

TiO₂ 내에 함유된 은 나노 클러스터의 비선형 광 특성 연구Nonlinear optical properties of silver nano cluster embedded in TiO₂ matrix

지동명, 이건준*, 오차환, 송석호, 김필수, 이영백*,
A. Eremenko**, Y. Gnatyuk**, N. Smirnova**, G. Krylova**

한양대학교 물리학과, *한양대학교 양자 광기능 물성 연구센터

**Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences, Ukraine

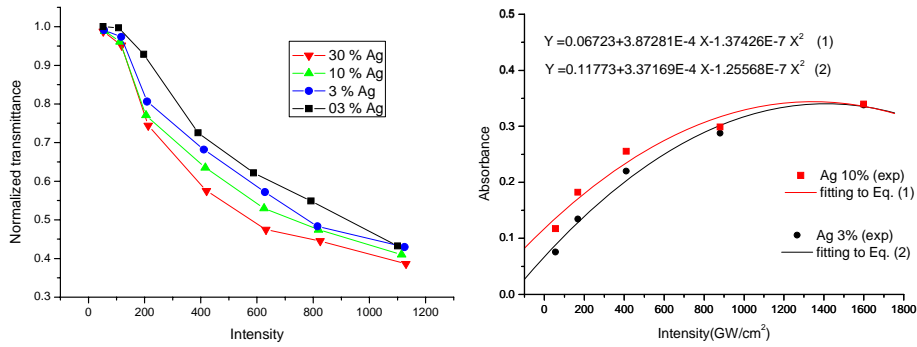
phje9100@hanyang.ac.kr

최근 nano scale metallic cluster가 포함된 glassy matrix는 효율성 좋은 비선형 광특성 매질의 하나로 연구되고 있다. Nanostructured metal의 비선형 광특성이 증대되는 원인은 첫째 metallic nano structure에 의한 surface plasmon resonance에 기인한다. Surface plasmon resonance는 nano structure의 크기, 모양, 농도에 의존한다. 둘째, 투명한 유전 매질 내에서의 나노 구조 물질에 의한 local field 증대 효과에 기인한다.⁽¹⁾

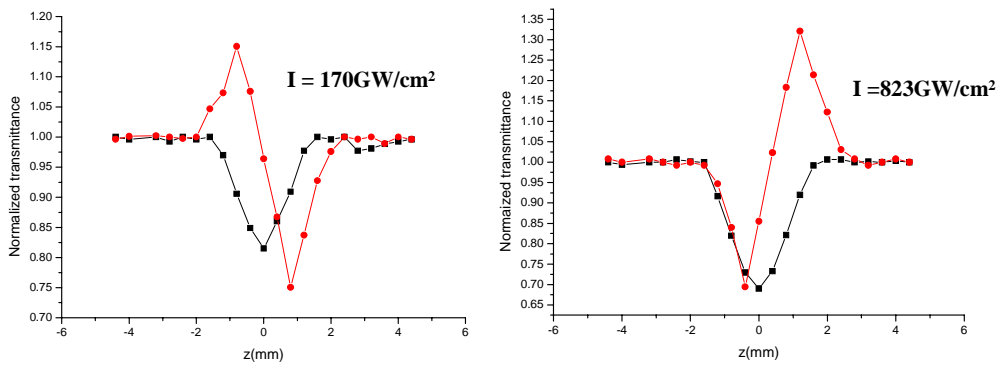
본 연구에서는 TiO₂ matrix에 Ag nanoparticle clusters가 들어가 있는 물질 (Ag/TiO₂)의 비선형 광 특성을 연구하였다. Ag/TiO₂의 비선형 광특성의 측정을 위해서는 z-scan 방법을 이용하였다. Nonlinear absorption은 open aperture z-scan 방법, nonlinear refractivity는 closed aperture z-scan 방법으로 조사하였다.⁽²⁾ z-scan 실험을 위한 입사광으로는 femtosecond Ti-sapphire laser를 사용하였다. Ag/TiO₂의 흡수스펙트럼은 400nm 파장 근처에서 plasmon resonance를 보이므로, 800nm 파장의 레이저광에 대하여, two-photon absorption를 나타낼 것으로 기대된다.

Ag의 함량 비율에 따른 비선형 광 특성의 변화를 조사하기 위하여, 여러 가지 Ag 함량을 포함하는 Ag/TiO₂ 시료에 대한 z-scan 실험을 행하였다. 한편 입사 광세기를 변화시킴에 따라 비선형 흡수 특성을 조사해본 결과, 입사 광세기가 증가되면 비선형 흡수가 증가됨을 확인하였다. 높은 광세기 영역에서는 비선형 흡수의 증가가 작아지는 optical limiting 효과를 관찰하였는데, 이와 같은 높은 광세기 영역에서의 비선형 흡수 특성을 기술하기 위해서는 매질의 two-photon absorption뿐만 아니라 three- and four-photon absorption 또한 고려해야만 함을 알았다.(그림1)

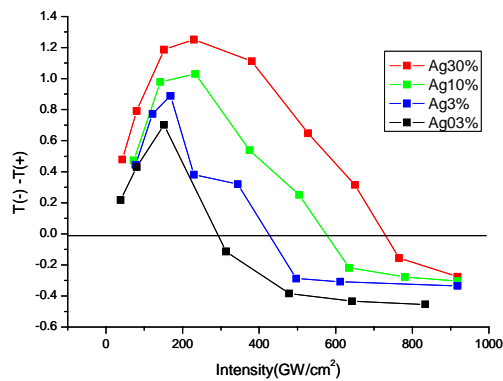
비선형 굴절률 측정을 위한 closed aperture z-scan curve의 측정 결과는 그림 2와 같은데, 낮은 광세기 영역과 높은 광세기 영역에서 비선형 굴절률의 부호가 반대로 바뀜을 발견하였다. 다음으로 광세기 변화에 따른 비선형 굴절률의 크기 및 부호를 측정 해본 결과는 그림 3과 같다. 그림 3의 결과와 같이 낮은 광세기(50GW/cm²~170GW/cm²)에서는 입사 광세기가 증가되면 모든 시료들의 비선형 굴절률의 크기가 증가되나, 광세기가 약 200GW/cm² 이상의 광세기 증가에 대하여는 모든 시료들의 비선형 굴절률의 크기가 감소되는데, 그 감소율은 시료의 함량 비율에 따라서 차이가 난다. 시료 각각에 따라 일정 부분 광세기 이상부터 비선형 굴절률의 부호가 반대로 바뀜을 발견하였다. 또한 비선형굴절률의 크기는 광세기가 약 823GW/cm²에서부터는 모든 시료에서 광세기의 의존성 없이 거의 일정하게 유지 되어 비선형 굴절률의 크기가 거의 같아지는 것을 확인하였다.



<그림 1> 투과율 및 흡수도의 광세기 의존성



<그림 2> 낮은 광세기 및 높은 광세기에 대한 closed aperture z-scan 특성



<그림 3> 비선형 굴절률의 광세기 의존성

[참고문헌]

1. H. B. Liao et al., "Large third-order optical nonlinearity in Au:SiO₂ composite films near the percolation threshold", Appl. Phys. Lett. **70**, 1-3 (1996)
2. M. Sheik-Bahae et al., "Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam", IEEE J. Quantum Electron. **26**, 760-769 (1990)