

테라헤르츠 주파수 영역에서 광결정 소자의 광학적 특성 연구

Optical characteristics of photonic crystal device in THz frequency

김상인^{*1} 황보창권¹ 이광수² 이건준² 이영백² 오승재³ 손주혁³
¹인하대학교 물리학과 ²한양대학교 물리학과 ³서울시립대학교 물리학과

테라헤르츠(THz) 파는 0.1 ~ 10 THz의 주파수를 가진 전자기파로서 스펙트럼 상에서 볼 때 적외선과 마이크로파사이에 위치하고 있으며 ($1 \text{ THz} = 300 \mu\text{m} = 4.14 \text{ meV} = 33.3 \text{ cm}^{-1}$), 실제 응용 가능한 소자를 찾고, 이를 이용한 THz 광학기에 관한 연구가 최근 활발한 편이다. THz 영역에 대한 많은 연구가 이처럼 행해지고 있지만 THz 기술의 개발은 일천하며 잠재적인 수많은 응용분야가 있음에도 불구하고 그 사용이 제한되어 왔다. 그 주된 이유는 효율이 좋으면서도 간편한 THz 광원의 부재와 도파로나 공진기, 필터 같은 수동소자의 부재이다. 따라서 이런 광원과 소자들을 개발하는 것은 THz 기술에 필수적이다. THz 대역의 수동소자들은 THz 신호를 이용한 회로를 구성하게 되고, THz 신호를 전달하기 위한 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 광결정을 이용하여 특정 주파수를 반사시키는 소자를 제작하였고, 광학적 특성을 평가하였다.

THz 수동소자는 FDTD 방법을 이용하여 설계하였으며, THz 주파수 영역에서의 GaAs 웨이퍼와 실리콘 웨이퍼의 광학 상수는 THz 시영역 분광법을 이용하였다. hole의 지름은 $50 \mu\text{m}$, 주기는 $75 \mu\text{m}$ 일 때 그림 1 과 같이 GaAs 웨이퍼는 0.92 THz에서 0.98 THz인 지점과 1.28 THz에서 1.4 THz인 지점 사이에 band gap이 형성되었고 Si 웨이퍼는 0.96 THz에서 1 THz인 지점과 1.4 THz에서 1.48 THz인 지점 사이에 band gap이 형성되는 것을 볼 수 있었다.

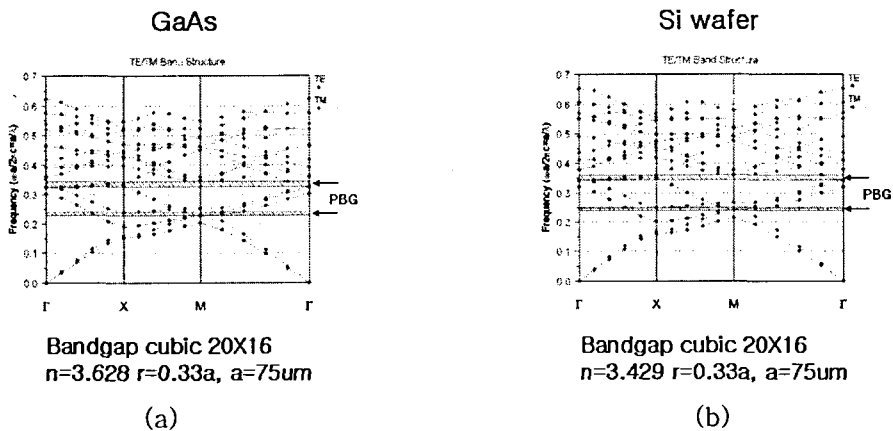


그림 1 GaAs 웨이퍼(a) 와 실리콘 웨이퍼(b) 의 band structure

2차원 광결정은 중심 파장이 800 nm이고, 평균 파워가 800 mW, 반복률 1 kHz, 펄스폭이 150 fs인 Ti:Sapphire 레이저를 사용하여 제작하였고, 레이저 파워와 노출 시간에 변화를 주어 hole 지름을 변화

