

# Transdutor ótico com estruturas de redes de período longo para análise refratométrica de líquidos

Marianne Sumie Kawano, Gustavo Rafael Collere Possetti, Ricardo Canute Kamikawachi,  
José Luís Fabris, Marcia Muller\*

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Av. Sete de Setembro 3165, Curitiba, PR, BR, 80230-901

\*mmuller@utfpr.edu.br; fone: +55-41-3310-4642; <http://pessoal.utfpr.edu.br/fabris/laser>

**Resumo** — Neste trabalho é apresentado um estudo da aplicabilidade de uma rede de período longo modificada para atuar como um interferômetro de Michelson em medidas refratométricas de substâncias líquidas que possuem índices de refração iguais ou maiores que o da casca da fibra ótica em temperatura ambiente. Tais substâncias foram analisadas em temperaturas variando entre 20,0 °C e 120,0 °C. Os resultados obtidos demonstram que é possível visualizar as franjas de interferência do dispositivo somente quando as substâncias são submetidas a temperaturas maiores que a temperatura ambiente (20,0 °C). Dessa forma, a associação entre a resposta espectral do interferômetro em fibra e o aumento sistemático da temperatura do mensurando líquido constitui uma promissora ferramenta para análise de substâncias que possuem coeficientes termo-óticos negativos e índices de refração iguais ou maiores que o da casca da fibra ótica.

**Palavras-chaves** – Redes de período longo, interferômetro de Michelson em fibra, índice de refração.

## I. INTRODUÇÃO

As redes de período longo (LPG – *Long Period Gratings*) são dispositivos intrínsecos produzidos em fibras óticas que se tornaram importantes ferramentas nas áreas de telecomunicação e sensoriamento. Possuem características ímpares, tais como baixo tempo de resposta, baixa reatividade química, passividade elétrica, imunidade eletromagnética, reduzidas dimensões físicas e alta sensibilidade ao índice de refração, as quais propiciam a aplicabilidade desses dispositivos como sensores químicos aptos a analisar as propriedades de diferentes substâncias [1]. A LPG consiste em uma modulação periódica do índice de refração do núcleo de uma fibra ótica, produzida ao longo de seu comprimento [2]. Esse dispositivo permite que a potência ótica que se propaga no modo fundamental de núcleo seja acoplada para modos de casca copropagantes. Esse acoplamento ocorre para os comprimentos de onda que satisfazem a seguinte condição de casamento de fase:

$$\lambda^m = (n_{eff\_ca}^m - n_{eff\_nu})\Lambda \quad (1)$$

onde  $\lambda^m$  é o comprimento de onda no qual o acoplamento ocorre,  $n_{eff\_ca}^m$  refere-se ao índice de refração efetivo do modo de casca de ordem  $m$ ,  $n_{eff\_nu}$  é o índice de refração efetivo do modo de núcleo e  $\Lambda$  é o período da rede.

A potência ótica que se propaga nos modos de casca é rapidamente atenuada devido a perdas na interface casca-meio externo. Como resultado, bandas de atenuação em comprimentos de onda que satisfazem a equação (1) podem ser observadas no espectro de transmissão do dispositivo. O comprimento de onda no qual o acoplamento ocorre depende do índice de refração efetivo do modo de casca, que, por sua vez, depende do índice de refração do meio externo à fibra. Portanto, variações no índice de refração do meio externo ocasionam mudanças no comprimento de onda de acoplamento, possibilitando que o dispositivo seja usado como transdutor de índice de refração. Entretanto, a alta sensibilidade ao índice de refração do transdutor somente é verificada na avaliação de substâncias cujos índices de refração sejam menores que o índice de refração da casca da fibra ótica que contém a LPG. Nos casos em que o índice de refração da substância é igual ou maior que o índice de refração da casca da fibra, as condições de guiamento dos modos são modificadas como resultado das alterações das condições de contorno na interface casca-meio externo [2,3]. Nesses casos, os deslocamentos em comprimento de onda devido a variações no índice de refração do meio externo são menores, limitando as aplicações do dispositivo como transdutor.

O aumento da sensibilidade da LPG na medição do índice de refração do meio externo é de grande interesse para aplicações na área de sensoriamento. Algumas técnicas já relatadas na literatura para o aumento dessa sensibilidade são a redução do diâmetro da casca da fibra [4], o recobrimento da casca da fibra com filmes metálicos [5] ou, ainda, a produção de estruturas de LPG de maneira a constituir um interferômetro de Michelson [6,7]. Um interferômetro de Michelson baseado em LPG é construído por meio da gravação de uma LPG, preferencialmente com eficiência de 3 dB, em um segmento de fibra com extremidade espelhada a alguns centímetros do local onde a rede foi gravada. Nessa configuração, parte da potência ótica que se propaga no modo fundamental de núcleo da fibra é acoplada pela LPG para modos de casca copropagantes. A potência ótica que se propaga nos modos de casca apresenta um atraso de fase em relação àquela que se propaga no núcleo, devido as diferentes constantes de propagação nos meios. Dessa forma, o núcleo e a casca da fibra constituem os braços do interferômetro. Após