

FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO CASCATEADAS COM DIFERENTES DESLOCAMENTOS DE BRILLOUIN

C.A.S. de Oliveira

Laboratório de Óptica Aplicada
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
05508-900 - Cidade Universitária, São Paulo, SP

6. BIBLIOGRAFIA

1. Monteiro, W.A. e Andrade, A.H.P., "Brillouin Scattering in Optical Fibers", *Proceedings of XI Simpósio Brasileiro de Óptica*, Sociedade Brasileira de Óptica, São Paulo, 1988, p. 123-127.

2. Goldburg, D. C.; Dekker, G. e Worcester, S. A., "Brillouin and Raman Alloys in Nuclear Power", *Nucl. Eng. Des.* 10, 123-132, 1972.

RESUMO:

Investigações experimentais do espalhamento Brillouin estimulado em duas fibras ópticas monomodo cascadeadas com diferentes deslocamentos de Brillouin são apresentadas. Demonstra-se a possibilidade de funcionamento de um laser a partir do espalhamento Brillouin com duas fibras cascadeadas. A saída da radiação laser exibe duas frequências que correspondem aos deslocamentos de Brillouin quando é considerado as fibras de maneira individual.

1. INTRODUÇÃO

As preformas utilizadas foram projetadas a partir de ensaios realizados por microscopia acústica de varredura [1,2], de maneira que foi possível escolher uma fibra capaz de guiar ondas ópticas e acústicas e uma capaz de guiar somente ondas ópticas. Aquela capaz de guiar apenas ondas ópticas apresentou um limiar para espalhamento Brillouin mais elevado, como esperado. Para se obter uma comparação mais precisa entre este limiar de uma das fibras em análise, utiliza-se um acoplador fibra a fibra ressonante. Utilizando fibras cascadeadas com diferentes deslocamentos em frequência, devido ao efeito de espalhamento Brillouin, constata-se que o limiar não diminui com o cascadeamento, demonstrou-se, também, a possibilidade de se obter lasers a partir do espalhamento Brillouin em fibras cascadeadas, este exibiu duas frequências que correspondem aos deslocamentos individuais devido ao efeito de espalhamento Brillouin em cada fibra, este experimento dá suporte à possibilidade de se poder confeccionar lasers a fibras ópticas com múltiplas e estreitas bandas de frequências.

2. DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL

A Tab.(1) apresenta os parâmetros mais significativos medidos para as duas fibras utilizadas e puxadas pela Northern Telecom Canada Ltd. Onde, Δn corresponde a variação do índice de refração entre o núcleo e a casca, α as perdas ópticas, L o comprimento físico da fibra, W o raio de campo modal, f_B a frequência de deslocamento devido ao fenômeno de espalhamento Brillouin, P_ℓ a potência de limiar e P_s a potência de saturação de saída.

	FIBRA A	FIBRA B
Núcleo	GeO ₂ -SiO ₂	SiO ₂
Casca	F-SiO ₂	F-SiO ₂
Δn	0,0065	0,0042
α (dB/km)	0,82	0,92
L (km)	5,74	6,00
W (μ m)	4,13	4,84
f_B (GHz)	15,89	16,35
P_ℓ (mW)	4,0	5,9
P_s (mW)	1,8	2,5

Tabela 1 Parâmetros e resultados das medidas para as duas fibras ópticas utilizadas nos experimentos.

A Fig. (1) apresenta o desenho esquemático do sistema utilizado para se obter os parâmetros da Tab. (1). Para a medida do limiar de espalhamento Brillouin de cada uma das fibras, utilizou-se um laser de Nd-YAG (Solid State Diode Pumped Ring Laser, Lightwave Electronics, model nº 122-1064-300-B) no comprimento de onda de 1,064 μ m com largura de linha Δf_L de 5 kHz e potência de saída medida de 300 mW. A potência acoplada a fibra resultou em torno de 60 mW (este valor foi medido na saída do braço secundário, de maneira a termos a potência que realmente foi injetada na fibra, tendo sido eliminada a perda no atenuador, no divisor de feixe (50%) e no processo de acoplamento à fibra), esta foi dividida de maneira igual para cada um dos braços em análise, no braço principal acoplamos a fibra A e no secundário a fibra B, as raias correspondentes ao feixe laser e aos feixes deslocados em frequência devido ao efeito de espalhamento Brillouin, foram monitorados por intermédio de um analisador de espectros tipo Fabry-Perot (TecOptics model nº SA-7.5), com 7,5 GHz de faixa espectral livre (FRS). Como dado de projeto, já se sabia de antemão que a fibra A possui a característica de ser uma fibra óptica e acústica simultaneamente, e obteve-se, obviamente, o menor valor do limiar, cabe notar que o comprimento das duas fibras foi ajustado de forma a obter-se quase que o mesmo comprimento efetivo, de maneira que foi possível realizar uma comparação consistente entre as duas. O resultado destas medidas, também, é apresentado na Tab.(1). A Fig.(2) apresenta o espectro obtido através da cavidade Fabry-Perot onde é observado claramente os picos correspondentes à

...iação de bombeamento, e às radiações de Stokes, relativas as fibras A e B.

