

FABRICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES DE REDES DE BRAGG DE PERÍODO LONGO (LPG) INDUZIDAS MECANICAMENTE EM FIBRAS ÓPTICAS

Renata Tavares Monteiro^a, Maria Cristina Quesnel^a, Ricardo Marques Ribeiro^b, Andrés Pablo Barbero^b

^aCEC, Centro de Engenharia e Computação, Rua Barão do Amazonas, 124, Centro, 25.685-070, Petrópolis, RJ, Brasil, <http://www.ucp.br>

^bUFF, Universidade Federal Fluminense – LaCOP/TET, Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil, <http://www.uff.br>

Palavras-chaves: Fibra óptica, Filtros ópticos, Redes de Bragg, Redes de período longo, Amplificadores Raman.

Resumo. Este artigo descreve a fabricação, caracterização e aplicações de rede de Bragg de período longo, LPG (*Long Period Grating*) induzidas mecanicamente, em fibras ópticas monomodo (SM – *Single Mode*) para posteriormente ser utilizado como um filtro rejeita banda. A pesquisa está sendo realizada com o objetivo de se utilizar as LPGs obtidas por indução mecânica como filtros em sistemas de amplificação Raman. A fabricação da LPG foi realizada no laboratório de telecomunicações da UCP e as caracterizações no LaCOP/TET/UFF. Apresenta-se neste texto resultados de caracterizações de uma LPG mecânica obtida pela pressão da fibra óptica sobre 40 grafites de 0,5 mm de diâmetro, distribuídas numa placa de vidro.

1 INTRODUÇÃO

A história relata que William Henry Bragg e William Lawrence Bragg [1], dois físicos premiados com o Nobel da Física em 1915, introduziram a lei de Bragg após diversas experiências de difrações de raios X em estruturas cristalinas. Somente após cerca de sessenta anos é que se aplicou esta lei em fibra óptica. Mais tarde Dr. K. O. Hill observou experimentalmente que aplicando a lei de Bragg em fibra óptica ocorria uma reflexão de uma parte do espectro de frequência injetado e conseqüentemente surgia uma onda estacionária e uma variação do índice de refração na fibra. Esta mudança do índice de refração ocorre devido a variação da luz propagante e da foto-sensibilidade do silício presente no material transmissor. Devido a este estudo K. O. Hill fabricou a primeira rede de Bragg em Ottawa [2] no final dos anos 70.

Após a primeira rede surgem pesquisas com várias metodologias de fabricação de redes de Bragg e em 1996 surgem às redes de Bragg de período longo [3] que inicialmente foram utilizadas como filtros seletivos. Hoje as redes são denominadas de redes de período longo ou

abreviadas por LPG (*Long Period Gratings*) ou LPFG (*Long Period Fiber Gratings*). A partir deste período as redes de período longo passaram a ser utilizadas nas telecomunicações e em instrumentações principalmente na área de sensores ópticos.

As redes de Bragg criadas em fibra óptica, são estruturas onde o índice de refração é alterado a intervalos periódicos, a fim de filtrar certos comprimentos de onda. Quando a luz passa ao longo do núcleo, será difratada pelas redes e, se obedecer às condições de Bragg, será acoplada a um modo de núcleo contra-propagante. No caso das redes de período longo (LPG) esse acoplamento ocorre entre o modo fundamental guiado e modo de casca co-propagante. O resultado corresponde à vales de atenuações na banda espectral da luz transmitida. Essas redes são interessantes por sua baixa perda de inserção e nenhuma reflexão significativa. As redes de período longo induzidas mecanicamente apresentada neste artigo, apresentam a vantagem de terem funcionamento reversível, ou seja, o efeito de filtragem só acontece enquanto a fibra óptica estiver pressionada lateralmente. O objetivo desta pesquisa é encontrar a melhor configuração para utilizar a LPG mecânica como filtro rejeita-banda (*notch-filter*), como um dos componentes de sistemas de amplificação Raman.

