

Implementação de Perfis de Apodização de Redes de Bragg em Fibra Óptica

José L. Fabris, Fabiano Kuller, Christine Marconcin, Hypolito J. Kalinowski e Alexandre A. P. Pohl

Resumo — Neste artigo mostramos a produção de redes de Bragg apodizadas, obtidas através do ajuste do tempo de exposição ao feixe ultravioleta de escrita ao longo da fibra. Este ajuste é implementado pela movimentação do feixe laser durante o processo de escrita de acordo com um perfil de exposição pré-estabelecido.

Palavras-Chave — Fibra óptica, redes de Bragg apodizadas, dispositivos para telecomunicação.

Abstract — In this paper we show the production of apodized Bragg gratings by adjusting the ultraviolet dose of the writing beam along the fiber length. This adjustment is accomplished by moving the laser beam during the writing process according to a pre established exposition profile.

Keywords — Optical Fiber, apodized Bragg Gratings, devices for telecommunication

I. INTRODUÇÃO

Redes de Bragg em fibra óptica são dispositivos construídos produzindo-se uma modulação periódica no índice de refração da fibra ao longo de sua direção longitudinal. Em um feixe de luz com grande largura espectral que se propaga na fibra, essa modulação induzida provoca a reflexão seletiva de uma banda estreita, cujo comprimento de onda central é conhecido como comprimento de onda de Bragg. Essa reflexão é baseada na difração do feixe luminoso pela estrutura de modulação do índice de refração, acoplando parte do espectro em um modo guiado contra-propagante. Entretanto, o pico principal do espectro de reflexão das redes é acompanhado por uma série de lóbulos laterais em comprimentos de onda adjacentes. Em muitas aplicações na área de comunicação óptica, tais como filtros mux/demux e dispositivos do tipo add-drop empregados em sistemas de multiplexação de comprimento de onda, a existência desses lóbulos laterais provoca o surgimento de diafonia entre os canais, degradando o desempenho do sistema de comunicação [1]. Dessa forma, a redução dos lóbulos ou mesmo sua completa eliminação é um importante objetivo a ser alcançado por grupos que se dedicam à fabricação de redes de Bragg. À técnica de redução desses lóbulos dá-se o nome de apodização [2, 3].

Como parte das atividades de fabricação de redes de Bragg para a construção de dispositivos do tipo add-drop óptico a serem aplicados na rede experimental (*test-bed*) do Projeto Giga [4], são apresentados neste trabalho a técnica de apodização desenvolvida no laboratório de Laser do Centro

Federal de Educação Tecnológica do Paraná e os perfis de apodização empregados na fabricação de redes de Bragg.

II. IMPLEMENTAÇÃO DOS PERFIS DE APODIZAÇÃO

As redes de Bragg foram produzidas em um interferômetro misto (com dois espelhos e uma máscara de fase) [5] com quatro graus de liberdade controlados por computador. Dois graus de liberdade controlam o movimento angular dos espelhos e, portanto, o comprimento de onda de Bragg das redes. O terceiro grau de liberdade posiciona a fibra óptica na região de superposição dos feixes, e o quarto grau é utilizado para movimentar o feixe de entrada do interferômetro sobre a máscara de fase que é utilizada como divisor de feixe. Este deslocamento tem como objetivo a produção de redes mais longas, não limitadas ao diâmetro do feixe do laser de escrita. Através da implementação de rotinas de controle de velocidade do deslocamento do feixe, podem ser produzidos perfis diferenciados de exposição da fibra e a conseqüente apodização do dispositivo.

Foram implementadas três diferentes rotinas de movimentação do feixe de escrita: perfil de velocidade linear, trapezoidal e Gaussiano. A rotina de movimentação linear, apesar de não permitir a apodização, permite a escrita de redes mais longas, resultando numa redução da largura de banda dos dispositivos. Nesta rotina, podem ser definidos a velocidade do movimento e a distância ou o tempo da translação. O perfil trapezoidal permite a definição de uma rampa de aceleração inicial, um estágio central de deslocamento com velocidade constante, e um estágio final de desaceleração do motor. Já o perfil Gaussiano é controlado pela definição da velocidade inicial do motor e a distância a ser percorrida.

A fonte de luz ultravioleta utilizada para escrita das redes foi um laser de Nd:YAG da New Wave Research, modelo Tempest 20, operando numa taxa de repetição de 20 Hz em 266 nm. A fibra óptica fotossensível utilizada para a gravação foi fornecida pela Centaurus, e os espectros foram obtidos com o analisador de espectros ópticos da Anritsu modelo MS9710B.

