

XII - PO (19)

DESMODULAÇÃO DE UM SENSOR DE BRAGG UTILIZANDO UM "RECEPTOR-GÉMEO": ANÁLISE DA SENSIBILIDADE

A. B. Lobo Ribeiro^(a), L. A. Ferreira^(a), D. A. Jackson^(b) e J. L. Santos^(c,a)^(a)Centro de Optoelectrónica, INESC-Porto, R. José Falcão 110, 4000 Porto, Portugal.^(b)Applied Optics Group, Physics Lab., Univ. Kent, Canterbury, Kent CT2 7NR, UK.^(c)Laboratório de Física, Faculdade de Ciências, Univ. Porto, R. Campo Alegre-687, 4150 Porto, Portugal.

É analisada teórica e experimentalmente a sensibilidade da técnica de desmodulação de sensores de Bragg que utiliza um "receptor-gémeo"^[1], tendo em conta as fontes de ruído quântico e electrónico presentes no sistema. Resultados numéricos e experimentais mostram que existe um valor óptimo para a diferença entre os comprimentos de onda de Bragg do sensor e do receptor que maximiza a sensibilidade.

Os sensores de Bragg (ou seja, redes de difracção em fibra óptica usadas como elementos sensores) têm atraído um interesse considerável para aplicações de monitorização de grandezas físicas, devido à natureza intrínseca e inerente da codificação em comprimento de onda. Medindo o desvio do comprimento de onda de Bragg induzido por acção da temperatura e/ou deformação mecânica, é possível determinar de um modo absoluto a acção do mesurando. Recentemente, foi proposta e demonstrada uma nova técnica para medir este desvio^[1]. O seu princípio básico de funcionamento consiste no uso de uma rede de difracção gémea. Assim sendo, para cada sensor de Bragg teremos um "receptor" de Bragg com idêntico comprimento de onda central. Quando o mensurando actua no sensor desviando o seu comprimento de onda de Bragg (λ_{BS}), teremos de aplicar uma deformação no receptor de Bragg de maneira a que o seu comprimento de onda de central (λ_{BR}) volte a coincidir com o do sensor. Conhecendo o valor da deformação aplicada, podemos directamente saber o valor do desvio do comprimento de onda e por sua vez o valor da acção do mensurando. Neste trabalho, são apresentados resultados numéricos de uma análise teórica da sensibilidade deste esquema de desmodulação^[2], tendo em conta as fontes primárias de ruído, nomeadamente, ruído quântico e ruído electrónico da detecção.

A Fig.1 mostra o esquema de desmodulação que se implementou para comprovar a análise teórica efectuada. A fonte óptica de espectro largo utilizada foi um diodo superluminescente (Superlum, SLD-361/A), emitindo uma potência de saída na fibra óptica de 0.55mW, e exibindo uma largura espectral de 20.2 nm centrada em 826.7 nm. As características espectrais (reflectividade, largura espectral e comprimento de onda de Bragg) do sensor e do receptor de Bragg foram medidas com um analisador de espectros óptico (resolução: 0.1 nm). Os resultados obtidos foram, para o sensor: 17%, ≈ 0.2 nm e 835.4 nm; para o receptor: 45%, ≈ 0.2 nm e 835.4 nm. Ambos os perfis espectrais apresentavam uma distribuição Gaussiana. Os acopladores direccionais tinham um coeficiente nominal de acoplamento de potência de 3 dB.

624

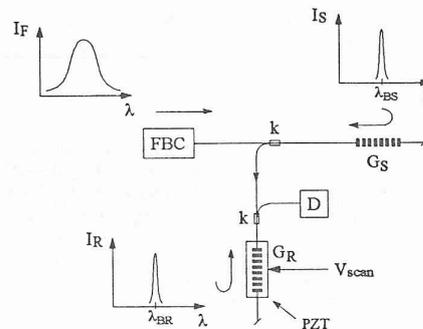


Fig. 1 Esquema de desmodulação implementado.

O receptor de Bragg foi fixado num elemento piezoeléctrico (PZT), proporcionando um coeficiente deformação-tensão de ≈ 12.7 $\mu\text{strain/V}$, o que equivale neste caso, a uma variação no comprimento de onda de Bragg de ≈ 8.24 pm/V (picometro/volt)^[2]. O bloco detector era constituído por um fotodetector híbrido tipo pin com amplificação integrada (UOL, RM 800/2), apresentando um ganho total de 37 V/ μW e um nível de ruído de 0.46 pW/ $\sqrt{\text{Hz}}$. Quando o comprimento de onda de Bragg do receptor (λ_{BR}) "varre" linearmente a toda a gama dinâmica do sensor de Bragg através da aplicação de tensão eléctrica no PZT (V_{scan}), então, para um dado instante do varrimento, ambos os comprimentos de onda começam a coincidir originando um sinal óptico no detector. Este sinal óptico é basicamente a convolução entre os dois perfis espectrais, e tem o valor máximo quando $\lambda_{BR} = \lambda_{BS}$. A Fig. 2 mostra o desvio mínimo detectável do comprimento de onda de Bragg do sensor (normalizado por \sqrt{B} , onde B é a largura de banda do sistema de detecção) em função da diferença $\lambda_{BS} - \lambda_{BR}$ quando são consideradas independentemente as fontes de ruído quântico e electrónico^[2]. Pela observação da figura, concluímos que a sensibilidade máxima deste esquema ocorre para a situação em que o receptor de Bragg está ligeiramente dessintonizado em relação ao sensor de uma quantidade $\Delta\lambda = \lambda_{BS} - \lambda_{BR} = \Delta\lambda_{opt}$. Este valor é mais

crítico quando é considerado o ruído electrónico, visto que é dominante. Neste caso, e para os valores utilizados na experiência, o valor óptimo é $\Delta\lambda_{\text{opt}}=0.12$ nm, o que resulta num valor de sensibilidade do sistema de $\delta\lambda_{\text{BS}}\approx 2.7\cdot 10^{-3}$ pm/ $\sqrt{\text{Hz}}$.

