

Para-Toluene Sulfonate 유기 단결정

박막의 비선형 광학적 특성

Nonlinear Optical Properties of

Polydiacetylene Para-Toluene Sulfonate Thin Films

최문구, 임상엽, 박정근, 박승한

연세대학교 물리학과

moongoo@phy.yonsei.ac.kr

비편재화된 π -전자계를 갖는 유기 중합체 결정물들이 상당히 큰 3차 비선형성을 보인다는 사실이 1970년대 중반에 Sauteret 등의 연구에 의해서 알려져 왔으며 polydiacetylene *para*-toluene sulfonate(PDA-PTS)와 같은 물질은 지금까지 알려진 바로는 가장 큰 비공명 $\chi^{(3)}$ 값을 갖고 있다.⁽¹⁻³⁾ 이러한 이유로 PDA-PTS는 대단히 큰 비선형 특성과 초고속 광 스위치로의 가능성 등을 지니고 있어서 비선형 광학 분야에서 지속적인 관심을 불러 일으키고 있다. 특히, PTS의 단일 광자 및 이광자 전이, 비선형 굴절율의 분산, 그리고 이광자, 삼광자, 사광자 흡수 계수 값 등에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다.⁽³⁻⁵⁾ 더욱이 PDA-PTS는 1550nm 대의 광통신 창 영역에서 선형 및 비선형 흡수에 의한 손실은 작으면서 대단히 큰 초고속 3차 비선형성($n_2=2.4 \cdot 10^{-12} \text{cm}^2/\text{W}$ 1600nm)을 갖음으로써 광 스위치 소자에 필수적인 요건들을 갖추고 있음이 밝혀졌다. 또한 1.064 μm 이하의 파장 영역에서 공명 비선형성에 의한 광 스위치에 대한 실험들이 시행되어 오기도 했으며, 근적외선 영역에서 굴절율 분산과 굴절율 비등방성이 측정되었다.⁽⁶⁻⁸⁾ 그러나 이러한 활발한 연구들에도 불구하고 공명 흡수 영역에서 여기된 엑시톤들에 의한 비선형성 즉, 단일항 엑시톤의 광학적 비등방성에 기인한 비선형성과 단일항 엑시톤의 밀도 증가로 인한 삼중항 엑시톤으로의 전이 현상에 대한 연구는 잘 알려져 있지 않다. 이러한 공명 비선형성 연구는 공명 영역의 광 스위치 응용 및 비선형 방향성 결합기의 응용 등에 있어서 필수적이다. 본 연구진은 PDA-PTS의 광학적 비등방성에 기인해서 중합체의 등줄기를 따라서 넓게 비편재화 되는 π 전자계의 선형 흡수를 측정함으로써 이를 기초로 하여 공명 비선형성을 측정하였다.

