

패러데이 현상을 내는 파이 공액 고분자

유영민 | 이화여자대학교 화학신소재공학부 (E-mail: odds2@ewha.ac.kr)

무기 결정 재료에서 주로 관측되어 온 패러데이 현상이 파이 공액 유기 고분자에서도 관측되며, 이 물질군으로부터 오히려 큰 Verdet 상수를 얻을 수 있음이 보고되었다. 이러한 자기 광학 특성 유기 고분자는 향후 메모리, 광 조절 소자, 자기장 센서 등에 응용될 수 있을 것이라 기대된다.

패러데이 현상(Faraday effect)은 평면 편광된 빛이 자장 내 물질을 통과하며 편광축이 회전하는 거동을 일컬으며, 대표적인 자기 광학 효과이다. 패러데이 현상을 보이는 물질은 양자 메모리, 광 분리(optical isolation), 광 서큘레이터(optical circulator), 자기장 분리 소자, 및 자기장 센서에 응용될 수 있다. 패러데이 거동을 보이는 기존 물질은 주로 무기 결정들로, *terbium gallium garnet*(TGG)가 대표적이다. 그러나 최근 비대칭 파이 공액 고분자로부터 TGG 보다 우수한 패러데이 효과를 얻을 수 있음이 보고되어, 비상한 주목을 받고 있다. 무기 결정 재료에 비해 공액 고분자는 여러 장점을 가진다. 특히 유기 합성적 접근을 통해 다양한 소재군 구축이 가능할 뿐만 아니라, 용액 및 열처리 공정을 적용하여 대면적의 우수한 패러데이 효과를 도출할 수 있다. Massachusetts

Institute of Technology의 Swager 그룹은 3번 위치에 (R)- 또는 (S)-비대칭 알킬 사슬을 포함하는 위치규칙성 poly(thiophene) 군을 합성하고 편광축 회전 방향을 조절하는 분자 원리를 도출하였다. 특히 비대칭 알킬 사슬과 고분자 주쇄에 황을 포함시키는 디자인 전략을 통해 고분자 내 분극화를 극대화시켜 패러데이 거동을 증진하고자 하였다. 이들 고분자는 2번 위치에 선택적으로 브롬이 도입된 thiophene 단량체의 Kumada 중합을 통해 확보할 수 있었다. 고분자 현탁 용액 및 필름은 강한 Cotton 현상을 보이는데, 이는 사슬의 점 비대칭이 고분자 주쇄 간 나선 형태의 응집을 유도함을 의미한다. 유리 기판에 스핀 코팅된 고분자 필름은 $\sim 10^4$ degree/T m 범위의 Verdet 상수를 보이며, 이는 TGG 보다 큰 값이다. Swager 그룹은 고분자의 Verdet 상수의 부호가 고분자 응집체의 나선 꼬임 방향에 의해 달라짐을 확인하여, 분자 설계에 의한 패러데이 현상 조절 원리를 도출하였다. 나아가 고분자 필름을 열처리할 경우 주쇄가 재배열되면서 나선 꼬임 방향이 반전되는 현상을 관측하고, 이를 통해 평면 편광축의 회전 방향을 조절할 수 있음을 보였다. 그러나 비대칭성이 없는 알킬 사슬을 가지는 poly(thiophene) 고분자 필름도 유사한 Verdet 상수를 보이는 결과는 패러데이 현상이 구조의 비대칭성에 기인하지 않을 수도 있음을 시사한다.

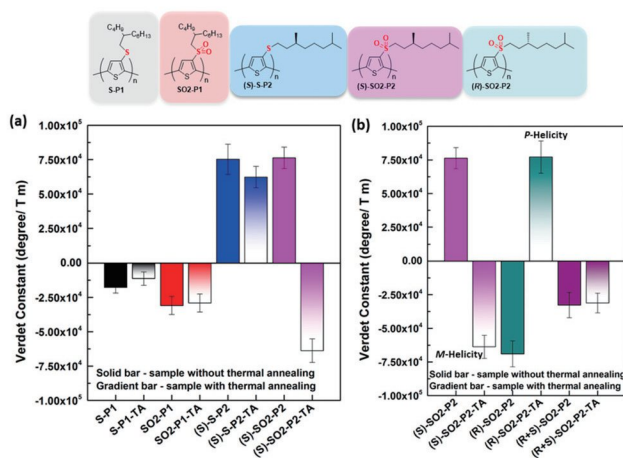


그림 1. Poly(thiophene)계 파이 공액 고분자의 열처리 전 및 후 (TA) Verdet 상수.

본 연구 결과는 *J. Am. Chem. Soc.*에 "Insights into Magneto-Optics of Helical Conjugated Polymers"의 제목으로 2018년 5월 15일 게재되었다(DOI: 10.1021/jacs.8b03777).