

FBG를 이용한 파장가변 형 전광필터의 고온 특성

*손용환, 원용욱, 한상국
연세대학교 전기전자공학과

e-mail : *sonyh38@yonsei.ac.kr, bluejerry@yonsei.ac.kr, skhan@yonsei.ac.kr*

High-Temperature Characteristics of Tunable All-optical Filter Using Fiber Bragg Grating

*Yong-Hwan Son, Yong-Yuk Won, Sang-Kook Han
Dept. of Electric and Electronic Engineering
Yonsei University

Abstract

In this paper, we present high-temperature characteristics of tunable all-optic filter using fiber Bragg grating(FBG), including peak reflectivity, FWHM bandwidth, refractive index change along temperature variation. The characteristics of a FBG tunable filter with refractive index change is affected by its thermal stability.

I. 서론

FBG(fiber bragg grating)는 격자의 브래그 조건에 따라 특정 파장만을 반사시키는 특성을 가지고 있으므로 필터를 설계하기에 매우 유용하며, 또한 브래그 조건을 변화시키는 것만으로 고정된 신호채널을 쉽게 가변할 수 있는 장점을 가진다[1]. 만약 송수신 채널의 변경을 위해 FBG 필터에 온도를 가하는 방법을 선택하게 된다면, 온도의 영향에 대한 FBG의 특성변화 및 안정성이 매우 중요한 기준이 될 것이다. 이에 본 논문에서는 고온의 온도변화에 따른 FBG 필터의 특성 변화에 대해 해석하고, 온도안정성에 대한 그 특성을 고찰한다.

II. 파장가변 형 FBG 필터

FBG 필터에 온도를 인가하였을 때, 온도에 따라 변화된 브래그 반사파장 $\lambda_{B(shift)}$ 는 다음 식으로 된다.

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

여기에서 ΔT_{FBG} 는 FBG 필터에 인가되는 온도의 변화이며, 온도변화에 따른 파장이동 값

$ST_{FBG} = \frac{\Delta\lambda_B}{\Delta T_{FBG}} = \lambda_B(\alpha_n + \alpha_A)$ 이고, $(\alpha_n + \alpha_A) = 9.15 \times 10^{-6}$ 은 게르마늄이 도핑된 실리카 파이버의 열 확장 및 팽창 계수의 합이다[2]. FBG에 온도가 가해지면 격자의 굴절률차가 변화하게 되고 FBG 필터의 반사도에 영향을 미치게 된다. 이때 온도에 의해 변화한 굴절률 차, Δn_T 는 다음 식으로 주어진다[3].

$$\Delta n_T = \Delta n_0 \frac{1}{(1 + A \cdot t^\alpha)} \quad (2)$$

여기에서 $\Delta n_0 (= 2 \times 10^{-4})$ 는 온도를 인가하기 전의 굴절률 차이이고, A 는 'Erdogan power law' 파라미터이며, t 는 온도가 가해지는 시간이다[3]. FBG 필터의 반사도는 굴절률 차, 결합계수, 격자의 길이에 의해 결정되며, 다음 식에 의해 주어진다[2].

$$R(T) = \tanh^2\left(\frac{\pi\Delta n_T L}{\lambda_B}\right) \quad (3)$$

FBG 필터의 FWHM 대역폭은 온도가 변화하면, 그에 따라 감소하며, 온도변화에 따른 FWHM 대역폭, $\Delta\lambda(T)$ 는 다음 식에 의해 주어진다[4].

$$\Delta\lambda(T) = \frac{\lambda_B^2 [\pi^2 + (\frac{\pi\Delta n_T}{\lambda_B} L)^2]^{1/2}}{\pi n_{eff} L} \quad (4)$$

