

# WDM용 파장가변 간섭필터의 연구

## (Tunable interference filter for WDM system)

윤지욱\*, 예윤혜  
 경희대학교 전자공학과  
 deanyoun@hanmail.net

### I. 서론

파장 가변형 필터는 파장분할 다중화 광통신(WDM)<sup>1,2</sup>, 광섬유 Bragg회절 격자형 센서, 광주파수 분할 다중 통신(OFDM) 등을 구현하기 위한 핵심소자이다. 파장 가변형 필터를 크게 능동형과 수동형으로 나눌 때 광섬유 증폭기와 양자우물 레이저 다이오드 증폭기와 같은 능동형 필터는 구조가 복잡하여 안정성이 떨어질 뿐만 아니라 가격 또한 비싸므로 수동형 필터가 주로 이용되고 있다. 수동형 필터로는 회절격자, PZT와 광섬유 Fabry-Perot(FP)필터의 조합, 액정이나 강 유전체와 FP필터의 조합, ZnS를 이용한 온도 조절형 필터 등이 있으며, 이들 중 FP간섭형 필터는 구조가 간단하고 분해능이 아주 높은 특징이 있다. FP간섭형 광섬유 필터의 FSR이 100nm이하가 되게 하기 위해서는 두 거울사이의 간격을 10 $\mu$ m이상으로 유지하여야 하나 이 경우 회절손실 때문에 요구되는 특성의 필터를 얻을 수 없다.<sup>3</sup> 따라서 수신측 거울의 단면을 오목거울로 가공한(CSMF)구조를 택함으로써 FP형 간섭 필터를 이루는 두 거울의 간격을 10 $\mu$ m이상으로 유지하면서도 요구되는 특성의 필터를 구현하고자 하며, 목표로 하는 필터의 특성은 통과 대역(BW) 1nm이하, 3dB 이하의 삽입손실, 100nm정도의 FSR, 그리고 F(finesse)는 100이다.<sup>4</sup>

### II. SMF-CSMF 구조의 간섭계

FP간섭계의 수신측 거울에 적당한 곡률을 가하여 공극 거리의 증가에 의한 회절손실을 줄일 수 있으며, 이 구조를 그림 1에 나타내었다.<sup>5,6</sup> 그림 1에서 SMF는 입사측 단일모드 광섬유를 말하며, CSMF는 곡면 가공된 수신측 단일모드 광섬유를 말한다. 수신측 광섬유상의 거울의 곡률이 거울에 입사하는 Gaussian빔의 곡률과 일치할 경우 입사파와 반사파의 파면은 거울과 일치하게 되어 반사파는 입사파와 동일한 경로를 따르게 되고, 따라서 공극 거리 증가에 따른 빔 폭의 증가를 상쇄시켜 회절손실을 줄일 수 있다.

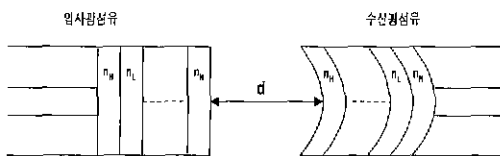


그림 1. SMF-CSMF형 간섭계

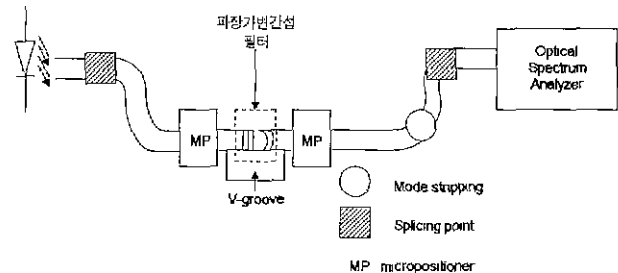


그림 2. 파장가변 간섭필터의 실험장치

### III. 실험

파장 가변형 FP간섭필터를 구현하기 위한 실험 시스템은 오목하게 가공된 광섬유, 가공을 하지 않은 평면의 광섬유, LED광원, 마이크로포지셔너, 그리고 스펙트럼 분석기를 이용하여 그림 2와 같이 구성하