Este artigo apresenta os resultados obtidos de uma rede de período longo fabricada pelo método mecânico utilizando 40 grafites distribuídos sobre uma placa de vidro e fibra óptica monomodo.

2 TEORIA

As redes de período longo não são como as redes de Bragg em fibra óptica que tem passos micrômetros e ocasionam um espectro de reflexão. Na LPG o passo geralmente é da ordem de algumas centenas de micrômetros e não ocorre um espectro de reflexão apenas induz uma perda na banda espectral. A propagação numa LPG ocorre conforme ilustrado na figura 1.

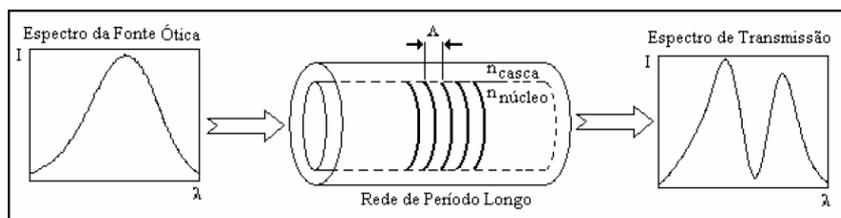


Figura 1: Propagação numa LPG [3].

A equação básica de uma LPG foi postulada pela primeira vez por A. M. Vensarkar et al. [3] e o comprimento de onda de Bragg desta estrutura é obtida pela seguinte equação (1):

$$\lambda_b = (n_e - n_i) \Lambda \quad (1)$$

onde:

λ_b é o comprimento de onda de Bragg (nm);

n_e é o índice de refração efetivo do modo fundamental do núcleo da fibra óptica;

n_i é o índice de refração efetivo do i -ésimo modo guiado na casca da fibra óptica;

Λ é o passo da rede de período longo (nm).

A menor atenuação das bandas na transmitância na LPG é obtida pela equação 2 [4]:

$$T_m = 1 - \text{sen}^2(k_m L) \quad (2)$$

onde:

T_m é a menor atenuação da banda na transmissão do m-ésimo modo de casca do LPG, para o qual a luz foi acoplada;

k_m é o coeficiente de acoplamento do m-ésimo modo de casca em (1/nm);

L é o comprimento da rede em (nm).

3 MATERIAIS E MÉTODO

Na construção de uma rede de período longo mecânica colocam-se 40 grafites, com 0,5 mm de diâmetro, distribuídas em uma placa de vidro. Entre as duas placas de vidro, numa composição tipo sanduíche, coloca-se a fibra óptica monomodo com a sua cobertura primária de acrilato, posicionada ortogonalmente sobre os grafites, conforme mostrado pela figura 1. Sobre a placa de vidro superior é realizada uma pressão externa.



Figura 1: Foto da LPG mecânica com a fibra óptica sobre os 40 grafites.

A caracterização se faz ao se injetar luz de espectro largo na fibra, e então um espectro de transmissão é medido após a LPG, utilizando para isto um analisador de espectro óptico (OSA - *Optical Spectrum Analyzer*). A luz de espectro largo é obtida de uma lâmpada com pequeno filamento de tungstênio inserido num cilindro plástico, veja a figura 2, e um conector FC/PC reversível por onde passa e fica imobilizada uma fibra óptica clivada. Desta forma, consegue-se acoplamento óptico capaz de disponibilizar aproximadamente 20 dB de margem de potência óptica em torno de 1550 nm.



Figura 2: Lâmpada com filamento de tungstênio com luz de espectro longo.

A variação de pressão e de ângulo com relação a 90° entre a fibra e os grafites, provoca uma alteração na profundidade do espectro transmitido pela LPG e no comprimento de onda onde ficam centrados os vales de atenuação.

A área total da fibra óptica em contato com os 40 grafites de 0,5 mm de diâmetro nesta LPG é de 5 mm^2 .