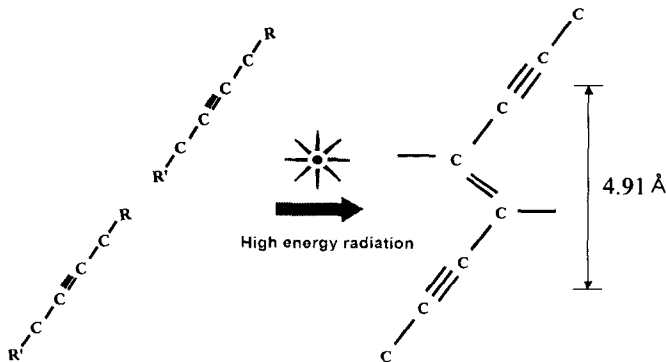


그림 1. PDA-PTS의 단위체 및 중합체 화학구조

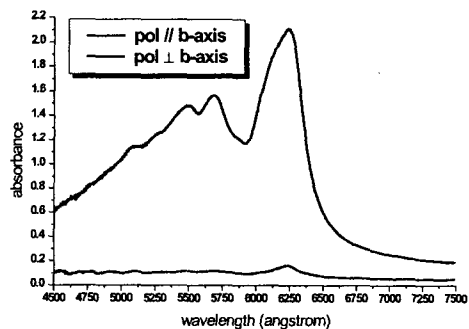


그림 2. PDA-PTS의 선형흡수 그래프

본 연구에서는 유기 단결정 PDA-PTS 시료의 공명 비선형성 측정을 위해 광 여기-조사 분광 장치를 구성하였다. 나노초 Nd:YAG 레이저의 3차 조화파(355nm)를 광 가르개를 통과시켜 일부는 색소 레이저 형광 셀에 입사시키고 일부는 조사광 형광 셀에 입사시켰다. 색소 레이저 형광 셀에서 방출되는 형광을 grating에 거의 평행하게 입사시켜서 회절에 의해 형광을 파장별로 공간에 분산시키고 거울에 의해 반사시켜서 grating을 거쳐서 다시 형광셀로 재입사시켜서 자극 방출이 일어나게 해서 레이저 광의 출력을 얻었다. 색소 레이저의 형광은 수십 나노미터의 파장폭을 갖기 때문에 grating과 반사 거울의 조절을 이용해서 파장 가변이 되므로 출력되는 레이저의 파장을 조절해 가면서 PDA-PTS의 공명 비선형성 측정하였다. 한 편 조사광의 파장은 공명 에너지 영역 전체를 포함하도록 넓은 파장 분포를 갖도록 조절하였다. 조사광과 여기광을 공간적으로 일치시키기 위해서 현미경 렌즈를 이용하여 시료의 미세한 지역에 조사광을 투과시켰고 CCD 카메라와 TV 모니터를 이용해서 여기광을 시료에 맞추었다. 출력되는 레이저의 편광 방향을 PDA-PTS의 공액 사슬과 평행한 방향과 수직인 방향으로 조절해가면서 생성되는 운반자의 밀도에 따른 조사광의 흡수 변화를 측정함으로써 유기 단결정 PDA-PTS의 광학적 비등방성에 기인한 광학적 비선형성의 원인에 관하여 연구 조사하였다.

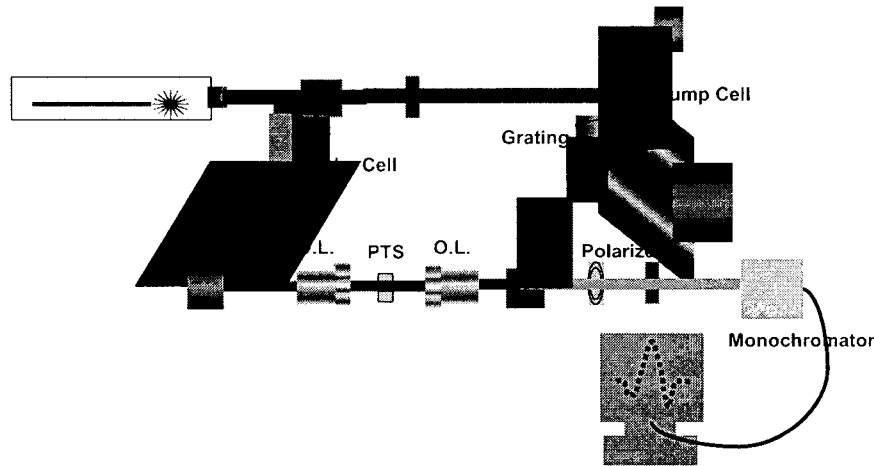


그림 3. 광 여기-조사 장치도

참고 문헌

- [1] C. Sauteret, J.-P. Hermann, R. Frey, F. Pradere, J.C. Ducuing, R.H. Baughmann, R.R. Chance, Phys. Rev. Lett. 36, 956 (1976).
- [2] G.M. Carter, M.K. Thakur, Y.J. Chen, J.V. Hryniewicz, Appl. Phys. Lett. 47, 457 (1985).
- [3] B.I. Greene, J.F. Mueller, J. Orenstein, D.H. Rapkine, S.Schmitt-Rink, M. Thakur, Phys. Rev. Lett. 61, 325 (1988).
- [4] W.E. Torruellas, B.L. Lawrence, G.I. Stegeman, G. Baker, Opt. Lett. 21, 1777 (1996).
- [5] H. Shim, M. Liu, C. Hwangbo, G.I. Stegeman, Opt. Lett. 23, 430 (1998).
- [6] M. C. Gabriel, N.A. Whitaker Jr., C.W. Dirk, M.G. Kuzyk, M. Thakur, Opt. Lett. 16, 1334 (1991).
- [7] R. Quintero-Torres, M. Thakur, Appl. Phys. Lett. 66, 1310 (1995).
- [8] Andreas Feldner, Werner Reichstein, Thomas Vogtmann, Markus Schwoerer, Lars Friedrich, Tomáš Pliška, Mingguo Liu, George I. Stegeman, Seung-Han Park, Opt. Comm. 195, 205(2001).