

## 2 Conceitos Básicos de Redes de Bragg

### 2.1. Redes de Bragg em fibras ópticas

Uma rede de Bragg gravada em uma fibra óptica constitui uma modulação local e periódica do índice de refração do núcleo da fibra (Figura 2.2). Normalmente, utilizam-se fibras com alta concentração de germânio.

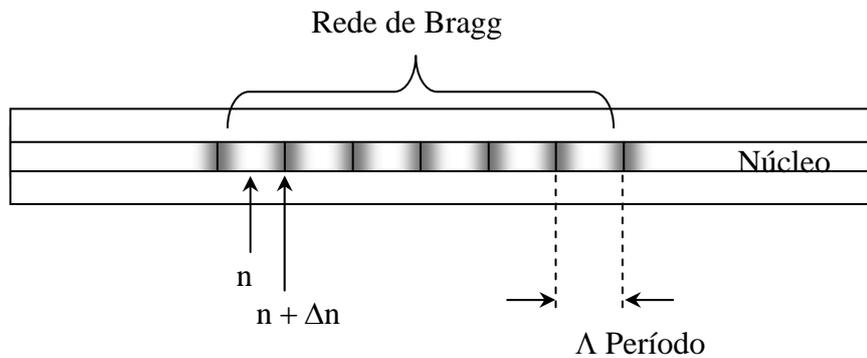


Figura 2.2 - Esquema da modulação local do índice de refração do núcleo da fibra óptica que constitui a rede de Bragg.

A rede de Bragg opera como um filtro espectral reflexivo que seleciona um comprimento de onda de uma banda larga de comprimentos de onda que tenham sido acoplados à fibra (Figura 2.3). Este comprimento de onda, chamado de comprimento de onda de Bragg ( $\lambda_B$ ) está relacionado com a periodicidade espacial da modulação do índice de refração,  $\Lambda$ , e com o índice de refração efetivo do núcleo,  $n_{eff}$ , através da equação (2.1) [14,15].

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda \quad (2.1)$$

Na Figura 2.3 é representada uma rede de Bragg sendo iluminada por uma fonte de luz de banda espectral larga. Uma faixa estreita do espectro de luz,

centrada no comprimento de onda de Bragg, é refletida, e o restante do espectro é transmitido.

