

Sensor químico de alta sensibilidade baseado em redes de período longo e fibras afinadas



Jonas H. Osório, Claudécir R. Biazoli, Cristiano M. B. Cordeiro
 Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW) – Unicamp – Campinas/SP - Brazil
 jhosorio@ifi.unicamp.br and cmc@ifi.unicamp.br



Abstract: Neste trabalho, produziu-se um sensor de alta sensibilidade baseado em redes de período longo mecanicamente induzidas (MLPGs) e em fibras ópticas afinadas. A partir da utilização de um arranjo de duas MLPGs em série, uma medida baseada na interferência entre modos de núcleo e de casca foi realizada. Neste dispositivo, o modo fundamental do núcleo é parcialmente acoplado pela primeira MLPG a modos de casca co-propagantes em comprimentos de onda determinados. A segunda rede, gravada a centímetros da primeira, reacopla os modos de casca excitados pela primeira ao modo de núcleo. Como os modos de casca e de núcleo viajam por diferentes caminhos ópticos, observa-se um padrão de interferência no espectro de transmissão. No sentido de se aumentar a sensibilidade do dispositivo, um taper (fibra afinada), previamente fabricado, é incluído entre as redes. Como o padrão de interferência obtido depende dos índices de refração efetivos dos modos, a fibra se torna sensível a variações de índice de refração do meio na qual estiver imersa. A medida do espectro do interferômetro em função do índice de refração do meio externo apresentou uma sensibilidade de 690 nm/RIU em um teste de sensoriamento da concentração de etanol em água.

Introdução

○ LPGs → perturbação periódica no índice de refração da fibra óptica ($\Delta n_{\text{recorded}}$) que acopla parcialmente o modo de núcleo a modos de casca co-propagantes em comprimentos de onda específicos de acordo com a seguinte equação: [1]

$$\lambda_n = (n_{\text{co}}^{01} - n_{\text{clad}}^{0n}) \Lambda \quad (1)$$

○ A perda na transmissão da rede depende de $\Delta n_{\text{recorded}}$: [1]

$$T \sim \sin^2(\Delta n_{\text{recorded}} * L) \quad (2)$$

onde L é o comprimento da LPG.

○ Neste trabalho → LPGs mecanicamente gravadas ao se pressionar uma placa corrugada contra uma fibra óptica convencional

$$\Delta n_{\text{recorded}} \sim P \quad (3)$$

onde P é a pressão aplicada sobre a fibra.