3.ESPALHAMENTO DE BRILLOUIN ESTIMULADO EM FIBRAS CASCATEADAS. LASER BRILLOUIN EM FIBRA COM MÚLTIPLA FREQUÊNCIA. RESULTADOS OBTIDOS.

Ao iniciar esta análise tomou-se o cuidado de conferirmos que a diferença entre os deslocamentos devido ao espalhamento Brillouin, $|f_A - f_B|$, é maior que a largura espectral (Δf_L) do laser utilizado para bombear, onde f_A e f_B correspondem as fibras A e B, respectivamente.

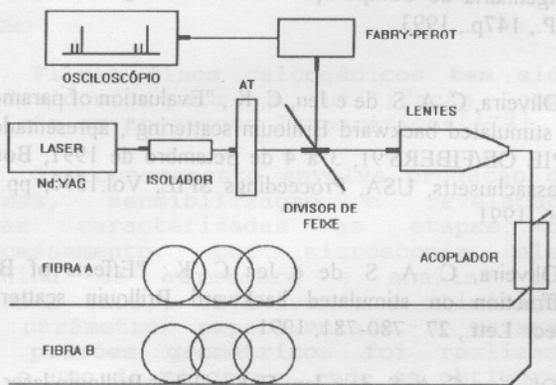


Figura 1 - Desenho esquemático do arranjo experimental utilizado para a obtenção dos parâmetros das fibras A e B.

Com montagem similar a da Fig.(1), obteve-se para a fibra A com 200m de comprimento um limiar para o espalhamento de Brillouin (P_{th}) de 64mW. Usando-se um cascadeamento de dois lances de 200m da fibra A, com 3,5dB de perda na junção, o P_{th} reduziu-se para 44mW. Entretanto, usando-se um cascadeamento de 200m da fibra B com 200m da fibra A, com a mesma perda na junção, o P_{th} permaneceu o mesmo. É bom notar que devido as fibras apresentarem diferentes raios de campo modal (W), as perdas na junção da fibra A com a fibra B é elevada (3,5dB), de maneira que para se obter uma melhor comparação entre os dois casos, propositalmente ajustou-se a perda na junção entre as fibras para o mesmo valor.

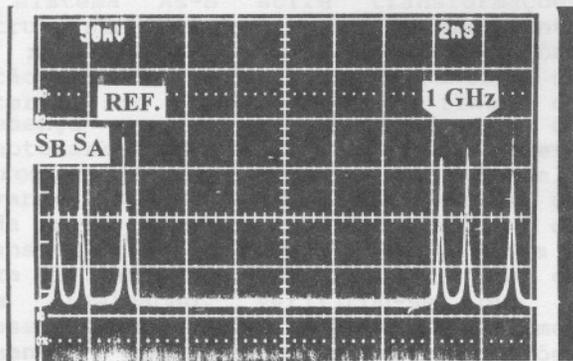


Figura 2 - Espectro das radiações de Stokes para as fibras A e B, e da radiação de bombeamento.

Este experimento indica que o efeito de espalhamento de Brillouin, pode ser minimizado ao cascadear-se fibras de diferentes frequências de deslocamento, mas lembrando sempre que a diferença entre os deslocamentos de frequências adjacentes tem que ser maior que Δf_L .

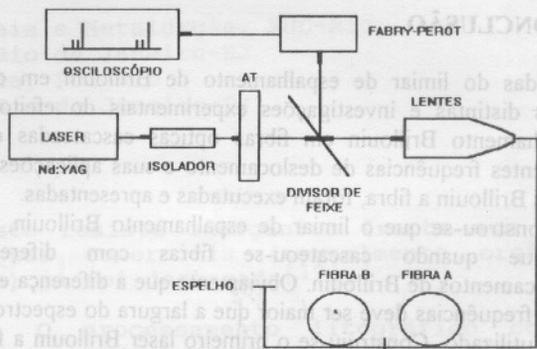


Figura 3 - Diagrama esquemático do laser Brillouin a fibra óptica construído.