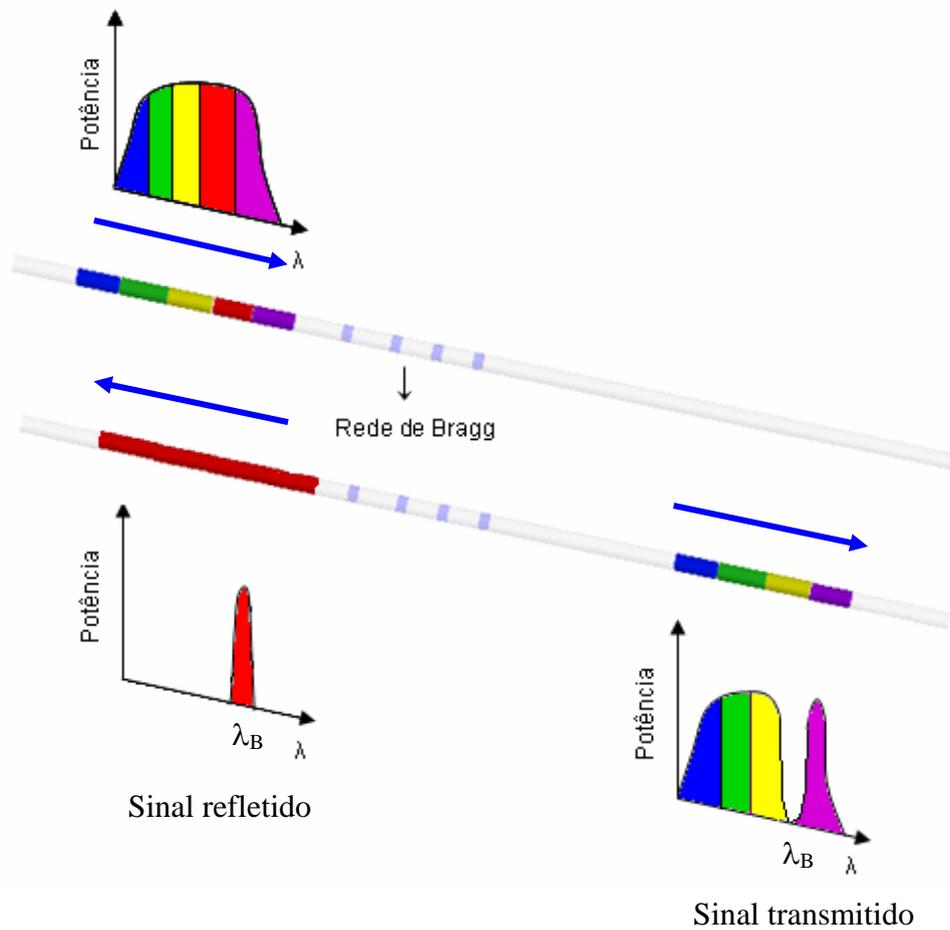


Figura 2.3 - Esquema do princípio de operação de uma rede de Bragg em fibra óptica. Uma faixa estreita do espectro de luz, centrada no comprimento de onda de Bragg ( $\lambda_B$ ) é refletida, e o restante do espectro é transmitido.

### 2.1.1. Rede de Bragg Atuando como Sensor

Devido aos efeitos foto-elástico e termo-óptico, tanto esforços mecânicos longitudinais quanto variações na temperatura provocam o deslocamento do comprimento de onda de Bragg. A equação 2.2 descreve o comportamento do comprimento de onda de Bragg em função de variações no comprimento da fibra ( $\Delta l$ ) e de variações de temperatura ( $\Delta T$ ),

$$\Delta\lambda_B = 2\left(\Lambda \frac{\partial n_{eff}}{\partial l} + n_{eff} \frac{\partial \Lambda}{\partial l}\right)\Delta l + 2\left(\Lambda \frac{\partial n_{eff}}{\partial T} + n_{eff} \frac{\partial \Lambda}{\partial T}\right)\Delta T \quad (2.2)$$

onde  $T$  é a temperatura.

O primeiro termo da equação 2.2 representa o efeito da deformação longitudinal ( $\varepsilon_z$ ) sobre a fibra óptica. Este corresponde à variação da periodicidade da rede e a uma mudança no índice de refração. Reescrevendo este termo em função da deformação e da constante elasto-óptica ( $p_e$ ),

$$\Delta\lambda = \lambda_B(1 + p_e)\varepsilon_z \quad (2.3)$$

Sendo

$$p_e = \frac{n_{eff}^2}{2}[p_{12} - \nu(p_{11} + p_{12})] \quad (2.4)$$

onde  $p_{11}$  e  $p_{12}$  são componentes do tensor elasto-óptico, e  $\nu$  é a razão de Poisson.

Para uma fibra óptica de germano-silicato,  $p_{11} = 0,113$ ,  $p_{12} = 0,252$ ,  $\nu = 0,16$  e  $n_{eff} = 1,482$  [15]. Usando estes parâmetros na equação 2.3, pode-se calcular a sensibilidade de uma rede de Bragg. Por exemplo, para  $\lambda_B = 1550$  nm, quando a rede de Bragg for submetida a uma deformação igual a  $1\mu\varepsilon$ , ocorre um deslocamento no comprimento de onda de Bragg igual a 1,2 pm.

Uma representação dos efeitos de tração e compressão sobre uma rede de Bragg pode ser visualizada na Figura 2.4 que mostra o exemplo de uma rede de Bragg atuando como sensor. Nesta figura, pode-se observar que ocorre um deslocamento no comprimento de onda de Bragg quando esta é submetida a tração ou compressão. No caso da tração, uma variação positiva do comprimento de onda será obtida como consequência de um aumento na periodicidade espacial da rede de Bragg. Já para uma rede de Bragg submetida a compressão, a variação do comprimento de onda será negativa, devido a uma diminuição no período espacial da rede de Bragg.