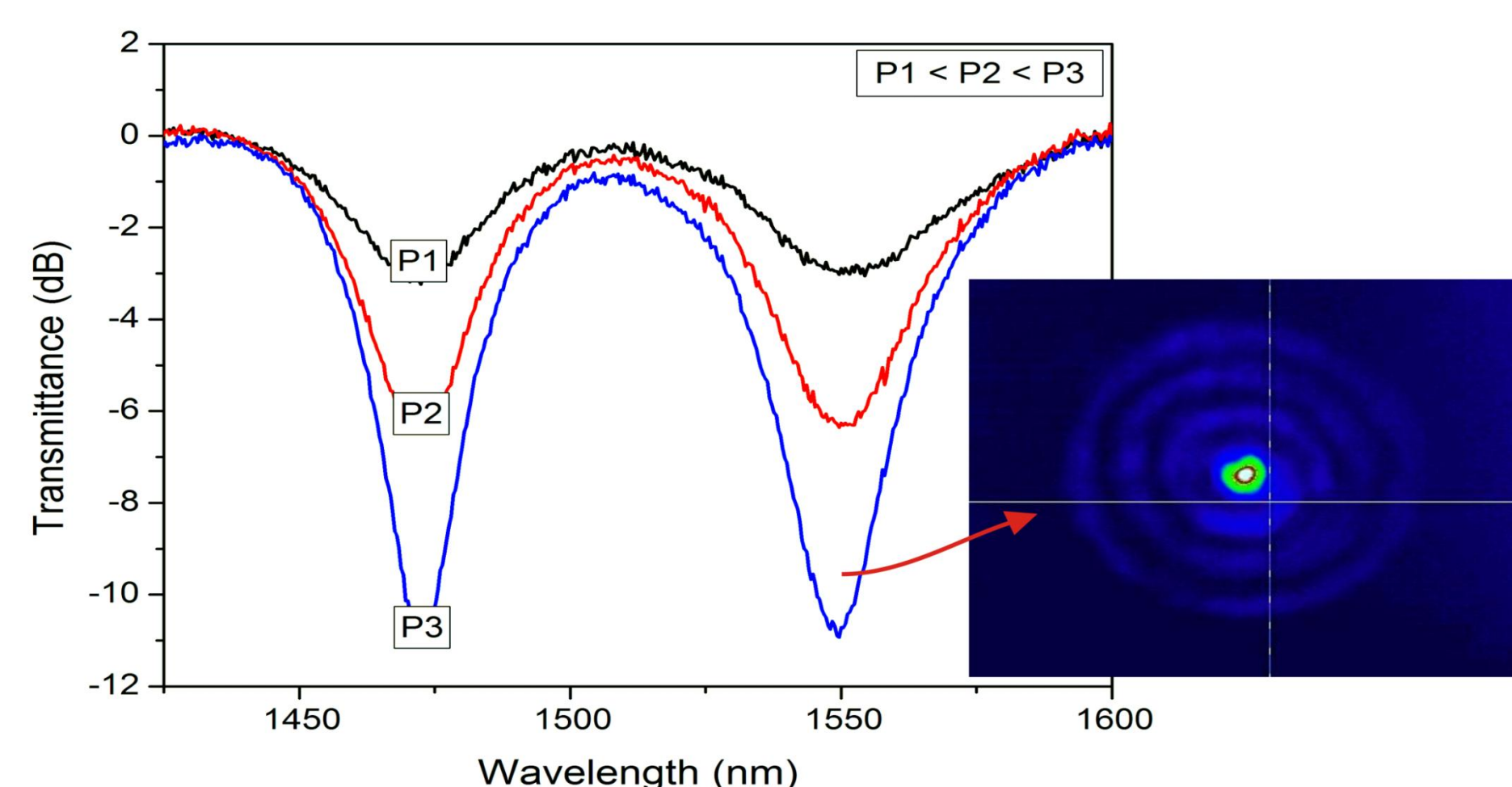


Fig 1. Espectro de transmissão de uma LPG com $L = 20 \text{ mm}$ e $\Lambda = 500 \mu\text{m}$ em função da pressão aplicada P_n . O padrão de campo próximo para o modo de casca em $\lambda = 1549 \text{ nm}$ (LP_{0e}) é também apresentado. [2]

○ n_{clad}^{0m} é sensível ao índice de refração do meio externo → aplicação como sensores de índice de refração

