P., Lima, M. J., Rocha, J. R. F., Pinto, J. L. & Teixeira, A. J. (2003). Numerical methods for fiber Bragg gratings. *Proceedings of the 5th International Conference on Transparent Optical Networks - ICTON 2003*, Warsaw, Poland, June-July 2003, Th.B.5.
- [5] Dionísio, R. P., Lima, M. J., Rocha, J. R. F., Pinto, J. L. & Teixeira, A. J. (2003). Comparison of fiber Bragg gratings simulation numerical methods. *Proc. Of the 4th Conference on Telecommunications - CONFTELE 2003*, Aveiro, Portugal, June 2003, 87-90.
- [6] *MATLAB C/C++ Graphics Library – The language of technical computing – User's guide Version 2* [Programa de computador]. (2000). Natick, MA: The Mathworks, Inc.
- [7] Erdogan, T. (1997). Fiber grating spectra. *J. Light. Tech.*, **15**, 1277-1294.
- [8] Lima, M. J., *Optimização de sistemas de comunicação baseados na tecnologia WDM*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal (2003).
- [9] *PTDS - Photonic Transmission Design Suite* [Programa de computador] (1999). San Francisco, CA: Virtual Photonics Inc.