

Ti:LiNbO₃ 광도파로 손실 및 모드 측정

Loss and mode measurement of Ti:LiNbO₃ optical waveguide

장현수*, 양우석**, 김우경***, 이승태****, 박우정*, 이한영**, 이경식*
 성균관대학교*, 전자부품연구원**, 서울시립대학교***, 단국대학교****
 e-mail : leosis@ece.skku.ac.kr

광도파로는 변조기, 스위치, 필터, 센서, 파장변환기 등 많은 분야에 응용이 되고 있다. 이러한 광도파로의 손실 측정 방법에는 프리즘 커플러를 이용하는 방법⁽¹⁾, fabry-perot 구조의 물질이 갖는 pyroelectric effect를 이용한 방법⁽²⁾, 도파로의 입출력단에 fiber를 커플링하여 측정하는 방법 등을 들 수 있다. 그러나, 프리즘 커플러를 이용한 방법은 미세패턴의 도파로 측정이 어렵고, pyroelectric effect를 이용하는 방법은 특정한 방향으로 도파되는 광의 측정이 불가능하며, 마지막으로 fiber 커플링 방법은 항상 같은 조건하에서의 손실 측정이 어려운 단점이 있다.

본 논문에서 제시하는 광도파로 손실 측정 방법은 외부로부터의 열전달을 통해 도파로 내의 굴절률 변화를 유발시켜 이때 측정되는 광도파로의 투과파워를 측정하여 도파로 손실계수를 구한다. 이 시스템은 일정한 결정 방향을 갖는 도파로에서의 fabry-perot 공진을 이용하여 전체 도파로 손실을 각각의 편광에 따라 측정할 수 있다.⁽³⁾ 또한, 이 시스템을 이용하여 투과되는 광의 모드 패턴을 측정할 수 있다.

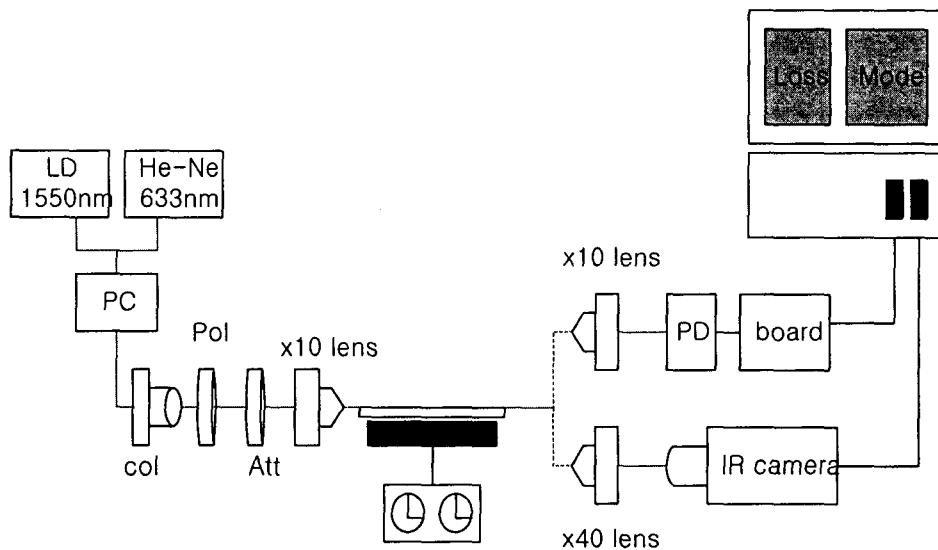


그림 1. 실험 setup (PC:polarization controller, col:collimator, Pol:polarizer, Att:attenuator, PD:photodiode)

그림 1은 실험 setup을 나타낸 것으로, 광원으로 LD를 이용하였고, He-Ne Laser는 광도파로에 광을 정렬시키기 위해 사용하였다. 광원에서 나오는 광은 렌즈를 이용하여 광도파로에 coupling시키고 광도파로를 통과한 광은 다시 렌즈를 통해 PD 또는 IR Camera로 입사된다.

본 연구에서는 z-cut의 폭 12 mm, 길이 45 mm, 두께 1 mm의 LiNbO₃ 결정 표면에 Ti를 확산시켜

8.5 μ m 폭의 광도파로를 제작하여 사용하였다. 손실 측정을 위해 PD를 이용하였으며 출력광의 모드패턴을 측정하기 위해서는 IR Camera를 이용하였다. 또한, 입력단의 편광기를 이용하여 TE 및 TM모드에 따른 도파로 특성을 관찰하였다.

