

# 편광 유지 광섬유 루프 미러를 이용한 다중화된 광섬유 격자 센서 시스템

## Multiplexed fiber Bragg grating sensor system using a polarization maintaining fiber loop mirror

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

광섬유 브래그 격자를 이용한 고정밀도 센서 시스템은 불균형(unbalanced) 마하 켄더 간섭계를 이용한 interrogation 기법을 많이 사용하고 있다<sup>(1,2)</sup>. 그러나 간섭성을 이용한 interrogation 기법은 작은 온도 변화, 진동과 같은 외부 환경 변화에 매우 민감하다. 이 논문은 불균형 마하 켄더 간섭계 대신 편광 유지 광섬유 (polarization maintaining fiber ; PMF) 루프 미러(loop mirror)를 이용한 interrogation 시스템을 구현하였다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 센서 시스템의 실험 모식도이다. PMF 루프 미러는 하나의 편광 조절기와 50:50 광결합기, 그리고 5m의 PMF로 구성된다. EDFA로부터 광결합기에 입사된 빛은 광결합기에 의해 시계 방향으로 진행되는 빛과 반시계 방향으로 진행되는 빛으로 나뉘고, PMF를 통과한 양방향 빛은 광결합기에서 다시 합쳐지고 간섭을 일으킨다. 광결합기를 통해 나오는 빛의 세기는 두 빛의 위상차에 의존하며, 마하 켄더 간섭계와 같은 필터 특성을 가지는 comb-like 필터이다. 투과 peak 사이의 파장 간격은 다음과 같다<sup>(3)</sup>.

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2|n_s - n_f| L_{PMF}} \quad (1)$$

여기에서  $L_{PMF}$  는 편광 유지 광섬유의 길이이고,  $n_s$ 와  $n_f$ 는 각각 slow축과 fast축을 진행하는 빛이 느끼는 굴절률이다. 사용된 광섬유 브래그 격자들은 중심파장이 각각 1543.7nm, 1546.45nm, 1549.44nm, 1556.14nm이고 3dB 선폭이 0.4nm, 반사율이 25dB 이상이었다. 광섬유 격자의 중심 파장을 comb-like 필터의 오르막 경사의 중심에 맞추면, 스트레인이 그 격자에 인가되면서 중심 파장이 장파장으로 이동하게 되고 광검출기 (photodetector)의 신호 또한 커지게 되고, 그림 1과 같이 Fabry-Perot 필터 (FPF)로 스캔했을 때 시간 축에서 오른쪽으로 이동하게 된다. 만약 격자의 중심 파장이 간섭 패턴의 내리막 경사의 중심에 맞추어 졌다면, 스트레인이 가해지면서 광검출기의 신호가 작아진다.

그림 1에서 FPF 스캐닝을 사용한 이유는 다중점(multi-point) 측정을 위한 것이다. 그러면 각 센서 array는 파장에 따라 시간 축 상에 순서대로 배열되게 된다. 이것은 edge filter를 사용한 일반적인 센서와 비교할 때, 큰 장점이라고 할 수 있다. 각 채널의 파장을 광검출기 신호의 크기로 알아낼 수 있고, 반사 peak의 위치를 측정함으로써 파장을 알아낼 수도 있다. 이러한 intensity-based demodulator의 분해능은 간섭 패턴의 안정도와 큰 관련이 있는데, 외부 환경 변화에 대한 보호 장치 없이 측정된 파워

변화가 30분동안 0.2dB였다. 외부 환경 변화에 따른 파워 fluctuation은 하나의 격자를 reference로 이용함으로써 제거할 수 있다. Comb-like 필터의 peak 물간의 간격은 1.665nm였고, peak과 notch의 차이는 20.2dB였다.

그림 3은 광섬유 격자 중 하나에 0 $\mu$  strain, 40 $\mu$  strain, 80 $\mu$  strain을 가했을 때 data aquisition board를 이용해 정적 스트레인을 측정 한 결과이다. 이론적인 측정 최소 단위는 0.02  $\mu$  strain이고, 고속 동적 스트레인도 측정 가능하다.

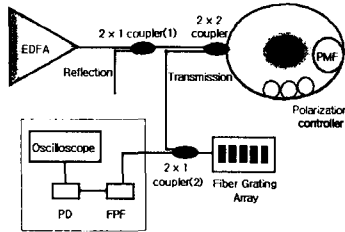


그림 1 실험 구성도

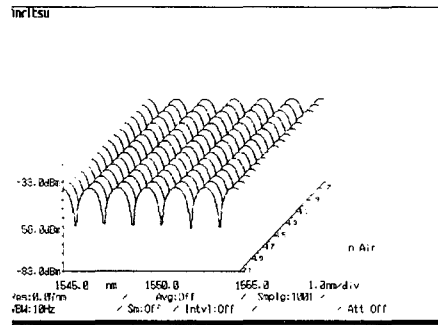


그림 2 (a) 루프 미러의 투과 스펙트럼 반복 스캔



그림 2 (b) PD 신호와 FPF scan 전압

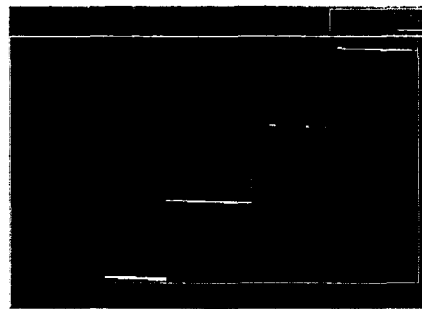


그림 3 DAQ board를 이용해 정적 스트레인을 측정 한 결과

### 참고문헌

- [1] A. D. Kersey, T. A. Berkoff, and W. W. Morey, Multiplexed fiber Bragg grating strain-sensor system with a fiber Fabry-Perot wavelength filter, *Opt. Lett.*, **18**, 1370, (1993).
- [2] A. D. Kersey, T. A. Berkoff, and W. W. Morey, High-resolution fiber-grating based strain sensor with interferometric wavelength-shift detection, *Electron. Lett.* **28**, 236, (1992).
- [3] X. P. Dong, Shenping 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*, 547.