

FBG 가변 형 필터의 온도 특성

손용환*, 원용욱*, 김현승*, 홍문기*, 이종윤**, 정진호**, 한상국*

*연세대학교 전기전자공학과

**호서대학교 전자공학과

e-mail:sonyh38@yonsei.ac.kr

Thermal Characteristics of FBG Tunable Filter

Yong-Hwan Son*, Yong-Yuk Won*, Hyun-Seung Kim*,

Moon-Ki Hong*, Jong-Youn Lee**,

Jin-Ho Jung**, Sang-Kook Han*

*Dept. of Electric and Electronic Eng., Yonsei University

**Dept. of Electronic Eng., Hoseo University

요 약

본 논문에서는 FBG 가변 형 필터의 출력 특성에 대한 수치해석의 결과와 실험값을 비교 분석하기 위해 25°C에서 90°C 까지 온도 변화에 대해 FBG 가변 형 필터의 출력스펙트럼을 측정하였다. 수치해석과 실험의 결과로부터 온도변화에 따른 선폭과 출력의 크기는 거의 변화가 없지만, 브래그 파장은 이론값과 비교적 유사하게 온도에 따라 이동함을 알 수 있었다. 또한, 온도의 상승, 하강, 유지 시에도 동일한 결과를 보였다.

1. 서론

일반적으로 통신시스템에서 사용되는 통신용 소자에 대한 동작 온도의 범위는 일반적인 상업용 목적으로 사용할 경우 0°C~80°C 의 온도 범위를 갖는다. 따라서 사용되는 분야의 목적에 따라 일정한 온도 범위 내에서의 동작 특성에 대한 고찰이 필요하다. 이를 위해, 본 논문에서는 상업용 목적의 온도 범위에 준하여 25°C~90°C 범위에서 fiber Bragg grating(FBG) 가변 형 필터 입·출력 특성 및 반사 특성에 대한 수식을 온도의 함수로 유도하고, 수치해석과 실험을 통하여 그에 대한 특성을 고찰한다.

2. FBG 가변 형 필터

FBG 가변 형 필터에 온도를 인가하였을 때, 온도에 따라 이동하는 브래그 파장, $\lambda_{B(shift)}$ 는 다음 식으로 된다.

$$\lambda_{B(shift)} = \lambda_B + ST_{FBG} \Delta T_{FBG} \quad (1)$$

온도 영향에 대한 FBG 가변 형 필터의 전송율(T)과 반사율(R)은 다음 식에 의해 주어진다.

$$T(\lambda, T) = \left| \frac{A_{out}}{A_{in}} \right|^2 = \left| S_{11}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} - \frac{S_{12}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} S_{21}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}}{S_{22}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}} \right|^2 = \left| \frac{1}{S_{11}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}} \right|^2 \quad (2-a)$$

$$R(\lambda, T) = \left| \frac{B_{in}}{A_{in}} \right|^2 = \left| \frac{S_{21}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}}{S_{22}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}} \right|^2 \quad (2-b)$$

여기서 FBG의 특성 나타내는 전달 행렬, S_{nm} 은 다음 식과 같다.

$$S_{11}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} = (1 - r(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}^2)^{-1} [\exp(jq(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} L) - r(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}^2 \exp(-jq(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} L)] \quad (3-a)$$

$$S_{22}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} = (1 - r(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}^2)^{-1} [\exp(-jq(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} L) - r(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}^2 \exp(jq(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} L)] \quad (3-b)$$

$$S_{21}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} = -S_{12}(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} = (1 - r(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}^2)^{-1} \gamma(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}}$$

$$[\exp(jq(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} L) - \exp(jq(\lambda, T)_{\Delta T_{FBG}} L)] \quad (3-c)$$

3. 수치해석

그림 1은 25°C에서 90°C 의 온도 범위에 대해 FBG 가변 형 필터의 반사 중심파장 이동을 나타낸 것이다. 그 결과로부터 온도가 1°C 상승할 때마다 반사 중심 파장은 장파장 쪽으로 약 0.0142237[nm] 이동함을 알 수 있다. 따라서 온도를 1°C 상승시키면 신호채널의 파장을 약 0.014[nm] 가변시킬 수 있으며, 또한 고정된 신호 채널로 동작 시 약 0.014[nm] 만큼의 신호채널의 오류가 발생할 수 있음을 알 수 있다.

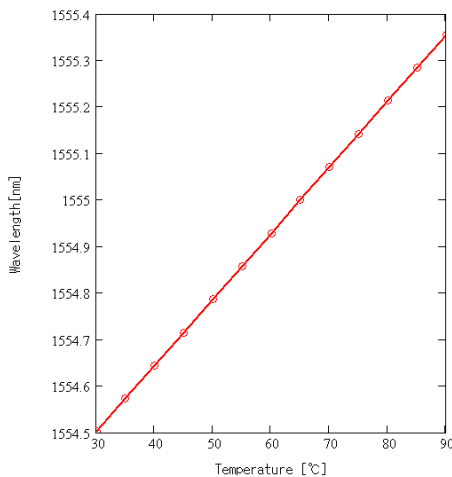


그림 1. 온도변화에 따른 FBG 가변 형 필터의 중심 파장 이동
Fig. 1 Center wavelength shift of the FBG tunable filter along temperature variation.

