

## 방향성 가변결합 구조의 음향파 도파로를 이용한 음향광학형 파장가변 필터에 관한 연구

### A Study on the Acousto-Optical Wavelength Tunable Filters Utilizing a SAW Guide Variable Directional Coupler

정기조, 임경훈, 정홍식  
홍익대학교, 전자전기컴퓨터공학부  
hsjung@wow.hongik.ac.kr

파장 가변형 광 필터와 파장 선택형 광 스위치는 파장분할다중 광통신 및 광 교환 시스템을 구현하는데 매우 중요한 소자들 중의 하나이다. 특히 음향광학효과를 이용한 파장 가변형 광 필터(AOTF: Acousto-Optic Tunable Filter)는 150nm 이상의 넓은 파장 가변범위, 1.5nm이하의 좁은 통과대역폭, 수  $\mu\text{s}$  정도의 비교적 빠른 스위칭 속도 그리고 여러 개의 파장 채널을 동시에 선택할 수 있는 장점들을 가지고 있지만, 한편으로 표면 음향파(SAW: Surface Acoustic Wave) 구동에 필요한 RF 파워와 부 모드(sidelobe)가 비교적 크다는 단점 때문에 실용화에 많은 제약을 받아왔다.<sup>(1)</sup>

본 연구그룹은 구동파워와 부 모드레벨을 줄이기 위해서 음향파 도파로의 방향성 결합형 가중결합(weighted coupling) 원리를 이용하여 AOTF를 제작하여 이미 발표한바 있다.<sup>(2)</sup> 본 논문에서는 부 모드를 추가 억제시키기 위한 구조로 그림 1과 같은 방향성 가변결합 구조의 음향파 도파로(SAW guide)를 이용하여 AOTF를 제작하였다. 제작공정은 다음과 같다. X-cut LiNbO<sub>3</sub>에 magnetron sputter로  $\sim 1600$  Å Ti을 증착한 다음 그림 1에 나타난 구조와 같이 음향파 장벽의 폭은  $150\mu\text{m}$ , 장벽간의 간격은  $110\mu\text{m}$  그리고 두 음향파 도파로간의 초기 간격은  $70\mu\text{m}$ 로 패턴을 형성하고,  $1050^\circ\text{C}$  온도에서 24시간 동안 wet-O<sub>2</sub> 분위기에서 확산하여 음향파 도파로를 제작하였다. 이어서  $\sim 1000$  Å Ti을 음향파 도파로가 제작된 기판 위에 다시 증착한 다음  $8\mu\text{m}$  폭의 Ti 채널 패턴을 형성하여, 다시  $1050^\circ\text{C}$ , wet-O<sub>2</sub> 분위기에서 8시간 동안 확산시켜  $1550\text{nm}$  파장대역에서 단일모드 특성을 나타내는 채널형 광도파로를 음향파 도파로 안에 형성하였다. 이어서 입사 및 출력 단면을 optical grade 수준으로 연마하였다. 최종적으로 주기개수  $N=20$ , 개구면 간격  $120\mu\text{m}$ , 주기  $\Lambda=21.2\mu\text{m}$  구조를 갖는 IDT(Inter Digital Transducer) 전극을 NiCr으로 제작하였다. 제작된 소자의 현미경 표면 사진은 그림 1과 같다.

모드 변환이 최대가 되는 RF 구동 주파수로부터  $\pm 2\text{MHz}$  범위의 주파수를 변화시키면서 각 모드 파워를 측정하였다. 그림 2는  $1551.1\text{nm}$  파장을 갖는 TE 입사 편광모드에 대해서 SAW의 주파수를 변화시키면서 측정한 모드변환 특성을 나타낸 것이다. 중심 주파수  $173.58\text{MHz}$ , RF 구동파워  $35\text{mW}$ 에서 61%의 변환 효율이 측정되었다. 이때 가장 큰 부 모드 레벨은  $-14.29\text{dB}$ 로 측정되었다. 방향성 결합 구조의 SAWG를 갖는 AOTF에서 보여준  $-12.68\text{dB}$ 의 부 모드 레벨을  $1.61\text{dB}$  추가로 억제하였지만, 모드 변환 효율은 좋지 않은 것으로 측정되었다.<sup>(2)</sup> 또한 통과대역폭(FWHM)도  $340\text{kHz}(3.04\text{nm})$ 로 넓게 측정되었다. 한편 그림 3은 TM 입사 편광모드에 대해서 SAW의 주파수를 변화시키면서 측정한 모드변환 특성을 나타낸 것이다.

