



지스트(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시	배포 즉시 보도 부탁드립니다.	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061 / 010-3644-0356
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062 / 010-2008-2809
자료 문의	신소재공학부 김봉중 교수	062-715-2341

실온 영역에서 가역적 상변이 현상을 이용한 비휘발성 유기 메모리 소재 개발

- 메모리 분야의 반도체 집적 소자와 투명 디지털 기기, 보안카드, 저장 매체, 우주 항공 및 군사용 전자 기기의 핵심 부품으로 적용 기대
- 김봉중 교수 공동연구팀, 연구결과 세계적인 나노분야 권위지인 *Small*에 표지 논문으로 선정

□ 광주과학기술원(총장 김기선, 지스트) 신소재공학부 김봉중 교수(교신저자)와 이광희 교수(공동교신저자) 공동연구팀이 실온 영역에서 미세한 온도 변화에 따른 유기물 단결정의 가역적 상변이를 통해 10만배 이상의 저항변화와 열적 히스테리시스*를 이끌어내어 차세대 비휘발성 유기 메모리 소재를 세계 최초로 개발하였다.

* 히스테리시스(Hysteresis): 어떠한 물리적 상태, 물리량이 그 때의 물리적 조건만으로 결정되지 않고, 이전에 그 물질이 겪어 온 상태의 변화과정에 의존하는 현상

○ 또한, 온도 변화에 따른 실시간 스침각 엑스선 회절측정법(GIWAX)*과 실시간 투과전자현미경** 관찰을 모두 적용한 실험적 결과와 밀도 범함수 이론***을 적용한 이론적 모델과의 비교분석을 통해 유기물 단결정 결정구조, 분자회전, 전기적 특성 사이의 상관관계를 정립하였고, 그에 따른 비휘발성 메모리 메커니즘을 규명하였다.

* 실시간 스침각 X-ray 회절측정법(*In-situ* Grazing Incident Wide Angle X-ray Scattering, *In-situ* GIWAXS): 일반적으로 결정 구조에서 발생하는 X-ray 및 중성자 회절 측정은 들어오는 X-ray 또는 중성자 빔에 대해 작은 입사각을 사용하여 샘플 표면에 매우 민감하게 만들 수 있다. 이러한 정보는 분자결정구조의 미세한 팽창, 수축, 뒤틀림 또는 회전 변화를 연구하는데 사용되고 있다.

** 투과전자현미경(transmission electron microscope): 고전압의 전자 빔(beam)을 쏘아 얇은 물질을 투

과하게 함으로써 수십만 배 이상 확대해 관찰할 수 있는 현미경

*** 밀도범함수 이론(Density Functional Theory, DFT): 물질, 분자 내부에 전자가 들어있는 모양과 그 에너지를 양자역학으로 계산하기 위한 이론의 하나이다. 이를 통해 어떤 분자가 세상에 존재할 수 있는지 없는지의 여부, 특정 분자의 모양과 성질 등을 예측할 수 있다. 컴퓨터를 사용하는 과학 계산들 중에서 가장 널리 쓰이는 양자역학 계산 분야 중 하나이다.

□ 비휘발성 유기 메모리 물질은 가볍고 투명하며 유연하여, 차세대 전자기기 응용분야의 핵심 소재로 각광받고 있다. 이러한 비휘발성 유기 메모리 물질의 중요성에도 불구하고 유기물 반도체가 전하 이동도가 낮고, 실온 영역(섭씨 30도 이하)에서 급격한 저항 변화 특성을 갖는 물질이 전무하기 때문에 재료 개발 및 상용화가 늦어지고 있다.

○ 최근 비휘발성 유기 메모리를 구현하기 위해 강유전성 고분자(Ferroelectric polymer)* 재료 개발 및 소자개발 연구들이 진행되고 있으나, 급격한 저항 변화를 얻어낼 수 없어(on/off ratio 가 ~ 100) 한계점을 보이고 있다.

* 강유전성 고분자(Ferroelectric polymer): 외부에서 전기장이 가해지지 않아도 분극이 생기는 현상을 유지하는 고분자

□ 본 연구에서는 먼저 유기물 반도체의 높은 전기적 특성 특성을 확보하기 위해 분자량이 다른 비전도성 첨가제 폴리스티렌(poly styrene)을 고성능 단분자 유기 반도체인 C8-BTBT(Benzothienobenzothiophene) 물질과 혼합하여 얇은 박막을 형성한 후, 용매 기상 열 처리법을 통해 단결정 막대를 제작하였다.

○ 엑스선 광전자 분광법(X-ray Photoelectron Spectroscopy)을 통해 폴리스티렌의 분자량이 매우 큰 경우에는 평형상태에 도달한 안정한 C8-BTBT 단결정이 형성되지만, 상대적으로 분자량이 작은 경우에는 C8-BTBT 분자가 약간 틀어진 준안정 결정이 형성되는 것을 알 수 있었다. 안정한 C8-BTBT 단결정은 온도에 따른 전기적 특성변화를 보이지 않았지만 준안정 C8-BTBT 결정물질은 온도가 상온에서 -20도 까지 내려감에 따라 저항이 10만 배 이상 감소하였으며, 온도를 올리게 되면 10도의 히스테리시스를 갖으며 본래의 저항으로 회복됨을 알 수 있었다. 이 같은 현상은 매우 높은 재현성을 갖으며 20 볼트(voltage)까지 안정적으로 동작함을 확인하였다.

