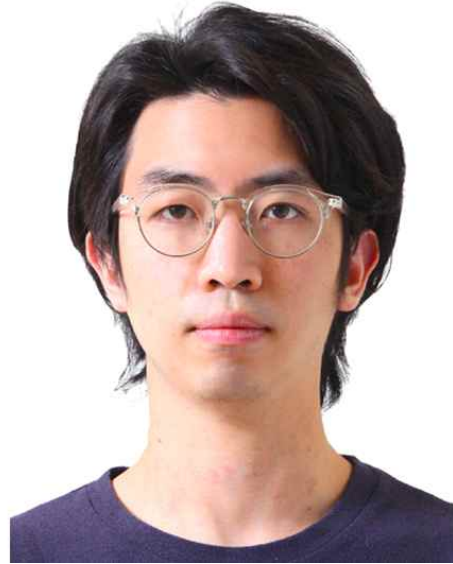


GIST, 전자소자 구동속도 100배 향상... 인체·식물 고속전자센서 등 활용

- GIST-퀸 메리 런던대 공동연구팀, 이온 주입 방향과 분자 배열 나란히 해 전기화학 트랜지스터 소자의 구동 속도 조절... 수요 맞춤형 성능 최적화
- 고성능 뉴로모픽 소자 및 고속 생체전자 신호 센서 개발 등 관련 분야 활성화 기대... 차세대 스마트팜용 작물 모니터링 기술에 광범위한 적용 가능



▲ (왼쪽부터) 윤명한 교수, 김지환 박사

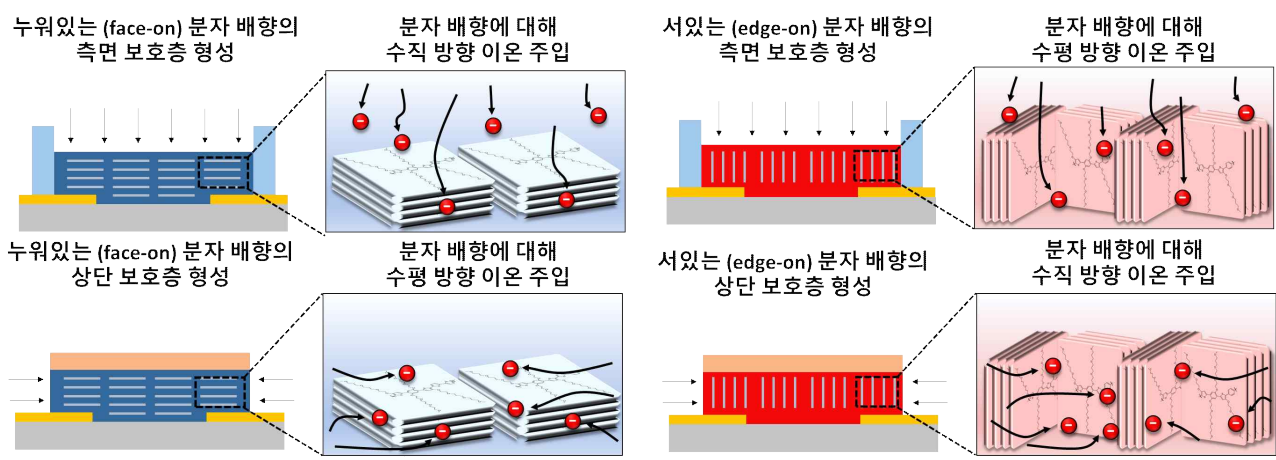
광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 소프트 생체전자인터페이스 구현에 핵심 소재인 '유기물 혼합형 전도체* 내 이온 주입 방향 조절 기술'을 개발해 전기화학 트랜지스터 소자 구동 속도를 기존보다 100배 이상 향상시켰다고 밝혔다.

* 유기물 혼합형 전도체(organic mixed ionic-electronic conductor: OMIEC): 전기 전도성만 갖는 기존 전도체와는 달리 이온 전도성과 전기 전도성을 동시에 갖는 재료로, 신경 신호 등 이온 기반의 생체 내 전기신호를 읽어내는 생체전자소자 또는 인간의 뇌를 모사하는 뉴로모픽 소자의 활성층으로 활용됨.

신소재공학부 윤명한 교수 연구팀은 영국 퀸 메리 런던 대학교(Queen Mary University of London; QMUL) 연구팀과 함께 유기 반도체 분자 합성 기술로 분자 배열 방향을 조절하고, 회로 패터닝* 기술로 이온 주입 방향을 조절해 분자 방향 맞춤형 이온 주입을 통해 소자의 구동 속도가 크게 향상될 수 있음을 밝혔다.

* 패터닝(Patterning): 전자회로 기판에 원하는 전도성 배선이나 반도체 활성층 모양을 가공하는 행위.

이번 연구 성과는 고성능 뉴로모픽 소자 및 고속 생체전자 신호 센서 개발 등 관련 분야 활성화에 크게 기여할 것으로 기대되며, 유기물 혼합형 전도체를 식물용 생체전자인터페이스로 활용 시 차세대 스마트팜용 작물 모니터링 기술에 광범위한 적용이 가능하다.