Cascadeou-se 200m de cada fibra, segundo o desenho esquemático apresentado na Fig. (3), com a finalidade de se obter um laser Brillouin a fibra óptica [3]. A secção da fibra cascadeada colocada entre o atenuador (AT) e o espelho, formam a cavidade do laser em estudo. A fig. (4) apresenta o espectro de frequência deste laser, onde pode-se observar claramente as duas raias que correspondem aos deslocamentos individuais das fibras A e B.

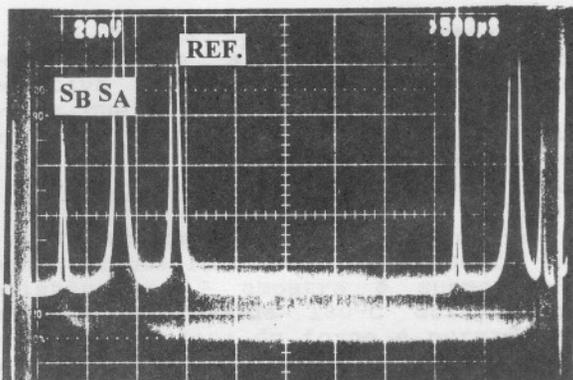


Figura 4 - Espectro de frequência de saída do laser composto pelas fibras A e B cascadeadas.

As fibras podem ser confeccionadas com diferentes frequências de deslocamento devido ao espalhamento Brillouin (f_a 's), simplesmente ajustando apropriadamente a concentração de dopantes no núcleo e na casca [1,2]. O experimento que foi realizado sugere a possibilidade de construir-se lasers Brillouin em fibras com múltiplas e estreitas bandas de frequências, bastando para isto cascadear fibras com diferentes f_a 's, e frisando que, isto só será possível se for mantida a diferença entre cada f_a adjacente maior que a largura espectral (Δf_L) do laser de bombeamento.

Estes estudos experimentais vieram a reforçar nossos trabalhos teóricos anteriores que demonstravam a influência das ondas acústicas no limiar de Brillouin em fibras ópticas monomodo [5].

4. CONCLUSÃO.

Medidas do limiar de espalhamento de Brillouin em duas fibras distintas e investigações experimentais do efeito de espalhamento Brillouin em fibras ópticas cascadeadas com diferentes frequências de deslocamento e suas aplicações em lasers Brillouin a fibra, foram executadas e apresentadas. Demonstrou-se que o limiar de espalhamento Brillouin, não diminui quando cascadeou-se fibras com diferentes deslocamentos de Brillouin. Obviamente que a diferença entre estas frequências deve ser maior que a largura do espectro do laser utilizado. Construiu-se o primeiro laser Brillouin a fibra com múltipla frequência, correspondentes ao deslocamento de Brillouin para as fibras A e B. Confirmou-se então, a possibilidade de obter-se lasers Brillouin a fibras ópticas com múltiplas e estreitas bandas de frequência.

5. AGRADECIMENTOS.

Gostaria de agradecer ao Industrial Materials Institute do National Research Council Canada, na pessoa do Dr. Cheng-Kuei Jen, pelo uso de seus recursos laboratoriais e ao CNPq - através do projeto de pesquisa processo nº 520760/93-0.

6. BIBLIOGRAFIA.

1. Jen, C.K.; Oliveira, C. A. S. de ; Shang, A.; Abe, K.; Kushibiki, J. e Saravanos, C.; "Acoustic characterization of silica glasses and its contribution to optical fiber communication", apresentado no 1991 IEEE Ultrasonics Symposium, 8 a 11 de Dezembro de 1991, Lake Buena Vista, Flórida, USA, 1991.
2. Oliveira, C. A. S. de; "Os efeitos das propriedades acústicas no espalhamento Brillouin reverso estimulado (SBBS) em fibra óptica monomodo". Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, São Paulo, S.P., 147p., 1993.
3. Oliveira, C. A. S. de e Jen, C. K.; "Evaluation of parameters in stimulated backward Brillouin scattering", apresentado no SPIE OE/FIBERS'91, 3 a 4 de Setembro de 1991, Boston, Massachusetts, USA, Proceedings SPIE, Vol.1590, pp.101-106, 1991.
4. Oliveira, C. A. S. de e Jen C. K.; "Effects of Bragg diffraction on stimulated backward Brillouin scattering", Elect. Lett., 27 : 780-781, 1991.
5. Oliveira, C. A. S. de e Jen, C. K.; "Fiber Brillouin laser with two cascaded fiber different Brillouin frequency shifts", Proc. 1993 SBMO International Microwave Conference/Brazil, Vol.II, p.697-702, August 1993.