중심 주파수는 173.58MHz, RF 구동파워는 35mW에서 86%의 변환 효율이 측정되었다. 이때 가장 큰 부 모드 레벨은 -14.99dB로 측정되었다. 이 역시 방향성 결합 구조의 SAW를 이용한 AOTF로부터 측정된 -12.97dB의 부 모드를 2.02dB 추가로 억제시킬 수 있었으며, 모드 변환 효율도 비교적 양호하게 측정되었다. 이 때 통과대역폭(FWHM)은 210kHz(1.88nm)로 측정되었다. 그림 4는 TM 입사모드에 대해서 RF 주파수 변화에 따라 모드변환이 최대가 되는 파장의 변화를 측정한 결과로 기울기에 해당하는 Tuning Rate가 8.62(nm/MHz)로 측정되었다. TM 모드 입사시 17.78mW의 RF 구동파워에서 90% 모드 변환되는 조건에서 스위칭 스피드를 그림 5와 같이 측정되었다. 이 때 역시 상승시간을 steady state의 90%에 도달하는 데에 걸리는 시간으로 오실로스코프를 조정하였고, 상승시간의 평균치가 2.82 $\mu$ s로 측정되었다.

<참고 문헌>

1. 임경훈, 정홍식, "LiNbO<sub>3</sub>의 음향광학효과와 음향파 장벽을 이용한 편광모드 변환형, 파장가변 광 필터에 관한 연구", 한국광학회지, Vol. 11, 6월 (2000).
2. 임경훈, 정홍식, "방향성 결합구조의 음향파 도파로를 이용한 음향광학형 파장가변 광 필터의 부모드 억제에 관한 연구", 한국광학회지, Vol. 11, 12월 (2000).

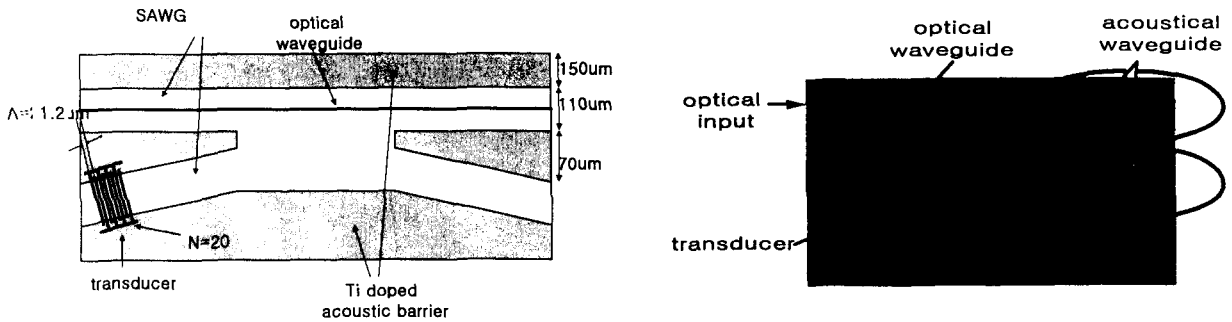


그림 1. 방향성 가변결합형 음향파 도파로를 이용한 AOTF의 설계 구조 및 표면 현미경 사진

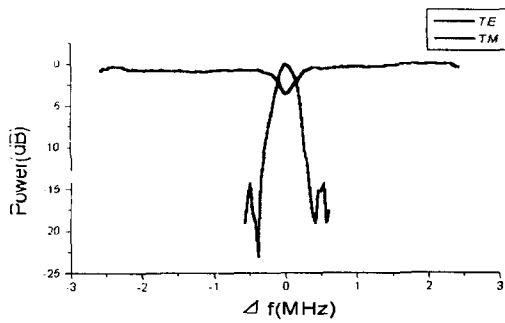


그림 2. TE →TM 모드변환 특성

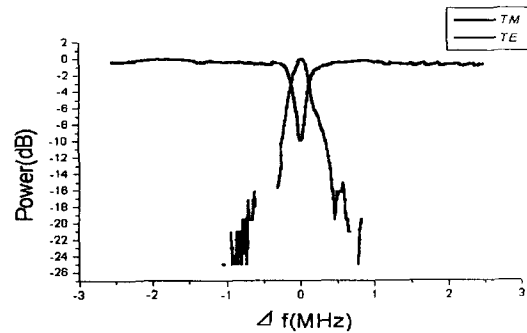


그림 3. TM→TE 모드변환 특성

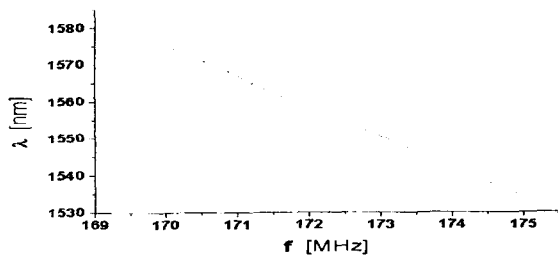


그림 4. Tuning Rate

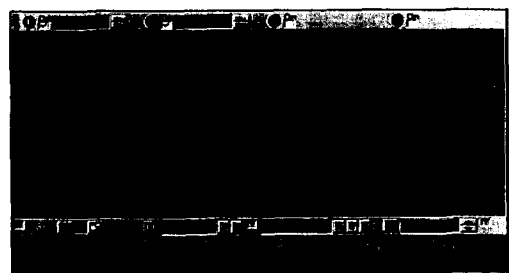


그림 5. 스위칭 스피드