

편광 유지 광섬유 루프 미러를 이용한 광섬유 격자 온도 센서

Fiber Bragg grating temperature sensor using a polarization maintaining fiber loop mirror

정승환, 유봉안*, 이병호
 서울대학교 전기공학부
 byoungho@plaza.snu.ac.kr

광섬유 브래그 격자를 이용한 고정밀도 센서 시스템에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중에서 간섭 현상을 이용하는 방식이 일반적으로 가장 높은 민감도를 가진다고 할 수 있다⁽¹⁾. 그러나 간섭성을 이용한 interrogation 기법은 작은 온도 변화, 진동과 같은 외부 환경 변화에 매우 민감하다. 이 논문에서는 편광 유지 광섬유 (polarization maintaining fiber ; PMF) 루프 미러 (loop mirror)를 이용하여 안정하면서도 해상도가 좋은 온도 센서를 구현하였다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 센서 시스템의 실험 모식도이다. EDFA로부터 광결합기에 입사된 빛은 광결합기에 의해 시계 방향으로 진행되는 빛과 반시계 방향으로 진행되는 빛으로 나뉘고, 광결합기를 통해 나오는 빛의 세기는 두 빛의 위상차에 의존하며, 투과 빛의 세기는 다음과 같이 나타낼 수 있다⁽²⁾.

$$I = \frac{I_o}{2} \sin^2 \frac{1}{2} \Gamma = \frac{I_o}{2} \sin^2 \left[\frac{\pi(n_s - n_f)d}{\lambda} \right] = \frac{I_o}{4} (1 - \cos \Gamma) \quad (\Gamma = 2\pi(n_s - n_f)L / \lambda) \quad (1)$$

여기에서 Γ 는 루프 미러를 통과하면서 두 빛이 격해 되는 위상 지연이고, n_s 와 n_f 는 각각 slow축과 fast축을 진행하는 빛이 느끼는 굴절률이다. PMF에서의 위상 지연 (phase retardation)이 약간의 hysteresis만 제외하면 온도에 비례하는 것은 알려져 있다⁽³⁾. 그런 현상을 이용하여 hysteresis를 제거한 위상 지연 정도를 알아 내면 그것을 이용한 온도 센서를 구성할 수 있다. 온도가 높아지면 그림 2에서처럼 Γ 가 증가하여 투과 파형의 중심 파장은 단파장 쪽으로 이동하게 된다. 따라서 그림 1에서의 광다이오드 (photodiode) PD2의 측정값은 증가하고, PD1의 측정값은 감소하게 된다. 반대로 온도가 낮아지면 PD1의 측정값은 증가하고, PD2의 측정값이 감소하게 된다. 광대역 광원 (Broadband source)의 세기 변화 (intensity fluctuation)를 상쇄시키기 위해 루프 미러의 투과단 (transmission end)과 반사단 (reflection end)의 세기를 감쇠기 (attenuator)로 일정하게 맞춘 다음 비를 구하고 그 값을 통하여 온도의 변화를 구하였다. 그림 3은 온도 변화에 따른 투과 스펙트럼의 중심 파장 변화를 나타낸 그림이다. PMF의 길이 에 따라 온도의 민감도가 변하는데, PMF의 길이를 1.1 m로 맞추었을 때의 해상도는 0.01 °C 미만이었다.

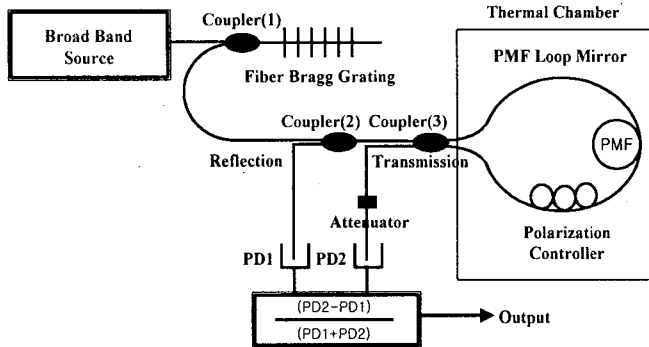


그림 1. 실험 모식도

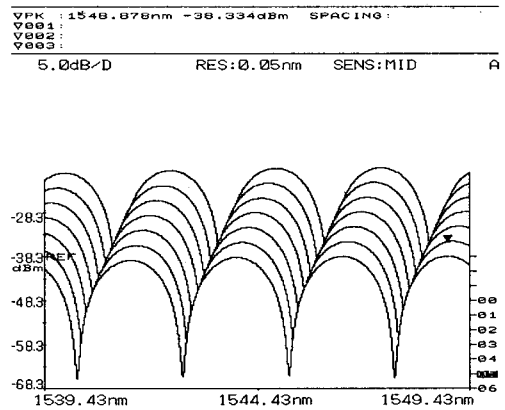


그림 2. 온도를 높임에 따라 투과 스펙트럼의 중심 파장이 이동하는 그림 (35.9° C~36.9° C)

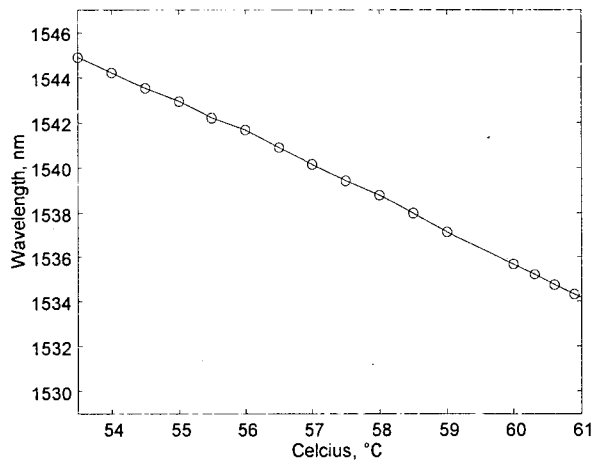


그림 3. 온도 변화에 따른 투과 스펙트럼의 중심 파장 변화

참고문헌

- [1] A. D. Kersey, T. A. Berkoff, and W. W. Morey, "High-resolution fibre-grating based strain sensor with interferometric wavelength-shift detection," *Electron. Lett.*, vol. 28, no. 3, pp. 236-238, 1992.
- [2] X. P. Dong, S. Li, K. S. Chiang, M. N. Ng, and B. C. B. Chu, "Multiwavelength erbium-doped fiber laser with a high-birefringence fiber loop mirror," *CLEO 2000*, p. 547.
- [3] T. Ito, "Thermal hysteresis of phase retardation in polarization maintaining optical fibers," *J. Lightwave Technol.*, vol. 12, pp. 1343-1347, 1994.