

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE ACOPLAMENTO DE LUZ ENTRE FIBRAS PARA UM SENSOR À FIBRA ÓPTICA

Leandro Procópio Alves, Viviane Pilla, Egberto Munin

Laboratório de Biofotônica e Óptica não Linear
Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, UNIVAP
Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, CEP 12244-000
São José dos Campos – SP – Brasil
leandro@univap.br, vpilla@univap.br, munin@univap.br

Resumo- A distância entre a fibra óptica de emissão e a fibra óptica de recepção, considerando sensores do tipo face a face, é um fator limitante para a eficiência no acoplamento de luz entre fibras. Quanto maior for a distância entre as fibras, menor será a intensidade de sinal acoplado pela fibra óptica de coleta. O presente trabalho teve por objetivo estudar a influência da distância entre as fibras emissora e receptora no funcionamento de uma nova geometria para medidas de vibração utilizando fibras ópticas. Os resultados para as montagens com fibras de 100 e 200 μm demonstraram flexibilidade no alinhamento das fibras com a possibilidade de trabalhar em distâncias curtas e conseqüentemente maior eficiência. Já para a montagem com fibras de 50 μm não existe muita liberdade de ajuste no deslocamento, sendo este então o menor diâmetro possível para esta montagem.

Palavras-chave: Sensor, fibra óptica, deslocamento.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

Os elementos sensores são responsáveis pela transformação da energia, fazendo papel fundamental para o desenvolvimento do controle sobre todo e qualquer sistema.

Dentre as classes de sensores ópticos, os sensores que utilizam a tecnologia de fibras ópticas se destacam por suas diversas vantagens (KLEMBBA et al., 2005). Esses sensores podem possuir diferentes configurações de acordo com a aplicação de interesse, podendo ser empregados para medir vibração (ZOOK et al. 2000), deslocamentos (ALVES, MUNIN, 2005), deformação mecânica (ZÂNGARO, 1995), temperatura (YUAN et al. 2000), campo acústico (BILANIUK, 1997), pressão (LIU, CHUANG, 1998), posição (GROCHOWALSKI, 1997), aceleração, rotação, nível, radiação ionizante, campo elétrico e magnético, corrente elétrica, tensão elétrica, dentre outras (LEE, 2003).

Para o bom funcionamento de um dispositivo sensor a geometria adotada deve ser avaliada criteriosamente para identificar possíveis influências indesejadas com possibilidade de prejudicar o sinal de interesse (HASTINGS et al., 1997).

A distância entre a fibra óptica de emissão e a fibra óptica de recepção, considerando sensores do tipo face a face, é um fator limitante para a eficiência no acoplamento de luz entre fibras. Quanto maior for a distância entre as fibras, menor será a intensidade de sinal acoplado pela fibra óptica de coleta.

O presente trabalho teve por objetivo estudar a influência da distância entre as fibras emissora e receptora no funcionamento de uma nova geometria (LIMA et al., 2006) para medidas de vibração utilizando fibras ópticas, e também verificar a distância adequada entre elas para a montagem do sensor.

Metodologia

Foram confeccionados três pares de fibras ópticas com diferentes diâmetros de núcleo, porém mantendo-se constantes o comprimento e abertura numérica das fibras. As fibras ópticas foram polidas em suas duas faces, e adicionados terminais em alumínio em suas pontas para facilitar a montagem experimental.

Cada par de fibras foi dividido entre fibras emissora e receptora. A fibra emissora foi acoplada a um LED de alta intensidade, modelo LUXEON III Star da Philips – Lumileds, e a fibra receptora foi acoplada a um fotodetector de silício modelo 13DSI007 da Melles Griot.

Para cada par de fibras ópticas foi medida a eficiência de acoplamento da radiação óptica emitida pela fibra emissora em função da distância entre as fibras. As medidas foram realizadas exercendo um deslocamento da fibra óptica receptora partindo da posição de contato entre as fibras ópticas (posição zero), e prosseguindo-se em passos de 10 μm , até o sinal acoplado pela fibra receptora se extinguir.