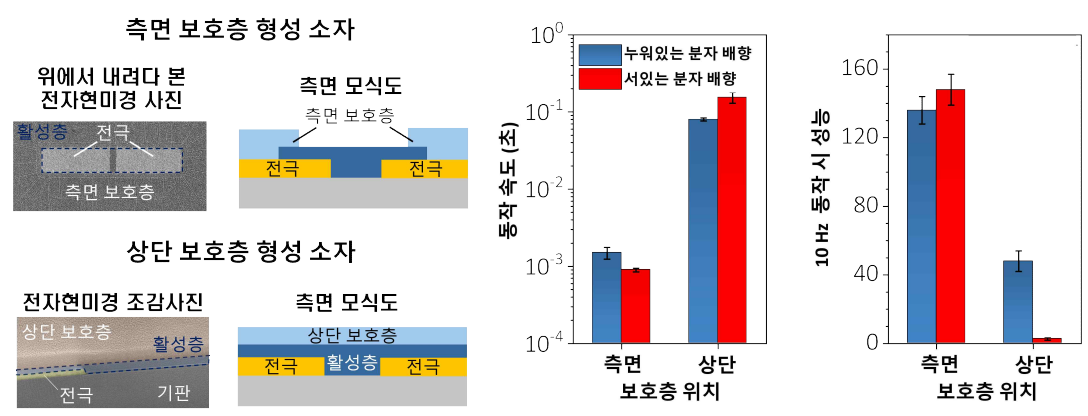


▲ 제안된 패터닝 기술을 이용한 이온 주입 방향 조절 방식 모식도. 활용하는 유기물 혼합 전도체의 분자 배향에 따라 방향을 조절하여 최적의 소자 구동 성능을 구현할 수 있음.

유기물 혼합형 전도체는 상용 전자기기에 활용되는 실리콘 및 산화물 반도체에 비해 월등한 정전용량과 높은 전기적 스위칭·증폭 특성으로 인간의 뇌를 모사하는 뉴로모픽 소자의 활성층으로 각광받아 왔으나, 혼합형 전도체의 고질적인 문제인 느린 이온 이동도(Ionic Mobility)는 뉴로모픽 소자 성능 향상에 걸림돌이 되어 왔다.

연구팀은 유기물 혼합형 전도체의 이온 이동도 및 이를 활용한 소자 구동 속도에 영향을 주는 주요 인자가 분자 배열 방향 및 이온 주입 방향임을 규명하고, 두 인자를 한 방향으로 정렬시켰다.

유기물 혼합형 전도체의 분자 배향은 전도체의 분자 구조 디자인을 통해 조절할 수 있었으며, 소자 내 이온 주입 방향의 경우 이온전도도(Ionic Conductivity)가 없는 보호층(passivation layer)을 적층하는 방식을 변경해 조절했다.



▲ (좌) 본 연구에서 제작한 이온 주입 방향이 제어된 소자 이미지와 (우) 보호층 패턴 및 분자 배향에 따른 동작 속도 및 동작 성능

연구팀은 이온 주입 방향과 분자 배향이 평행이 될 때, 수직인 경우에 비해 전도체 내 이온의 이동 속도가 10배 가까이(기존 1.8 μ m/s에서 17 μ m/s) 빨라지는 것을 확인했다. 평행일 때 혼합형 전도체 내를 이동하는 이온의 총 이동 거리가 감소함에 따라 소재 내 이온의 이동 속도가 빨라졌는데, 이로써 소자의 구동 속도가 100배 이상 향상되었음을 확인했다.

결과적으로 방향만 바뀌었을 뿐인데 동일 재료를 사용한 소자(155 ms)에 비해 **100 배 이상 빠른 구동 속도를 갖는 소자(0.9 ms)를 구현하는 데 성공했다.**

윤명한 교수는 “이번 연구를 통해 전자 전도 특성에만 관여하는 것으로 알려진 **유기물 혼합형 전도체의 분자 배향이 이온 전도 특성에도 관여한다는 사실을 규명했다**”며 “**향후 고성능 뉴로모픽 소자 및 고속 인체·식물 생체전자신호 센서 개발 가속화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다**”고 말했다.

GIST 윤명한 교수와 영국 퀸 메리 런던 대학교의 Christian Bech Nielsen 교수가 주도하고, GIST 김지환 박사과정 학생과 퀸 메리 런던 대학교 Roman Halaksa 학생이 수행한 이번 연구는 한국연구재단과 한국보건산업진흥원과 영국의학연구위원회의 국제공동연구사업의 지원을 받았으며, 다학제(multidisciplinary) 분야 상위 8% 국제 저명 학술지인 ‘네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications)’에 2023년 11월 28일 온라인 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Nature Commnunications(IF = 16.6 (2022년))
- 논문명 : Peculiar Trasient Behaviors of Organic Electrochemical Transistors Governed by Ion Injection Directionality
- 저자 정보 : 김지환(공동 제1저자, GIST), Roman Halaksa(공동 제1저자, 런던 퀸 메리 대학교), 조일영(GIST), 안형주(포항가속기연구소), Peter A. Finn(런던 퀸 메리 대학교), 이인호(아주대학교), 박성준(아주대학교), Christian Bech Nielsen(공동교신저자, 런던 퀸 메리 대학교), 윤명한(교신저자, GIST)