4. 실험

FBG 가변 형 필터에 온도제어기를 통하여 25°C에서 90°C 까지 온도 변화를 5°C 간격으로 상승시킬 때, 상승시킨 후 일정시간 동안 온도를 유지하여 측정하였다. 또한 온도를 다시 하강시킬 때, 그리고 하강시킨 후 일정시간 온도를 유지하면서 측정하였다. 그림 2와 3에서, 온도변화에 따른 출력 스펙트럼의 크기는 거의 변화가 없지만, 반사파장은 이론값과 비교적 유사하게 온도에 따라 이동함을 알 수 있으며, 온도의 상승, 하강, 유지 시에도 동일한 결과를 보임을 알 수 있다. 실험으로 얻어진 결과로부터, FBG 가변 형 필터에 가해지는 온도가 1°C 상승 또는 하강할 때마다 브래그 반사 중심 파장을 약 0.012nm 가변시킬 수 있음을 알 수 있다. 결국 광섬유 브래그 격자 필터의 반사 파장은 온도변화에 따라 선형적으로 이동하므로 고정된 신호 채널을 가변하기 위한

목적으로 사용될 수 있으나, 고정된 신호 채널의 시스템에서 사용될 때는 시스템의 오류를 발생시킬 것이다.

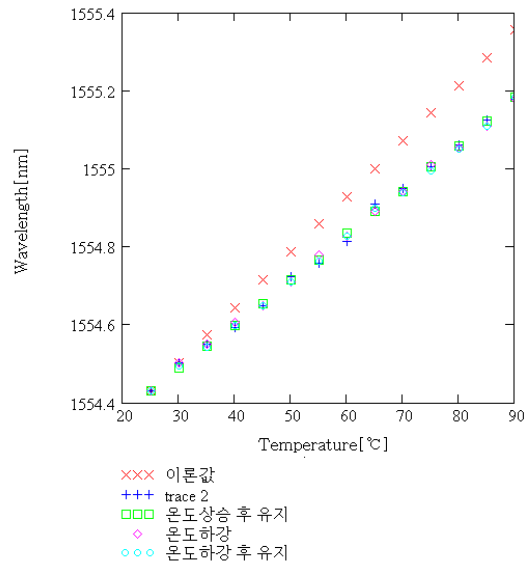


그림 2. 온도 변화에 따른 FBG 가변 형 필터의 중심 파장의 이동

Fig. 2 Wavelength shift of FBG tunable filter along the variation of temperature

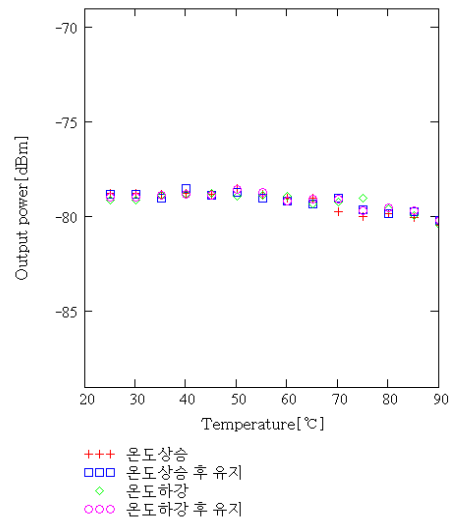


그림 3. 온도 변화에 따른 FBG 가변 형 필터의 출력크기
Fig. 3 Output power of FBG tunable filter along the variation of temperature

4. 결론

본 논문에서는 FBG 가변 형 필터의 온도특성에 대해 고찰하였다. 수치해석결과, FBG 가변 형 필터의 중심 파장은 온도가 1°C 상승할 때마다 약 0.0142[nm] 이동하였으며, 실험결과 온도가 1°C 변할

때마다 약 0.0123[nm] 씩 이동하였고 크기는 평균 -10[dBm] 이었다. 수치해석과 실험의 결과로부터 중심 파장은 이론값과 유사하게 온도에 따라 이동함을 알 수 있었다. 또한, 온도의 상승, 하강, 유지 시에도 동일한 결과를 보였다. 결국, FBG 가변 형 필터의 중심 파장은 온도의 변화에 따라 선형적으로 이동하므로 고정된 파장 가변 및 시스템의 오류발생 예측의 목적으로도 활용할 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] Andreas Othonos, Kyriacos Kalli, *Fiber Bragg Gratings*, Artech House, 1999.
- [2] Marcuse, D., *Light Transmission Optics*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1972.
- [3] Govind P. Agrawal and Stojan Radic, "Phase-Shift Fiber Bragg Grating and their Application for Wavelength Demultiplexing," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 6, No. 8, pp. 995-997, Aug. 1994.