Na figura 1 são apresentados os resultados obtidos na produção de redes com os três perfis de movimentação implementados. Para o perfil linear a velocidade do motor foi de 0.002 mm/s, resultando num deslocamento de 7 mm durante um tempo de 3519 segundos. Para os perfis trapezoidal e Gaussiano, os parâmetros das rotinas de movimentação foram ajustados para produzir redes de 7 mm de comprimento, resultando em tempos de exposição de 5123 segundos e 3536 segundos, respectivamente. Nos gráficos

J. L. Fabris, F. Kuller, C. Marconcin, H. J. Kalinowski e A. A. P. Pohl estão com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI) do Centro Federal de Educação Tecnológica, Paraná, Curitiba, Brasil. E-mail: pohl@cpgei.cefetpr.br

estão identificadas as amplitudes dos picos centrais de atenuação de cada rede, bem como das primeiras bandas laterais visíveis em cada caso. Todos os espectros são apresentados com uma resolução de 0.07 nm.

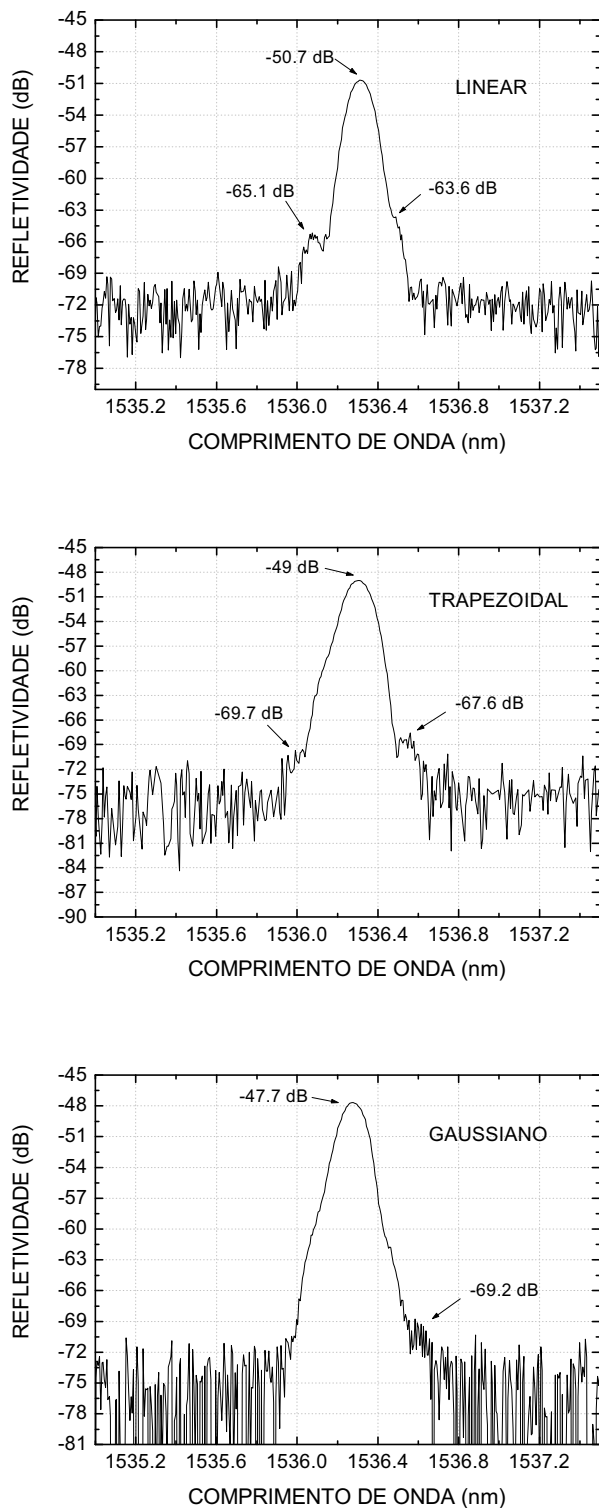


Fig. 1. Redes produzidas com os três perfis de deslocamento implementados.

Para as três redes produzidas, os parâmetros de comprimento de onda central, atenuação e largura de banda foram: 1536.31 nm, 22 dB, 0.15 nm para o perfil linear, 1536.30 nm, 19 dB, 0.17 nm para o perfil trapezoidal, 1536.28 nm, 30 dB, 0.16 nm para o perfil Gaussiano. Na figura 2 é apresentado um espectro comparativo normalizado das três redes, com a refletividade em escala linear.