○ 실시간 온도 변화에 따른 GIWAXS 측정방법과 투과전자현미경 분석법을 통해 안정한 C8-BTBT 단결정은 온도에 따라 결정구조 및 분자구조가 달라

지지 않지만, 준안정 C8-BTBT 결정물질은 온도가 상온에서 -20도 까지 내려감에 따라 결정구조는 그대로 이지만, 분자가 9도 기울어진 상태에서 -15도 기울어진 상태로 변화하는 것을 알 수 있었다. 결국, 이러한 현상을 통해 온도에 따른 전기적 특성변화는 C8-BTBT 유기 분자의 회전에 기인함을 알 수 있었다. 이를 검증하기 위해 본 연구진은 밀도 범함수 이론을 도입하여 분자의 회전변화에 따른 전하 이동도를 이론적으로 계산하였고, 그 결과 유기 분자가 9도 기울어진 상온에서 -15도 기울어진 저온 상태로 변할 때, 오비탈 상호작용*이 커져서 전하이동도가 증가함을 알 수 있었다.

* 오비탈 상호작용(Orbital interaction): 유기 반도체 분자에 존재하는 파이 오비탈이 인접한 분자의 파이 오비탈과 서로 상호작용을 하여 공간적 팽창 또는 수축하는 현상

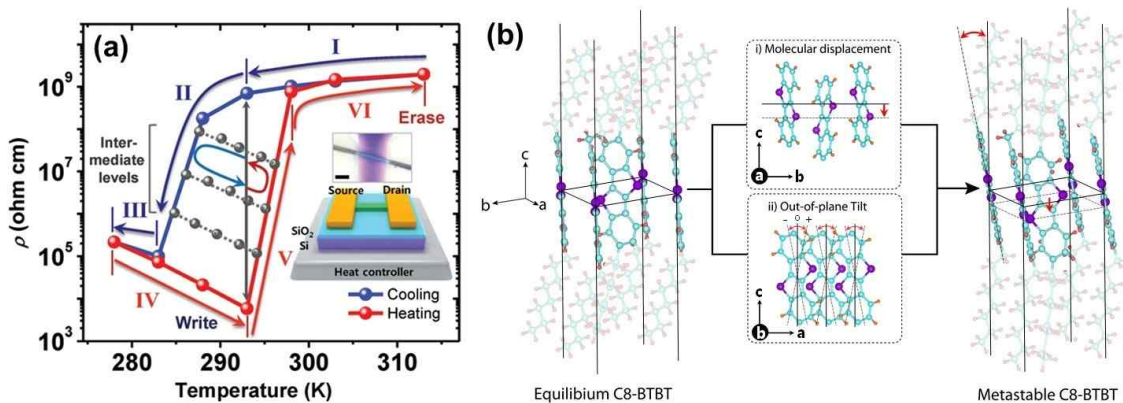
- 김봉중 교수는 “이번 연구성과는 상온, 저전압 조건에서 구동 가능한 비휘발성 유기 메모리 소재를 최초 개발했다는데 가장 큰 의의가 있으며, 향후 투명하고, 유연한 다기능 전자 시스템이나 고도로 집적 가능한 비휘발성 메모리 개발에 활력을 불어넣을 것으로 기대한다”고 말했다.
- 지스트 신소재공학부 김봉중 교수(교신저자)와 이광희 교수(공동 교신저자)가 주도하고, 신소재공학부 김민우 박사와 차세대에너지 권순철 박사, 포항가속기 연구소 김제한 연구원이 참여한 이번 연구는, 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었으며, 이번 연구 성과는 세계적인 나노분야 최고 권위지인 Small에 2019년 12월 20일자 온라인 게재 및 표지 논문으로 선정되었다. <끝>

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Small (2018 JCR Impact Factor: 10.856)
- 논문명 : Reversible Polymorphic Transition and Hysteresis-Driven Phase Selectivity in Single-Crystalline C8-BTBT Rods
- 저자 정보 : 김민우(GIST 신소재공학부 박사, 제1저자), 권순철 (GIST 차세대에너지연구소 박사, 제1저자), 김제한 (포항가속기연구소 연구원, 제1저자), 이광희 교수 (GIST, 공동교신저자), 김봉중 교수 (GIST, 교신저자)

그림 설명



[그림 1] 본 연구진이 개발한 실온 영역에서 유기물 단결정의 가역적 상변이를 이용한 비휘발성 메모리 특성

(a) 유기물 단결정의 온도의 변화에 따른 비휘발성 메모리 동작원리

(b) 유기 분자의 회전에 의해 유도되어 평형상태에 도달한 안정한 C8-BTBT의 단결정 구조와 준안정 C8-BTBT 결정구조