Na **Figura 1**, é apresentada a etapa de alinhamento entre as fibras de emissão e coleta. Para esta etapa a fibra de coleta foi fixada em uma região da base com liberdade de ajustes nos três eixos (xyz) e a fibra de emissão foi fixada em uma região rígida dessa base.

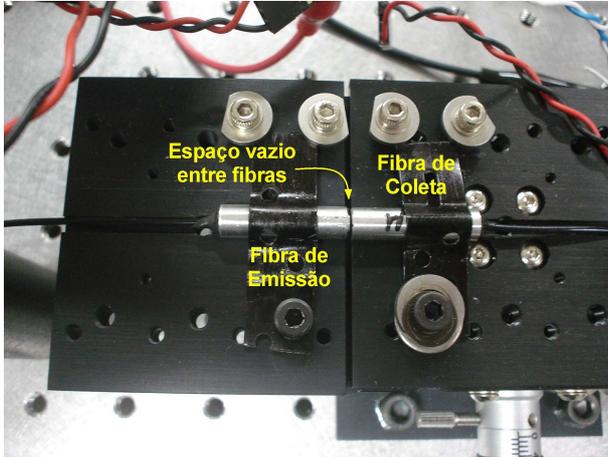


Figura 1: Alinhamento entre fibras ópticas: coleta e emissão.

Resultados

Nas Figuras 2, 3 e 4 apresentam-se os resultados obtidos para as fibras estudadas neste trabalho. Os dados obtidos experimentalmente para os três conjuntos de fibras ópticas foram ajustados utilizando a equação 1: (PEINER et al. 1998)

$$P_m = P_0 \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{r_c}{b(\delta_x)} \right)^2 \right] \right\}, \quad (1)$$

em que P_0 representa a intensidade de luz emitida pela fibra emissora, δ_x representa o deslocamento da fibra receptora em relação à fibra emissora, r_c representa o raio da fibra óptica e P_m representa a intensidade de luz acoplada pela fibra receptora. Após ser desacoplada da fibra emissora, a luz sofre divergência, seu raio "b" aumenta com a distância "x" da fibra de acordo com a equação 2: (PEINER et al. 1998)

$$b(\delta_x) = b_0 \sqrt{1 + \left(\frac{AN * \delta_x}{R_c} \right)^2}, \quad (2)$$

sendo AN a abertura numérica da fibra óptica e R_c é o raio do núcleo da fibra óptica.

Entre as duas fibras introduz-se uma lâmina, com espessura de 100 μm , portanto a distância entre fibras deve ser suficientemente ampla para o alinhamento da lâmina sem comprometer excessivamente a intensidade do sinal acoplado.

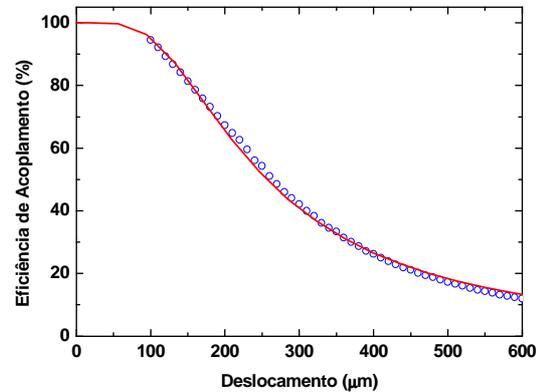


Figura 2: Eficiência de acoplamento de luz em função da distância entre as fibras de coleta e emissão (fibras com núcleos de 50 μm). A linha contínua corresponde ao ajuste teórico segundo equação 1.

De acordo com o resultado apresentado na Figura 2, para a montagem experimental de sensores com fibras de 50 μm , foi adotada a distância máxima de 250 μm entre as fibras de emissão e coleta, limitada pela atenuação do sinal que neste ponto é de aproximadamente -4,44 dB. A distância entre as fibras deve ser grande o suficiente para facilitar o alinhamento da lâmina e evitar que esta entre em contato com a face das fibras durante eventuais deslocamentos paralelos ao eixo das fibras.