시켰다. GaAs 웨이퍼는 150mW의 파워와 노출 시간 60초로 20×16 pattern으로 광결정을 제작하였고, 실리콘 웨이퍼는 200mW의 파워와 노출 시간 60초로 20×16 pattern으로 광결정을 제작하였다. 제작된 광결정이 특정 주파수를 반사시키는 것을 확인하기 위해 시영역 분광법을 이용하였다. 그 결과 그림 2를 보면 광결정을 제작한 GaAs 웨이퍼와 GaAs 웨이퍼 자체를 비교한 결과 0.935~1.023 THz와 1.315~1.403 THz영역에서 THz파가 투과되지 않는 것을 측정하였다.

그림 3을 보면 광결정을 제작한 실리콘 웨이퍼와 실리콘 웨이퍼 자체를 비교한 결과 0.967~1.025 THz와 1.406~1.494 THz영역에서 THz파가 투과되지 않는 것을 측정하였다. 이러한 결과로부터 GaAs와 실리콘 광결정이 THz 파의 수동소자로 사용될 수 있을 것으로 보인다.

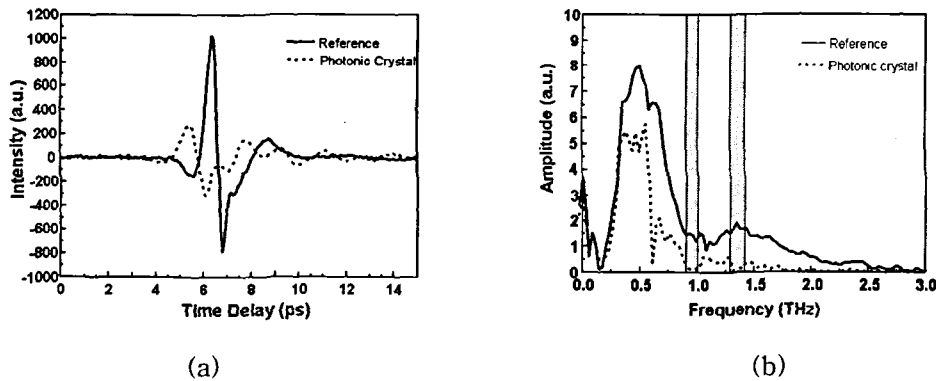


그림 2 GaAs 광결정의 (a) 시간 영역에서의 THz 전자기파 강도 (b)THz 주파수 영역에서의 진폭

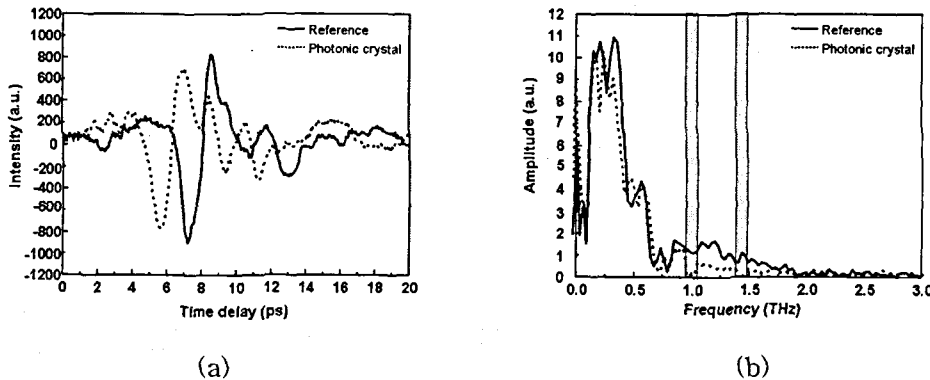


그림 3 실리콘 광결정의(a) 시간 영역에서의 THz 전자기파 강도 (b)THz 주파수 영역에서의 진폭

TP