였다. FP간섭계를 구성하고 있는 두 거울사이의 공극 거리를 미세하게 조정하기 위해서 SMF와 CSMF에 마이크로포지셔너를 부착하였으며 두 광섬유에는 1.52  $\mu\text{m}$  파장에서 광섬유 단면의 반사율이 각각 97% 이상이 되도록 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub>의 순서로 총 15층을 코팅하였고 각 층의 두께는 필터의 중심 통과파장인 1.52  $\mu\text{m}$ 의 1/4로 하여서 electron beam evaporator를 이용하여 유전체 다층막을 코팅하였다. 코팅막의 반사율은 1621nm, 1541.6nm, 1489.5nm에서 각각 92.5%, 97.73%, 98.64%로 측정되었다. 파장가변형 FP간섭필터를 이루는 두 광섬유 사이의 간격은 22  $\mu\text{m}$ 로 구성하였으며, 클래딩 모드는 스펙트럼 분석기와 연결되어지는 광섬유를 mode stripping하여 제거하였다. 제작된 파장가변형 FP간섭필터의 FSR과 FWHM을 측정된 결과를 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 제작된 필터의 FSR은 52.1nm, FWHM은 1.466nm로 측정되었다. 따라서 측정된 FSR과 FWHM을 이용하여 계산한 finesse는 약 35.5로 나타났고 필터에 의한 손실은 파장 1489.5nm, 1541.6nm에서 각각 5.6dB, 10.1dB로 측정되었다.

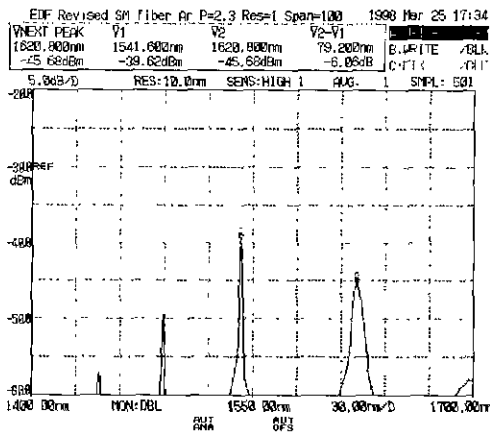


그림 3. 필터의 FSR

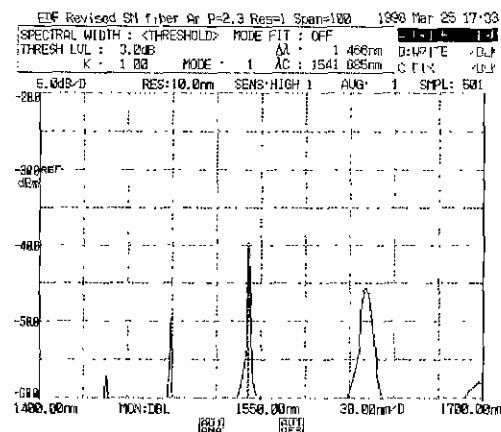


그림 4. 필터의 FWHM

#### IV. 결론

본 논문에서는 파장가변형 광섬유 간섭형 필터 중에서 가장 우수한 성능을 갖는 것으로 알려진 FP공진기형 필터를 별도의 추가부품을 사용하지 않고도 WDM 통신 시스템용으로 적합한 성능으로 값싸게 제작하기 위한 실험 연구로 진행되었으며, 새로운 SMF-CSMF구조를 채택함으로써 회절손실을 줄이기 위한 별도의 부품을 사용하지 않고도 V-groove를 이용한 단순 정렬만으로도 10  $\mu\text{m}$ 이상의 공극거리에서 요구되는 특성의 필터를 제작하는 것이 가능함을 보였다. 제작된 필터의 특성은 FSR, BW, Finesse, 그리고 삽입손실이 각각 52.1nm, 1.466nm, 35.5, 5.6dB로서 응용분야에서의 요구성능에 비해 다소 떨어지나 곡면가공 및 코팅공정을 개선함으로써 실제로 적용 가능한 광섬유 필터를 제작할 수 있음을 보였다.

#### V. 참고문헌

- 1 John P. Power, "An Introduction to fiber optic systems", Richard D. Irwin, 1993.
- 2 Neal S. Bergano, "WDM in Long-Haul transmission systems", J. Lightwave Tech., 14, pp. 1299, 1996.
- 3 D. Marcuse and J. Stone, J. Lightwave Tech., 4, pp. 377, 1986.
- 4 Micro Optics Inc., "Tunable fiber Fabry-Perot filter".
- 5 예운해, "파장가변 광섬유 간섭필터 연구개발", 연구보고서, 경희대학교 1995.
- 6 김종호, 예운해, "Fabry-Perot필터에서 광섬유 단면의 모양과 배치에 따른 결합손실 변화", 연구논문, 한국광학회지, 8, 1997.