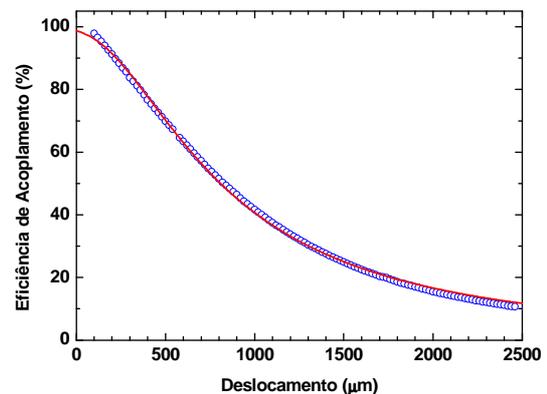


Figura 3: Eficiência de acoplamento de luz em função da distância entre fibras (fibras com núcleos de 100 μm). A linha contínua corresponde ao ajuste teórico segundo equação 1.

De acordo com a atenuação considerada para a montagem com fibras de 50 μm , a máxima distância entre as fibras de emissão e de coleta para a montagem com fibras de 100 μm é de aproximadamente 660 μm , conforme curva apresentada na Figura 3. Para esta distância, a atenuação devido ao acoplamento será de -4,44 dB.

No experimento, com a montagem utilizando duas fibras com núcleos de 200 μm de diâmetros, foi obtida a curva de eficiência de acoplamento em função do deslocamento das fibras apresentada na Figura 4. Aplicando o valor máximo de atenuação na Figura 4, obtemos que a máxima distância entre as fibras ópticas nesta montagem experimental é de 1100 μm .

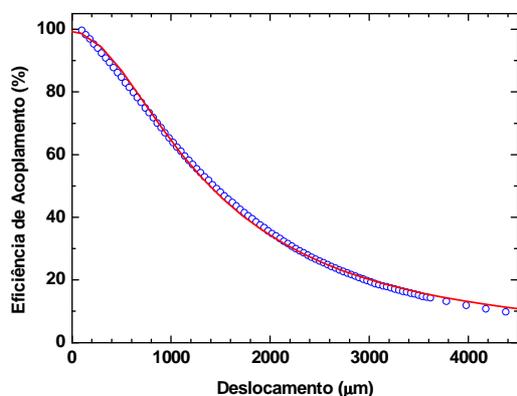


Figura 4: Eficiência de acoplamento de luz em função da distância entre a fibra de emissão e a fibra de coleta (fibras com núcleo de 200 μm). A linha contínua corresponde ao ajuste teórico segundo equação 1.

Discussão

A distância entre fibras adotada nas montagens de sensores do tipo face a face depende da perda de eficiência no acoplamento de luz entre as fibras que pode ser tolerada. A máxima distância é limitada pela sensibilidade do fotodetector (PEINER et al., 1998) e a mínima distância deve ser suficientemente ampla para possibilitar a inserção da lâmina. Para caracterizar a perda por acoplamento foi medida a eficiência no acoplamento de luz variando a distância entre as fibras.

De acordo com os resultados obtidos, a máxima distância entre a fibra de emissão e a fibra de coleta deve exercer atenuação inferior a -4,44 dB, conforme verificado por Peiner et al. (1998) em uma montagem semelhante onde para se ter um funcionamento adequado do sensor a atenuação deveria ser inferior a -5 dB.

Embora o sensor possa funcionar com eficiência de acoplamento baixa torna-se importante considerar a variação da sensibilidade que é inversamente proporcional ao aumento da distância entre as fibras, conforme verificado por Binu et al. (2007). Para a montagem estudada uma maior sensibilidade localiza-se no início da curva, onde a inclinação é mais acentuada.

