

GaAs의 2광자 여기된 자유전하 흡수 단면적의 빔세기 의존성 연구

Study of the dependence of two-photon-absorption generated free carrier absorption cross-section in GaAs

김상천, 장준영, 전성만, 박승한
연세대학교 물리학과
kimsc@phya.yonsei.ac.kr

본 실험에서는 수 MW/cm^2 의 매우 낮은 영역의 세기에서 순수한 GaAs의 bulk에 대하여 실험한 결과 비선형 흡수가 나타남을 관찰 하였으며, 더불어 자유전하 흡수 계수를 여러 가지 세기의 빛에서 측정된 결과 자유전하 흡수 단면적이 빛의 세기에 따라 변화하는 것을 관찰하였다.⁽¹⁾

GaAs의 굴절률이 3.6으로 매우 커서 Fabry-Perot 효과가 나타나므로 시료의 한쪽 면을 SiN로 무반사 코팅을 하여 실험 하였다. GaAs의 표면은 쉽게 레이저 빛에 의해 손상을 입는 것을 고려하여 같은 자리에서 여러 번의 실험을 하여 같은 결과가 나오는 것을 확인하여 실험 결과를 얻었다. 사용된 레이저는 Nd:YAG 레이저로서 $1.064 \mu\text{m}$ 의 파장에서 7 나노초의 펄스를 방출한다. 빛의 세기는 편광기와 half wave plate를 이용하여 변화 시켰다.

GaAs의 시료가 $500 \mu\text{m}$ 로 주어진 system에서 thin sample condition을 만족하지 못한다. 따라서 본 실험에서는 시료 내부에서의 전기장 분포를 split-step BPM algorithm을 이용하여 구하였다⁽²⁾.

나노초 영역에서의 z-scan data를 분석하기 전에 시료의 이광자 흡수 계수를 측정하기 위하여 40 피코초의 같은 파장의 레이저 펄스를 이용하여 open z-scan 결과를 얻었다. 그 결과로 이광자 흡수 계수를 곡선맞춤을 통하여 찾아낸 후 그 결과를 나노초의 z-scan 결과를 분석하는 데 이용하였다.

그림 1은 40 피코초의 레이저 펄스를 이용하여 실험한 open aperture z-scan 결과로서 레이저의 첨두 파워가 각각 0.12, 0.16, 0.23 (GW/cm^2)인 경우에 대하여 얻은 결과로서, 이론 곡선 맞춤을 통하여 이광자 흡수계수 값을 1.5×10^{-2} , 1.6×10^{-2} , $1.6 \times 10^{-2} \text{ cm}/\text{MW}$ 로 얻었다.

그림 2는 첨두 파워가 $32.7 \text{ Mw}/\text{cm}^2$ 이고 레이저 펄스 폭이 7 나노초인 광원으로 동일한 시료에 대해 z-scan 실험을 한 결과이다. 얻은 실험 결과를 전산 시뮬 결과와 맞추어 본 결과 자유전하운반자의 흡수 단면적은 $\sigma_{\text{ab}} = 1.1 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$ 이었으며 자유전하 운반자의 굴절을 변화 계수는 $\sigma_r = -7 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$ 였다. 그러나 본 실험에서 여러가지 세기에 대하여 동일한 실험을 수행한 결과 자유전하 운반자의 흡수 단면적과 굴절을 변화계수가 조사광의 세기에 대하여 그림 3과 같은 변화를 보였다. 이것의 원인 으로서는 생성된 자유전하들의 확산 운동에 기인하는 것으로 보여진다.

빔의 세기가 증가함에 따라 광축과 그 주변부에 생성된 자유전하의 밀도차이가 더욱 커지게 되는 데 이것은 확산 속도의 증가를 가져온다. 따라서 실제 레이저 빛과 상호 작용하는 자유전하의 개수가 확산이 없다고 가정할 때 보다 줄어드는 데 이것의 효과가 흡수단면적 및 자유전하 운반자의 굴절계수의 빔의

세기에 따른 감소를 일으키는 것으로 생각된다.

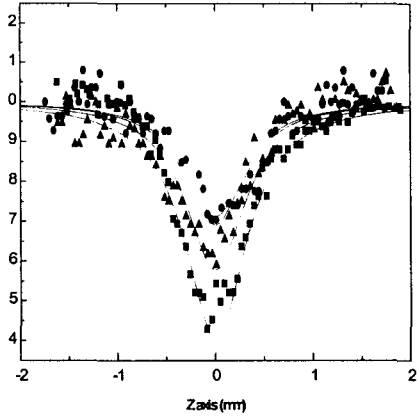


그림 1. picosecond open aperture z-scan data

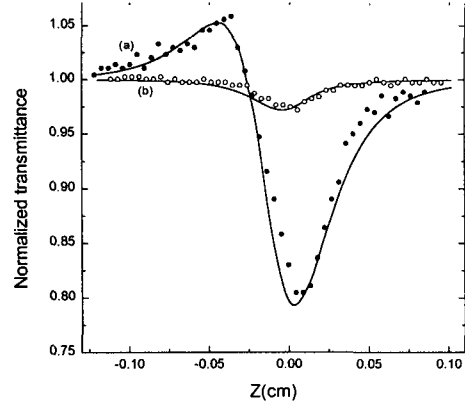


그림 2. nanosecond close and open aperture z-scan

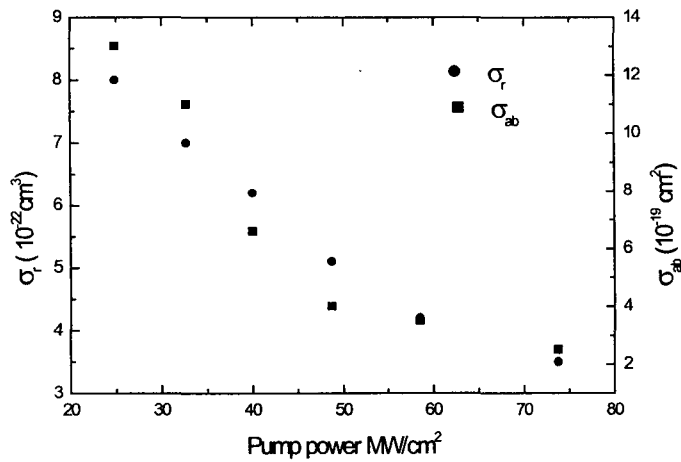


그림 3. 조사광 세기에 따른 자유전하 운반자 흡수 단면적 및 굴절 계수 변화

참고 문헌

1. K. H. Lee, W. R. Cho, J.-H. Park, J.-S. Kim, S.-H. Park, and U. Kim, Opt. Lett. 19, 1116 (1994).
2. S. Hughes *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B 12, 10,1888 (1995)