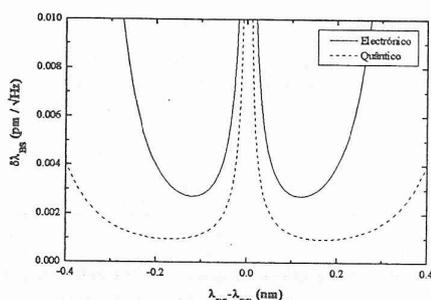


Fig. 2 Resultados numéricos para o mínimo desvio detectável do comprimento de onda de Bragg determinado pelo ruído quântico e electrónico e, assumindo curvas de reflectividade idênticas com perfil Gaussiano e de igual largura espectral.

A Fig. 3a mostra os valores experimentais do nível de potência óptica detectada quando o sensor é linearmente "varrido" em comprimento de onda pelo receptor de Bragg. Este resultado é proporcional à convolução entre os dois perfis espectrais de cada elemento de Bragg. Para medir a sensibilidade (dinâmica, neste caso), aplicou-se um sinal sinusoidal com amplitude de 3 μstrain e frequência 1 kHz ao sensor de Bragg, usando um outro PZT (coeficiente de deformação-tensão ≈ 0.031 $\mu\text{strain/V}$). Para cada posição do "varrimento", foi medida a razão sinal-ruído com um analisador de espectros eléctrico. Os resultados correspondentes encontram-se na Fig. 3b.

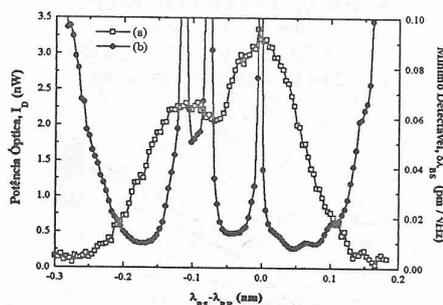


Fig. 3 Medições experimentais de: (a) nível de potência de saída do sistema, (b) sensibilidade do sistema.

Os resultados experimentais da sensibilidade apresentam uma dependência similar à descrita teoricamente pela Fig. 2, onde é assumido que tanto o sensor como o receptor de Bragg possuem perfis de reflectividade Gaussianos com largura espectral

idêntica. Obviamente, a convolução de dois perfis deste tipo resulta numa curva também Gaussiana, o que origina dois pontos de máxima sensibilidade (Fig. 2). Contudo, a estrutura da curva de convolução experimental (Fig. 3a), é bastante diferente de uma Gaussiana, o que origina os quatro pontos de máxima sensibilidade e não apenas dois como previsto pela teoria. Esta diferença deve-se ao facto de cada elemento de Bragg ter um perfil espectral de reflectividade particular. Para comprovar isso, medimos a reflectividade do sensor e do receptor de Bragg com um monocromador de resolução 0.01 nm. Os resultados são apresentados nas Figs. 4a e 4b. De facto, estes dados explicam claramente a existência do lóbulo adjacente ao pico central na curva de convolução experimental (Fig. 3a).

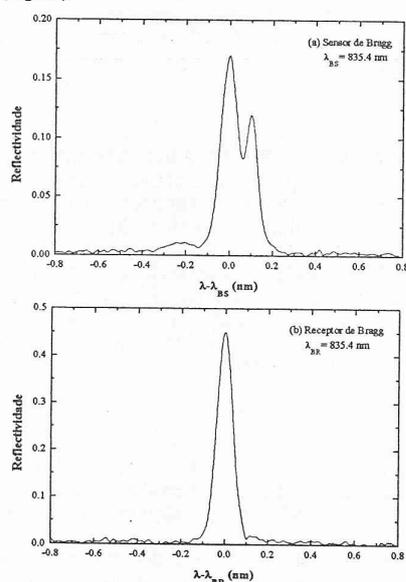


Fig. 4. Respostas espectrais do (a) sensor e (b) do receptor de Bragg, usados no sistema (resolução 0.01 nm).

Em conclusão, foi demonstrado teórica e experimentalmente que existe um valor óptimo para a diferença $\lambda_{\text{BS}}-\lambda_{\text{BR}}$ que maximiza a sensibilidade do esquema de desmodulação de sensores de Bragg baseado no "receptor-gémeo".

Agradecimentos: A. B. Lobo Ribeiro e L. A. Ferreira, alunos de Doutoramento da FCUP, agradecem o suporte financeiro da JNICT (Programa PRAXIS XXI).

[1] D.A. Jackson, A.B. Lobo Ribeiro, J.L. Archambault and L. Reekie, *Opt. Lett.* 18, 1192 (1993).

[2] A.B. Lobo Ribeiro, L.A. Ferreira, J.L. Santos and D.A. Jackson, submetido na *Appl. Opt.* (Fev.1996).