Metodologia

○ Para aumentar a resolução da medida → Interferômetro Mach-Zehnder

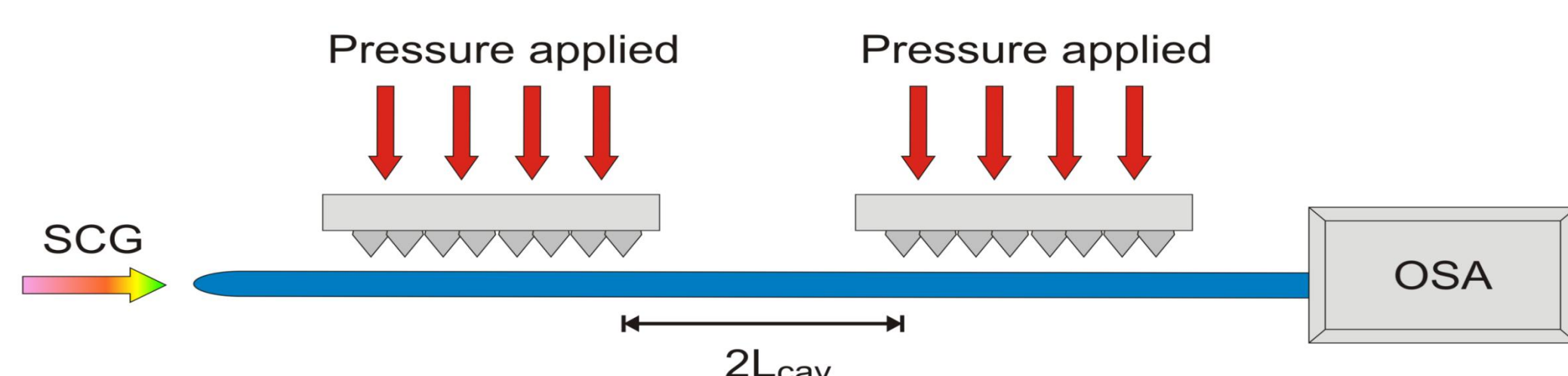


Fig 2. Arranjo experimental. [2]

Resultados e discussões

Espectro do interferômetro: LPG: $\Lambda = 500 \mu\text{m}$; $L = 20 \text{ mm}$; $2L_{\text{CAV}} = 40 \text{ mm}$.