A figura 3 mostra a torre de massa total de 4,06 kg colocado sobre a placa de vidro superior da LPG. Esta torre é composta de oito pesos de 409 g pressionando o sanduíche de vidro com fibra óptica e 40 grafites.



Figura 3: LPG com a torre de massa 4,06 kg.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos diferentes resultados, relacionados à variação de pressão feita sobre esta configuração de LPG mecânica. Com uma pressão feita por 4,06 kg de massa, observou-se dois vales de atenuação principais: o primeiro com uma perda de 7 dB centrado em 1496 nm (banda S) e o segundo com uma perda de 9 dB centrado em 1566 nm (banda C), conforme mostrado na figura 4. A figura 4 apresenta a foto do OSA durante a caracterização mostrando o espectro de transmissão da LPG mecânica com uma pressão feita por 4,06 kg de massa.



Figura 4: Espectro de transmissão da LPG mecânica com pressão feita por 4,06 kg de massa.

A figura 5 corresponde ao gráfico obtido com os dados gravados do OSA durante uma caracterização da LPG mecânica com uma com uma pressão feita por massa inferior a 4 kg.

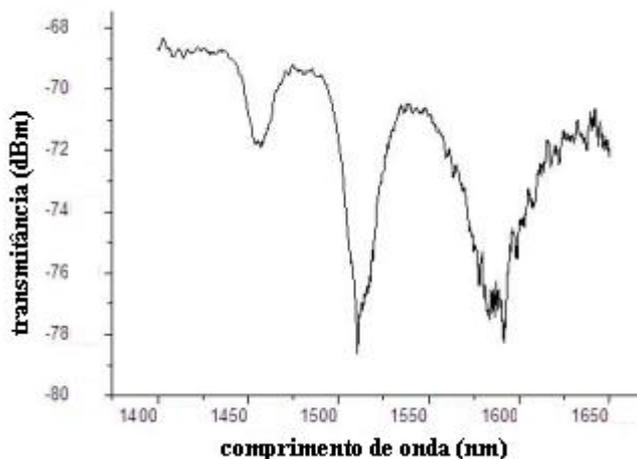


Figura 5: Gráfico do espectro de transmissão da LPG mecânica com pressão feita inferior a 4 kg de massa.

A variação do ângulo entre a fibra e os grafites em valores menores que 90° , resultou em diferentes posições espectrais dos vales de atenuação. A utilização de LPG mecânica é interessante, pois não agride a fibra óptica e quando o sistema é desconstruído, a fibra óptica praticamente retorna ao estado mecânico morfológico original. A exceção é que a cobertura primária de acrilato fica marcada, fato este que não implica em qualquer alteração da resposta de transmissão espectral da fibra. Portanto, uma rede de período longo induzida mecanicamente, é relativamente fácil de ser realizada na prática. Tem o potencial de ser utilizada como um dos componentes de filtragem espectral em um sistema de amplificação Raman e a sua possível utilização em sistemas RoF (*Radio-over-Fibre*) está atualmente em estudos.

5 CONCLUSÃO

Descreveu-se de forma resumida o histórico das redes de período longo e sobre o processo de fabricação e caracterização da LPG induzida mecanicamente. Observou-se que esta técnica é simples possibilitando a caracterização de filtros ópticos bastante precisos alterando a pressão feita sobre o sanduíche de vidro com grafites e fibra óptica monomodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. M. Cowley. *Diffraction physics*. ISBN 0-444-10791-6, Amsterdam, 1975.
- [2] K. O. Hill, D. C. Johnson, and B. S. Kawasaki. Photosensitivity in optical fiber waveguides: application to reflection filter fabrication. *Applied Physic Letters*, 32: 647-649, 1978.
- [3] A. M. Vensarkar, P. J. Lemaire, J. B. Judkins, V. Bhatia, T. Erdogan, and J. E. Sipel. Long-Period Fiber Gratings as band-rejection filters. *Journal Lightwave Technology*, 14,1:58–65, 1996.
- [4] R. Kashyap. *Fiber Bragg Gratings*. Academic Press, New York, 1999.