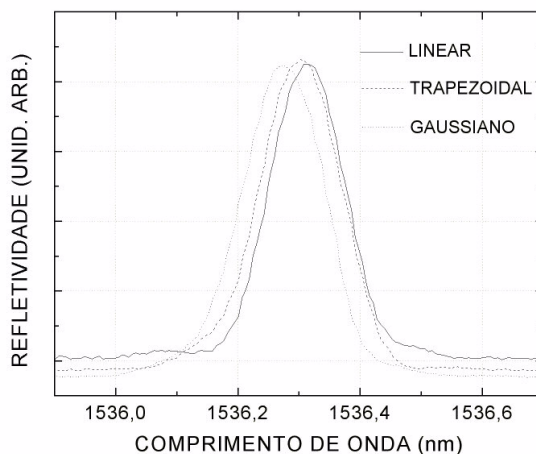


Fig. 2 Espectro comparativo normalizado das redes produzidas

O perfil linear de velocidade constante de deslocamento foi utilizado para a produção de redes mais longas e não apodizadas. Na figura 3, são apresentados dois espectros comparativos de redes produzidas com este perfil de velocidade, com comprimentos de 3 mm e 10 mm. Para estas redes, as larguras de banda resultantes foram de 0.25 nm e 0.09 nm, respectivamente.

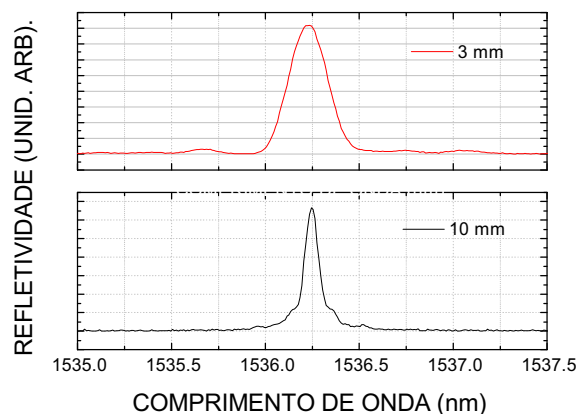


Fig. 3 Redes produzidas com perfil linear e tamanhos diferentes

III. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre os perfis de apodização de redes de Bragg fabricadas em um interferômetro misto. Para a rede produzida sem apodização (perfil de movimentação linear), as relações entre as

amplitudes do pico central de atenuação e o primeiro lóbulo à esquerda e à direita foram de 14.4 dB e 12.9 dB, respectivamente. Para o perfil trapezoidal, a mesma relação foi de 20.7 dB e 18.6 dB. A maior redução dos lóbulos laterais foi obtida com o perfil Gaussiano de exposição, resultando numa relação de 21.5 dB entre o pico central e o primeiro lóbulo à direita, e no desaparecimento completo do lóbulo à esquerda. A aplicação dos diferentes perfis de exposição da fibra não resultou em alteração significativa da largura de banda das redes.

Mostrou-se também que a aplicação do perfil de velocidade constante, embora não permita a apodização, possibilita a escrita de redes mais longas (e portanto mais estreitas), não limitadas ao diâmetro do feixe de escrita.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi realizado com suporte financeiro obtido do FUNTTEL / FINEP através do Projeto Giga.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Othonos and K. Kalli, *Fiber Bragg Gratings – Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing*, Artech House, Inc, p. 103, 1999.
- [2] E. Hecht, *Optics*, Addison-Wesley Publishing Co., p. 496, 1990.
- [3] A. K. Zajtsev, S. H. Lin and K. Y. Hsu, "Sidelobe suppression of spectral response in holographic optical filter", *Optics Communication*, 190, pg 103 –108, April 2001.
- [4] R. R. Scarabucci, A. Paradisi, M. R. X. de Barros, A. E. Reggiani, F. D. Simões, S. M. Rossi, J. B. Rosolem, M. R. Salvador, A. C. Sachs, T. R. T. Fudoli, J. Fanton, M. L. Rocha, R. F. da Silva, E. Mobilon, V. Corso, L. Pezzolo, E. Bastida, J. M. D. Mendes, A. M. O. Cabral, J.A. Matuso, M. C. Ide, R. Arradi, J.C. Said, J.C.R. Fernandes, M.R. Horiuchi, M.A.D. Santos, M.F. Oliveira, A.A. Juriollo, B.J.G. Aragão, G. Carvalho, M. Montoya, "GIGA Project: A Brazilian high-speed optical network testbed", 30th European Conference on Optical Communication - ECOC'2004, paper W44.P150, pp. 768. Setembro/2004. Estocolmo. Suécia.
- [5] R. Kashyap, *Fiber Bragg Gratings*, Academic Press, p. 62, 1999.