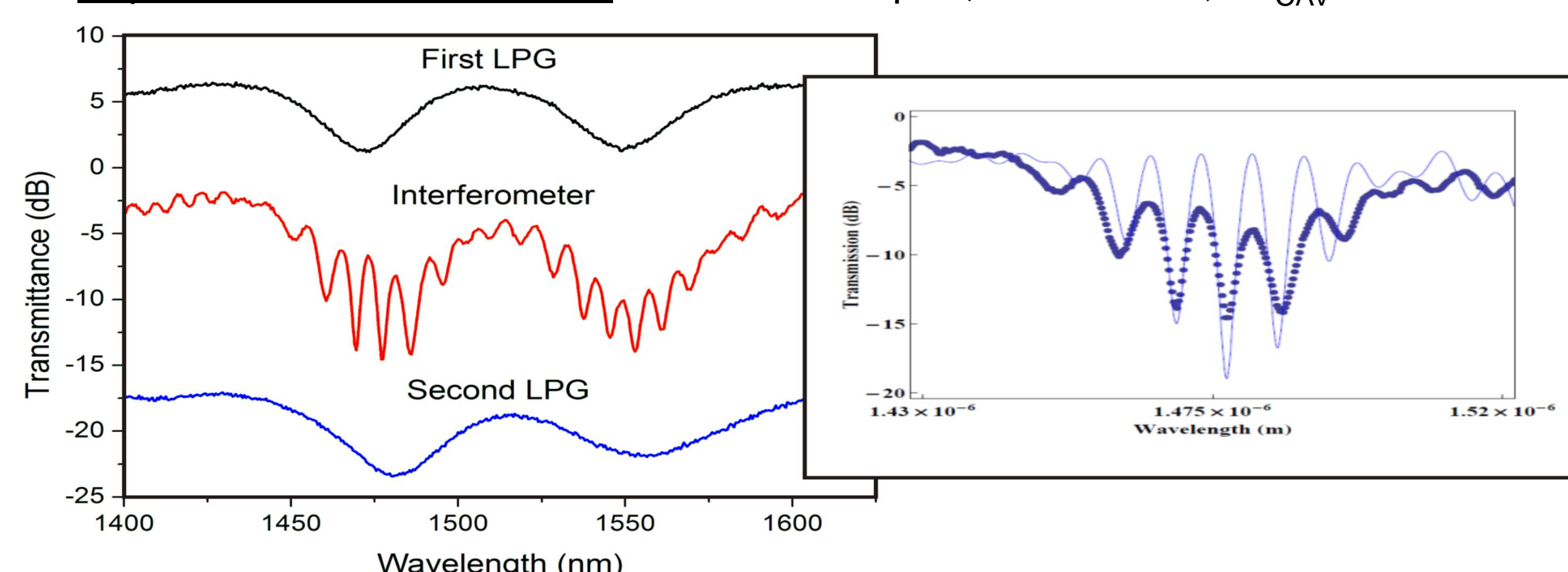


Fig 3. Espectros individual e associado das MLPGs. O inset mostra uma simulação para a transmitância do interferômetro usando os parâmetros: $\Lambda = 500 \mu\text{m}$; $\Delta n_1 = 2.955 \cdot 10^{-3}$; $\Delta n_2 = 3.080 \cdot 10^{-3}$; $L_1 = 19 \text{ mm}$; $L_2 = 19 \text{ mm}$ e $2L_{\text{cav}} = 40 \text{ mm}$ (pontos experimentais também expostos para melhor visualização). [2]

Aumento de sensibilidade: taper entre as redes

- Afinamento da fibra → aumento da fração do campo evanescente no exterior da fibra → maior sensibilidade
- Relação de fase entre os modos de núcleo e de casca fortemente afetada pelo índice de refração do meio externo
- Número de franjas → $2L_{\text{CAV}}$ → compromisso resolução/intervalo dinâmico

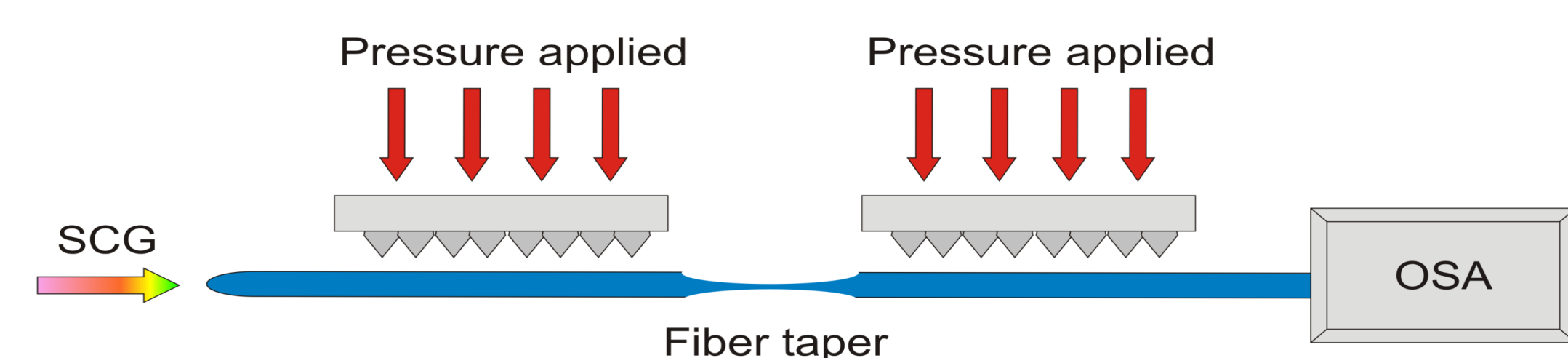


Fig 4. Diagrama do interferômetro Mach-Zehnder com a região de fibra afinada entre as redes. [2]

Sensoriamento da concentração de etanol em água

LPG: $\Lambda = 600 \mu\text{m}$; $L = 20 \text{ mm}$; in (b): $2L_{\text{CAV}} = 170 \text{ mm}$

- Deslocamento das franjas interferométricas foi monitorado.
- Variação de IR entre 1.333 (água) e 1.336 (15% etanol) → 3.2 nm de deslocamento
- Sensibilidade de 692 nm/RIU – quatro vezes maior do que a reportada em [3].
- Monitorou-se também a evaporação de etanol em função do tempo.