그림 2는 광도파로의 TE 및 TM 모드의 투과 파워를 측정한 그래프이다. 측정된 손실계수는 TE 모드가 0.156dB/cm, TM 모드는 0.34dB/cm 이며 TM모드일 때 손실이 더 큰 것은 온도계수가 TE모드일 때보다 크기 때문이다. 도파로의 손실계수는 다음과 같은 식을 이용하여 계산한다.

$$\text{손실계수 } \alpha = 4.34 \frac{\ln \frac{R}{r}}{L} \quad [\text{dB/cm}] \quad (1)$$

여기서, 반사도 $R = \left(\frac{n_{eff}-1}{n_{eff}+1}\right)^2$, n_{eff} 는 도파로의 굴절률로 TE 모드는 2.11, TM 모드는 2.138이

다. 파워 감쇄 계수 $r = \frac{1-\sqrt{1-K^2}}{K}$, K는 투과파워의 가시도, L은 도파로의 길이를 의미한다.

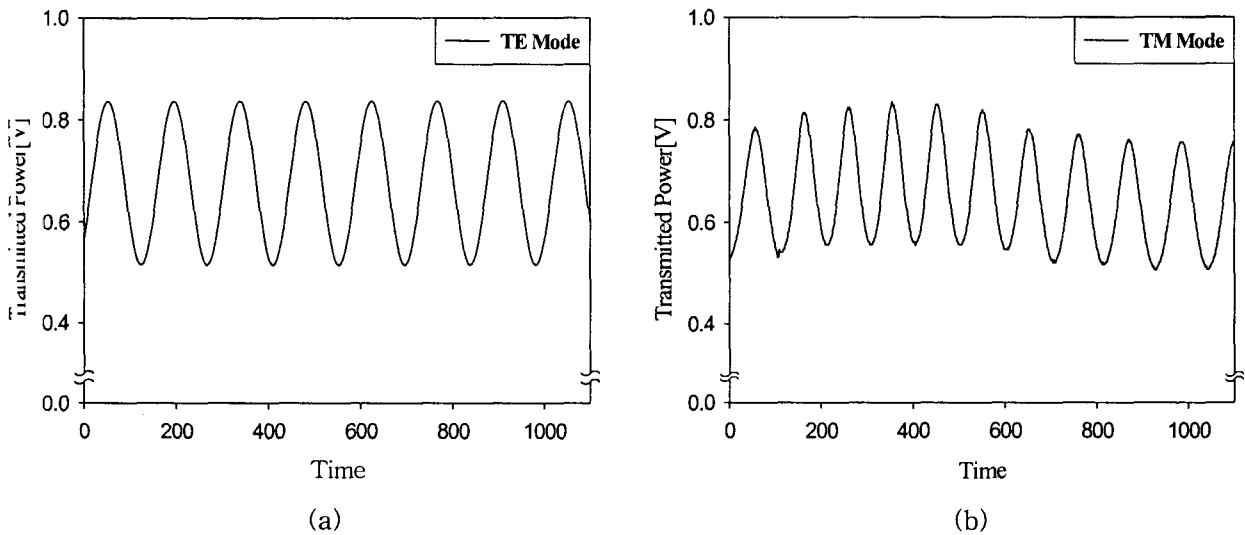


그림 2. TE 모드(a)와 TM 모드(b)의 시간에 대한 transmitted power

본 논문에서는 Ti:LiNbO₃ 광도파로 손실 측정방법을 제시하고 TE 모드와 TM 모드 각각에 대한 손실계수를 실험을 통해 구하였다. 이번에 제시한 방법은 도파로의 손실 측정에 재현성이 있으며, 손실 계수가 단위길이당 dB값으로 계산되기 때문에 도파로를 각각의 길이로 자르지 않고도 손실 계수를 구할 수 있는 장점이 있다.

1. W. Sohler, H. Suche, Wave Electronics 3, 269 (1979)
2. K. H. Haegele, R. Ulrich, "Pyroelectric loss measurement in Ti:LiNbO₃ guides", Opt. Lett. 4, 60-62 (1979)
3. R. Regener and W. Sohler, "Loss in Low-Finesse Ti:LiNbO₃ Optical Waveguide Resonators", App. Phys. B. 36, 143-147 (1985)