

Au:Ba(Sr₃TiO)₃ 나노복합 박막의 파장에 따른 3차 비선형광학 특성

Wavelength dependence of nonlinear optical properties of Au:Ba(Sr₃TiO)₃ nanocomposite films

전희선²⁾, 이택성*¹⁾, 윤승현¹⁾, 조성훈¹⁾, 이경석¹⁾, 김인호¹⁾, 정중현¹⁾, 정병기¹⁾, 김도석²⁾,
조규만²⁾, 김원목¹⁾

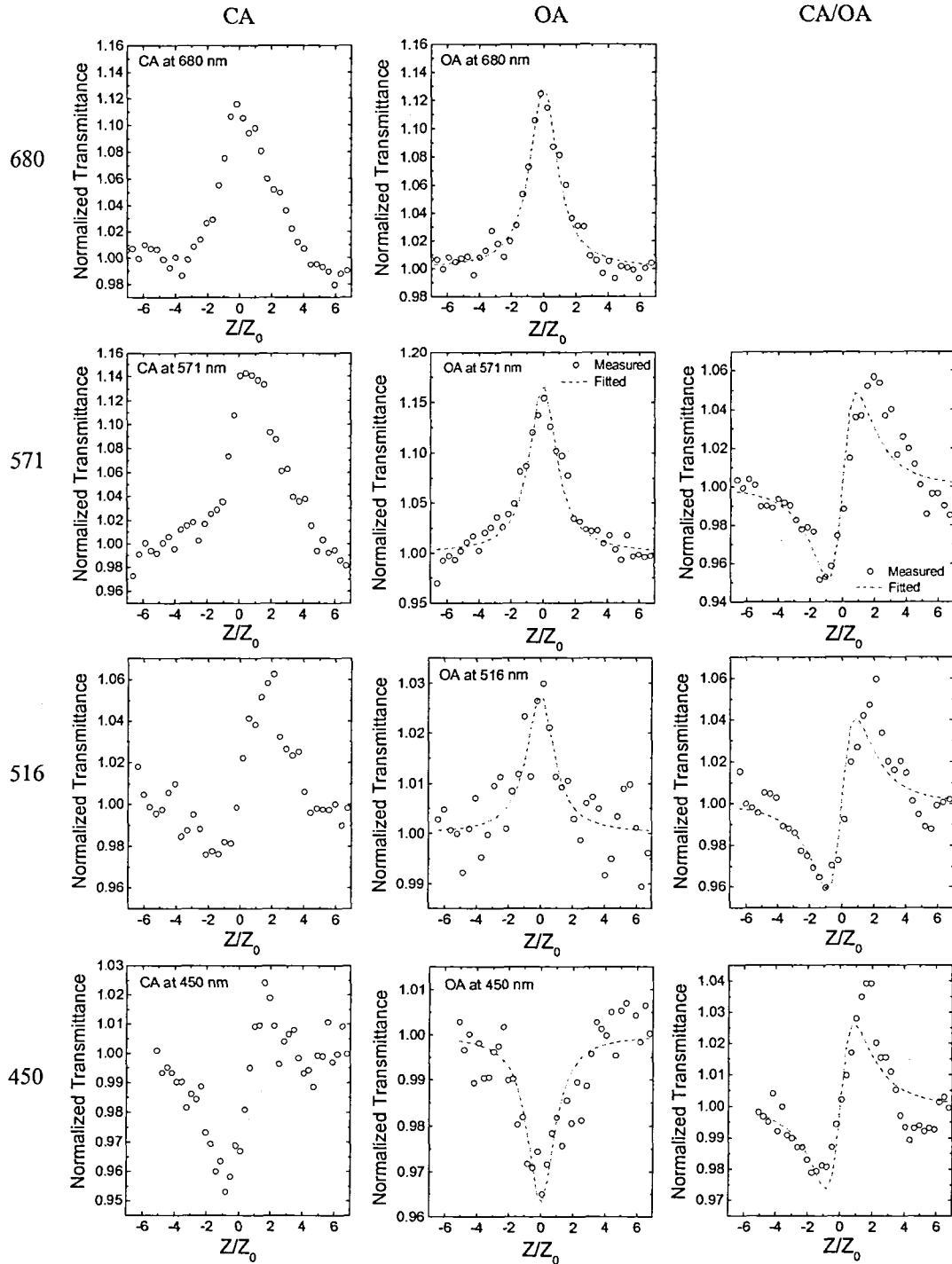
¹⁾ 서울 성북구 하월곡동 39-1 한국과학기술연구원 박막재료 연구센터

²⁾ 서울 마포구 신수동 1번지 서강대학교 물리학과

tslee@kist.re.kr

금속나노입자가 광학적으로 투명한 유전체 안에 분산된 형태의 나노 복합체 재료는 유전구속효과에 의한 거대 3차 비선형 광학계수를 발현하며 ps급 이하의 순간 반응특성을 구현할 수 있어 다양한 기능성 광소자로의 응용이 기대되고 있다. 실질적인 응용을 위해서는 전체 비선형 광학계수의 크기도 중요하지만, surface plasmon resonance (SPR) 파장 영역에서 필연적으로 수반되는 비선형 흡수율 대비 비선형 굴절계수의 상대적 크기 및 그 분산특성을 이해하고 이를 바탕으로 하여 비선형 특성을 제어할 수 있는 방안을 모색하는 것도 중요한 선결과제의 하나이다. 현재까지 가장 많이 연구된 나노복합체 소재는 Au:SiO₂ 계로서, 비선형성에 관한 연구는 주로 SPR 파장근처인 530nm 부근에 한정되어 왔으며, 공진 파장을 중심으로 한 비선형 특성의 파장의존성에 대한 고찰은 극히 제한된 연구결과만이 보고되었다. 특히, 실리카 기지상 이외의 나노복합체 재료의 파장의존성에 대한 연구는 거의 보고가 되고 있지 않다. 이는 그동안 재료계에 대한 연구가 주로 실리카 기지상을 위주로 진행된 이유도 있지만, 이용 가능한 고출력 펄스레이저의 운용파장대가 극히 한정되어 있기 때문이다. 