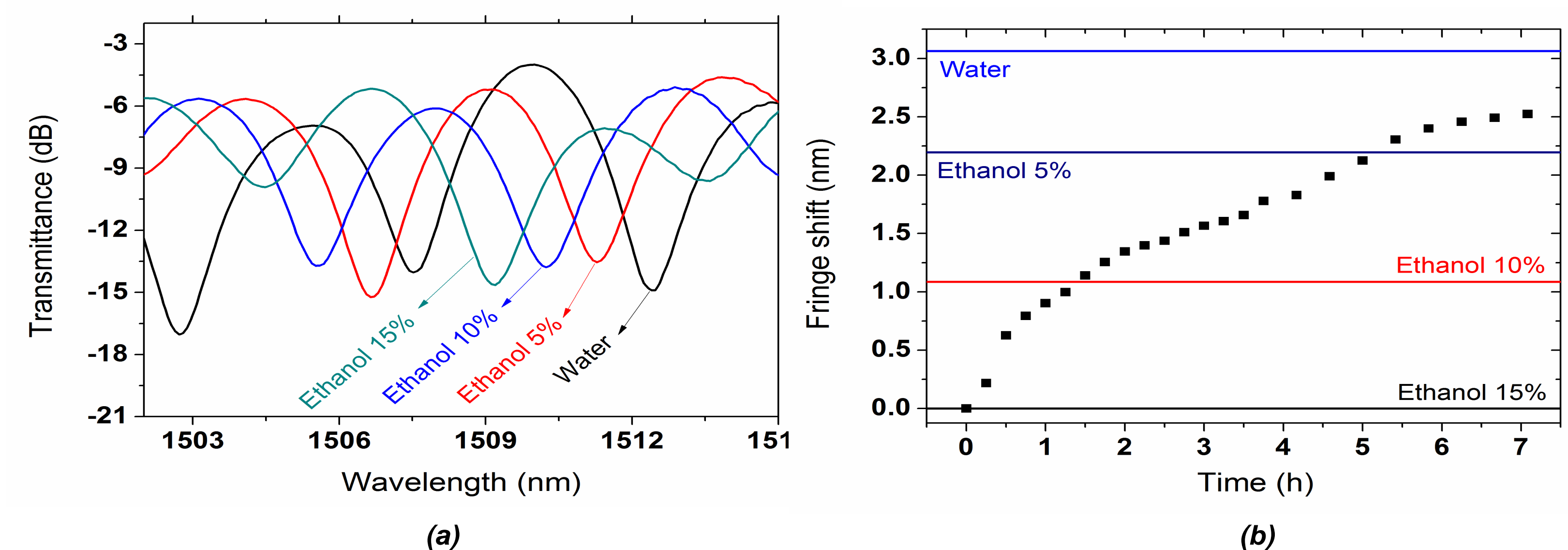


Fig 5. (a) Deslocamento de franjas em função da concentração de etanol em água. (b) Deslocamento de franja em função do tempo. [2]

Conclusões

- Um sensor para avaliar a concentração de etanol em água foi desenvolvido.
- Uma sensibilidade de 692 nm/RIU foi atingida – quatro vezes superior à reportada na literatura.

Agradecimentos

Agradecemos à Fapesp, CNPq, CePOF e FOTONICOM pelo apoio financeiro e à José Aparecido dos Santos pelo apoio técnico.

Referências

- [1] Vengsarkar, A. M., Lemaire P.J., Judkins J.B., Bhatia V., Erdogan T., Sipe J.E., **Long period gratings as band-rejection filters**, Journal of Lightwave Technology. Vol. 14. (1996) .
- [2] Jonas H. Osório, Luis Mosquera Leiva, Claudécir R. Biazoli, Juliano G. Hayashi, Cristiano M. B. Cordeiro, **High sensitivity refractive index sensor based on mechanically induced long-period gratings and fiber tapers**, IEEE, submitted May 2011.
- [3] Jin-Fei Ding, A. Ping Zhang, Li-Yang Shao, Jin-Hua Yan, Sailing He, **Fiber-taper seeded long-period grating pair as a highly sensitive refractive-index sensor**, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 17, No. 6, pp. 1247-1249, June 2005.