Os resultados para as montagens com fibras de 100 e 200 μm demonstraram flexibilidade no alinhamento das fibras com a possibilidade de trabalhar em distâncias curtas e consequentemente maior eficiência. Já para a montagem com fibras de 50 μm não existe muita liberdade de ajuste no deslocamento, portanto fibras ópticas com diâmetros de núcleo inferior a 50 μm não são recomendadas para a geometria proposta para medidas de vibração, ou seja, fibras de emissão e coleta posicionadas frontalmente, com inserção, entre elas, de uma lâmina para eclipsamento do sinal.

Conclusão

Foi caracterizada a eficiência no acoplamento de luz entre fibras ópticas dispostas face a face de acordo com a geometria de um novo sensor para medidas de vibração. O modelo teórico apresentou um ótimo ajuste aos dados experimentais. Através deste estudo é possível obter a melhor distância entre as fibras considerando a intensidade da fonte de luz e a sensibilidade do foto sensor e a aplicação desejada.

Referências

- ALVES, L. P., MUNIN, E. Desenvolvimento de um sensor de deslocamento a fibra óptica baseado no princípio interferométrico. **IX INIC e V EPG**, São José dos Campos. Anais do IX INIC e V EPG. v. 1. p. 364-367. 2005.
- BILANIUK, N. Optical Microphone Transduction Techniques. **Applied Acoustics**. v. 50, p. 35-63, 1996.
- BINU, S.; MAHADEVAN PILLAI, V.P.; CHANDRASEKARAN, N. Fibre optic displacement sensor for the measurement of amplitude and frequency of vibration. **Optics & Laser Technology**. v. 39, p. 1537-1543, 2007.
- GROCHOWALSKI, J. Transducer for position determination of machine shafts. **Measurement**. v. 19, p. 199-205, 1996.

HASTINGS, M.C.; CHIU, B.; NIPPA, D.W. Engineering the development of Optical Fiber Sensors for adverse environments. **Nuclear Engineering and Design**. v. 167, p. 239-249, 1997.

KLEMBA, F.; KAMIKAWACHI, R. C.; ROSADO, R.; KULLER, F.; MÜLLER, M.; FABRIS, J. L. Sensores A Fibra Ótica Para Detecção De Hidrocarbonetos E Monitoração Da Temperatura Em Polidutos. **3o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**, Salvador. Anais do 3o. Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. v. 1. p. 1-9. 2005.

LEE, B. Review of the present status of optical fiber sensors. **Optical Fiber Technology**. v.9, p. 57-79. 2003.

LIMA, C. J.; ALVES, L. P.; FARIA, T. G.; AMPARO, M. Z.; MENTOR, E. S.; PACHECO, M. T. T.; MUNIN, E. Estudo da linearidade de sinal no acoplamento de luz em fibra óptica eclipsada por lâmina móvel. **X INIC e VI EPG**, São José dos Campos. Anais do X INIC e VI EPG. v. 1. p. 2398-2400. 2006.

LIU, G.; CHUANG, S.L. Polarimetric optical fiber weight sensor. **Sensors and Actuators A**. v. 69, p. 143-147, 1998.

PEINER, E.; SCHOLZ, D.; SCHLACHETZKI, A.; HAUPTMANN, P. A micromachined vibration sensor based on the control of power transmitted between optical fibres. **Sensors and Actuators A**. v. 65, p. 23-29, 1998.

YUAN, Li-bo; ZHOU, Li-min; WU, Jing-Sheng. Fiber optic temperature sensor with duplex Michelson interferometric technique. **Sensor and Actuators**. v. 86, p. 2-7, 2000.

ZÂNGARO, R. A.; SILVEIRA JR., L.; SILVA BARRETO, R. Optical fiber sensor for measurement of stress in concrete structures. **Measurement**. v.16, p.103-105. 1995.

ZOOK, J. D.; HERB, W. R.; BASSETT, C. J.; STARK, T.; SCHOESS, J. N.; WILSON, M. L. Fiber-optic vibration sensor based on frequency modulation of light-excited oscillators. **Sensors and Actuators**. v. 83, p. 270-276, 2000.