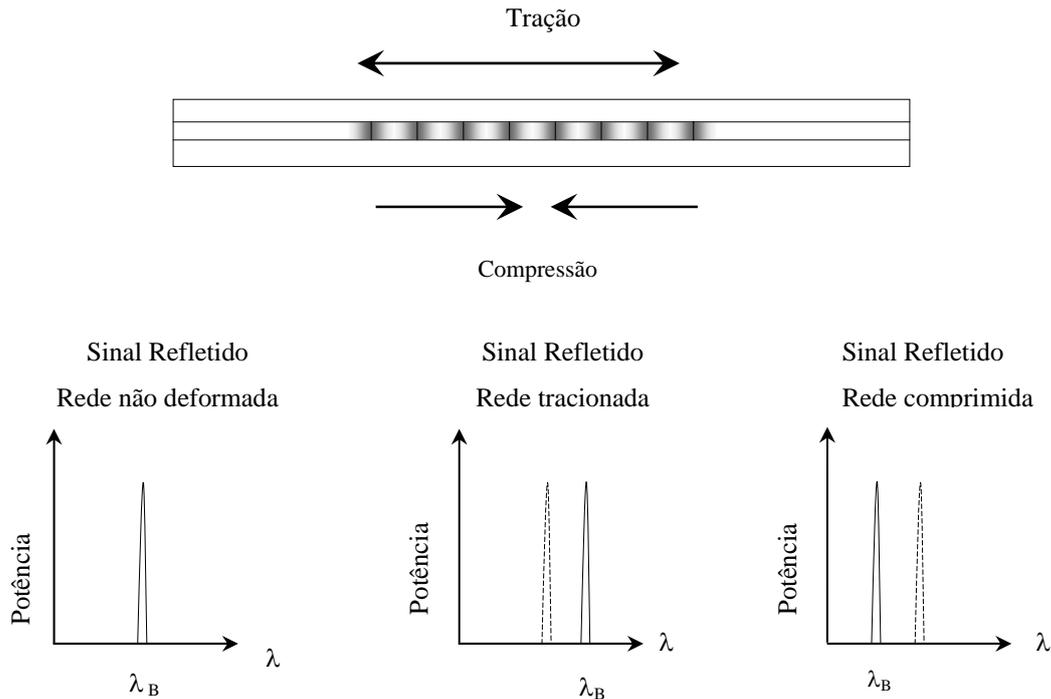


Figura 2.4 - Esquema do deslocamento espectral de uma rede de Bragg submetida a tração e compressão.

O segundo termo da equação 2.2 representa o efeito da temperatura sobre a fibra óptica. A variação do comprimento de onda de Bragg devido a variações no período espacial da rede de Bragg,  $\Lambda$ , e no índice de refração ( $n_{eff}$ ). Reescrevendo este termo em função do coeficiente de expansão térmica da fibra ( $\alpha_\Lambda$ ), e do coeficiente termo-elástico do núcleo ( $\alpha_n$ ), temos que, [15]:

$$\Delta\lambda = \lambda_B (\alpha_\Lambda + \alpha_n) \Delta T \tag{2.5}$$

Para uma fibra óptica dopada com germânio,  $\alpha_\Lambda$  é aproximadamente igual a  $0,55 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , e  $\alpha_n$  é aproximadamente igual a  $8,6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Desta forma, a sensibilidade de uma rede de Bragg centrada em  $\lambda_B = 1550 \text{ nm}$  é aproximadamente igual a  $13 \text{ pm}/^\circ\text{C}$ .

A variação do comprimento de onda de Bragg descrita pela equação 2.2 é o que permite o uso de redes de Bragg como sensor de deformação e de temperatura, pois qualquer deformação na rede de Bragg ou alteração de temperatura poderá ser observada através da variação do comprimento de onda de Bragg [15]. A luz refletida pela rede é enviada a um sistema de detecção que

mede o valor do seu comprimento de onda de Bragg. Variações  $\Delta\lambda$  neste comprimento de onda podem então ser correlacionadas com alterações do parâmetro que está sendo monitorado.