본 연구에서는 mode-locked Nd:YAG 레이저(EKSPLA, PL2143A)를 펌프 소스로 사용하며 파장 가변을 위한 OPG 장치가 결합된 pulsed z-scan 장치를 이용하여 Ba(Sr₃TiO)₃ 강유전체 기지상에 Au 나노입자가 분산된 나노 혼합 박막의 파장에 따른 복소 비선형 특성을 고찰하였다. 본 실험에서 사용된 펌프 레이저의 펄스폭은 30ps이고 펄스 반복률은 10Hz로서 열광학 특성이 배제된 순수한 전자적인 비선형 특성만의 측정이 가능한 시스템이며, open aperture(OA)와 close aperture(CA) z-scan 측정이 동시에 이루어지도록 구성하여 복소 비선형 계수의 실수부와 허수부의 분리 측정이 가능하도록 하였다. 실험에 사용된 나노 복합 박막은 Au의 체적분율이 5%이고 두께는 100nm이다. [그림1]은 Au:BST 시편에 대해 571 nm SPR 파장을 중심으로 450 - 680 nm 범위 내에서 파장별로 측정된 Z-scan 결과를 보여준다. OA Z-scan 패턴으로부터 SPR 파장을 중심으로 전체적으로 음의 비선형 흡수계수를 갖는 포화흡수(saturable absorption)의 특성을 나타내었으나 450 nm의 단파장에서는 그 부호가 역전됨을 보이고 있다. CA Z-scan 패턴은 inversion 대칭성을 어느 정도는 나타내고 있지만, 비선형 흡수의 영향으로 인하여 OA Z-scan 곡선에 유사한 형태를 보여주고 있다. 순수한 굴절효과에 의한 비선형 특성은 division method를 적용하여 분석하였으며, 그림의 CA/OA로 나타낸 결과에서 보듯이 이론적으로 예상되는 바와 같은 명확한 대칭성을 확인할 수 있었고, 실험파장 범위 내에서 전체적으로 양의 비선형 굴절률 값을 갖는 self-focusing 특성을 나타내었다.

본 연구는 과학기술부 21세기 프론티어 연구개발사업인 '나노소재기술개발사업단'의 지원(과제번호: 05K1501-02110)으로 수행 되었습니다.



[그림1]. Au(vol:5%):BST($t=100$ nm) 시편에 대해 571 nm SPR 파장을 중심으로 450-680 nm 범위에서 파장별로 측정된 CA와 OA Z-scan 패턴 및 division method 적용에 의해 얻어진 순수 굴절 Z-scan 곡선.