

Ti strip 너비에 따른 Ti:LiNbO₃ 광도파로에서의 도파특성변화 Measurement of Propagation Property in Ti:LiNbO₃ Optical Waveguides

김우경*, 장현수**, 허현*** 이승태****, 박우정**, 양우석*****, 이한영*****
서울시립대학교*, 성균관대학교**, 순천청암대학*** 단국대학교****, 전자부품연구원*****

e-mail : openprince@hotmail.com

Ti:LiNbO₃ 광도파로는 확산형 도파로이기 때문에 그 도파특성이 확산공정 조건에 크게 의존할 뿐만 아니라 굴절을 분포를 모델링하기가 어렵다. 이러한 이유로 설계된 Ti:LiNbO₃ 광도파로의 특성은 실제 제작된 소자와 큰 차이를 보이는 경우가 많은데, 이를 개선하기 위해서는 각 공정파라미터에 따른 도파특성의 변화를 파악하는 작업이 우선적으로 수행되어야 한다.

본 논문에서는 서로 다른 너비를 갖는 Ti strip을 동일한 확산조건에서 확산시킨 후 제작된 광도파로의 도파손실 및 모드패턴을 측정하였다. 이는 파이버와의 결합손실을 고려하여 최소의 삽입손실을 갖는 최적의 광도파로를 도출하기 위함이며, 공정조건은 표 1과 같다.

표 1. 제작된 광도파로의 공정조건

기판의 종류	Ti 너비	Ti 두께	확산 온도	확산 시간	확산 분위기
z-cut LiNbO ₃	4.5-8.5 μm	1000 Å	1060℃	9hour	wet O ₂

본 논문에서는 광도파로의 도파손실 측정은 fabry-perot 공진을 이용한 측정 시스템을 통해 수행되었다. LiNbO₃기판에 열진달을 통해 도파광의 위상변화를 일으켜 출력파형을 검출한 후 이로부터 도파손실을 산출해 낼 수 있었다⁽¹⁾. 도파손실의 측정은 TM 모드에 한해 측정되었으며, 광원은 1.55μm 파장을 갖는 Laser가 사용되었다.

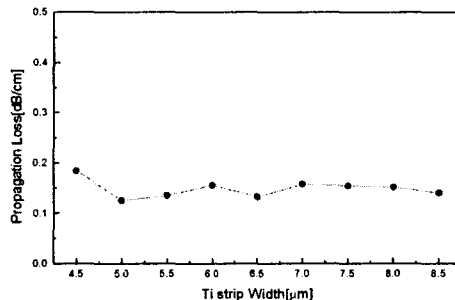
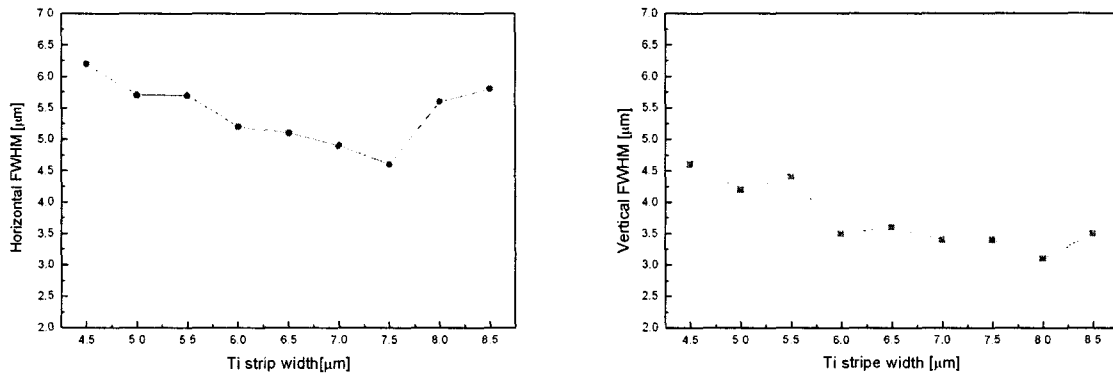


그림 1. Ti strip width 변화에 따른 도파손실의 변화(TM mode)

그림 1은 Ti strip width 변화에 따른 도파손실의 변화를 도시한 것이다. Ti strip width가 줄어들면 weakly guiding의 영향으로 도파손실이 커질 것으로 예상하였으나 그러한 추이는 나타내지 않는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상으로 볼 때, 도파광의 confinement보다는 확산공정상에서 발생하는 도파로 표면의 잔여물 또는 패턴의 불균일성이 의한 제작된 광도파로에서의 도파손실에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 추정된다.

제작된 도파로의 모드 패턴을 측정하기 위해 IR camera를 이용하여 도파모드의 FWHM(Full Width at Half Maximum)을 산출하였다. 이때 광원은 도파로내에서의 반사파에 의한 간섭성을 최소화하기 위해 incoherent source를 사용하였으며, laser의 파장은 $1.55\mu\text{m}$ 이다.



(a) Horizontal FWHM

(b) Vertical FWHM

그림 2. Ti strip width 변화에 따른 도파모드의 FWHM (TM mode)

그림 2는 Ti strip width 변화에 따른 도파모드의 FWHM을 측정한 결과로 그림 2(a)는 Horizontal FWHM을, 그림 2(b)는 Vertical FWHM을 각각 도시한 것이다. Ti strip width가 커질수록 FWHM이 감소하는 추이를 보이나, Horizontal FWHM의 경우 $7.5\mu\text{m}$ 를 기점으로 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 Ti strip width가 $7.5\mu\text{m}$ 이상에서 좌우 대칭적인 1st 모드가 발생하여, FWHM의 증가를 일으킨 것으로 추정되며, vertical FWHM의 경우 이에 의한 영향이 상대적으로 적은 것을 알 수 있다.

측정 결과를 정리해 보면 Ti:LiNbO₃ 광도파로의 도파손실은 Ti strip의 width 보다는 공정조건에 의한 영향이 더 큰 것으로 사료되며, $5\sim 8.5\mu\text{m}$ 의 width에서 0.15dB/cm 이하의 도파손실을 나타내었다. 또한 width가 작을수록 도파광이 넓게 퍼진 형태로 도파됨을 알 수 있었으며, 측정결과는 광파이버와의 mode mismatch를 최소화하기 위한 Ti strip width를 결정하는 데 크게 기여할 것으로 보인다. 이러한 결과들은 차후 수행될 Ti 두께에 따른 실험결과와 더불어 straight waveguide의 설계 및 광파이버와의 결합손실을 최소화하기 위한 Tapered Waveguide의 설계에 매우 유용한 자료가 될 것으로 사료된다.

1 R. Regener and W. Sohler, "Loss in Low-Finesse Ti:LiNbO₃ Optical Waveguide Resonators", *Appl. Phys. B.* 36, 143-147 (1985)