III. 수치해석

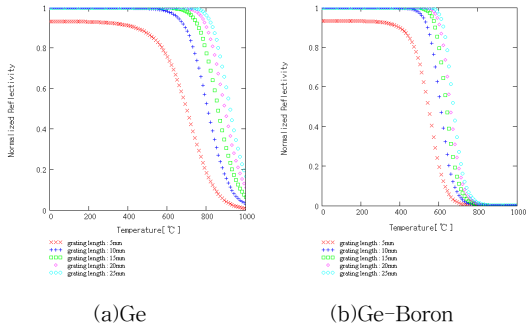


그림 1. 온도변화에 따른 반사도의 변화

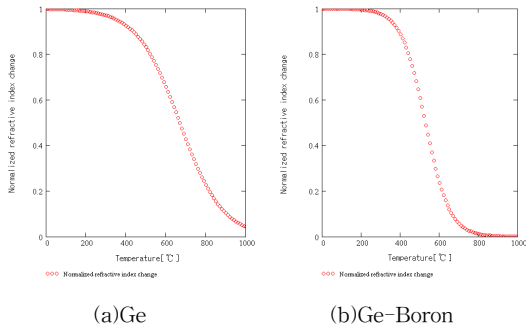


그림 2. 온도변화에 따른 정규화 굴절률 차

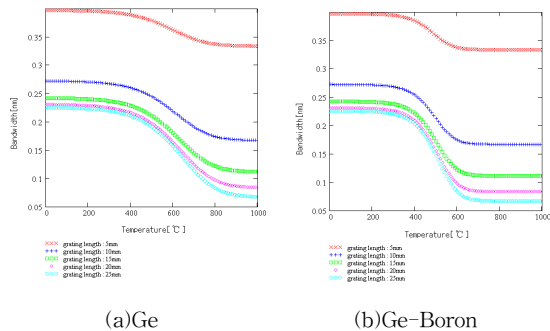


그림 3. 온도변화에 따른 대역폭의 변화

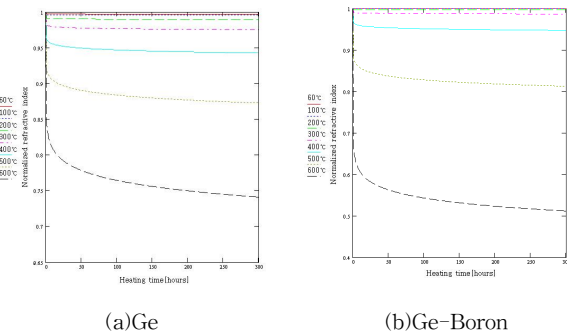


그림 4. 가열시간에 따른 정규화 굴절률 차

그림 1은 격자길이에 따라 FBG 필터의 온도변화에 따른 반사도를 나타낸 것으로, 700°C 이상에서는 반사도가 감소함으로 FBG가 필터로써의 동작을 하지 못함을 알 수 있다. 그림 2는 온도변화에 따른 정규화 굴절률 차의 변화를 나타낸 것으로 700°C 이상의 온도에서는 초기 굴절률 차에 비해 현저히 굴절률차가 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 3은 격자길이에 따라 FBG 필터의 온도에 따른 반사스펙트럼의 대역폭 변화로 약 700°C 부근까지는 반사스펙트럼의 대역폭 변화는 크지 않으나, 그 이상의 온도에서는 대역폭이 급격히 감소함을 알 수 있다. 그림 4는 가열시간에 따른 정규화 굴절률 차의 변화로써, 가열시간에 따라 500°C 이상에서는 굴절률 차가 감소함을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 고온에서 과장가변형 FBG 필터의 온도 특성을 수치해석을 통해 고찰하였다. 게르마늄 도핑된 실리카 파이버에서의 FBG 필터는 게르마늄-보론이 도핑된 FBG 필터에 비해 온도와 가열시간에 따른 변화가 크지 않아 온도의 변화에 더 안정함을 알 수 있다. 또한, FBG 필터의 격자길이가 10[mm] 인 경우 가열시간이 300시간 일 때, 가열온도가 500°C 이하에서는 두 가지 파이버 모두 온도의 변화에 대해 안정함을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] K. O. Hill, Y. Fujii, D. C. Johnson and B. S. Kawasaki, Appl. Phys. Lett., 62, 1035, 1993.
- [2] Andreas Othonos, Kyriacos Kalli, "Fiber Bragg Gratings Fundamentals and Application in Telecommunication and Sensing", 2001-ISBN 0-89006-344-3. and Reinhold Co., New York(1987).
- [3] Stephen R. Baker, Howard N. Rourke, Vernon Baker and Darren Goodchild, "Thermal Decay of Fiber Bragg Gratings Written in Boron and Germanium Codoped Silica Fiber," J. Lightwave Technol., vol. 15, pp. 1470-1477, 1997.
- [4] M. R. Shenoy, K. Thyagarajan, Vishnu and N. S. Madhavan, "Estimation of Characteristic Parameters of Fiber Bragg Gratings from Spectral Measurements," SPIE vol. 3666, pp. 94-99, 1999.