

GIST-KAIST 공동연구팀, 세계 최고 수준의 유기물 전자소자 개발

- 신개념 분자구조 제안 및 미세구조 정렬 통해 혼합형 전도체의 분자구조-전하 이동 상관관계 규명 및 전하 이동도 특성 크게 향상.. 재료공학 분야 유명 국제학술지 「Advanced Materials」 게재
- 차세대 체내이식형 전자소자 및 고성능 뉴로모픽 전자회로 개발 등에 큰 기여 기대



▲ (왼쪽부터) GIST 윤명한 교수, KAIST 김범준 교수, GIST 조일영 학생, KAIST 정다현 학생

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 신소재공학부 윤명한 교수팀과 KAIST(한국과학기술원) 생명화학공학과 김범준 교수 공동연구팀이 **세계 최고 수준의 유기물 혼합형 전도체*** 소재를 개발하고, **활성 채널에서 한 방향으로 정렬된 초고성능 전기화학 트랜지스터 구현에 성공했다고 밝혔다.**

* **유기물 혼합형 전도체(organic mixed conductor):** 전해질 내에서 이온 전도성과 전기 전도성을 동시에 갖는 유기 재료로서 신경, 심장, 근육 신호 등 물속 이온 기반의 생체전기신호와 금속전극, 실리콘반도체 등 전자-정공 기반의 고체상 전기전자신호를 연계할 수 생체이식형 전자소자 활성층으로 활용됨

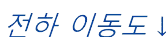
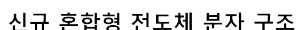
유기물 혼합형 전도체 기반의 전기화학 소자(유기물 전기화학 트랜지스터*)는 이온 주입을 통한 신호 증폭, 스위칭이 가능하기 때문에 **체내 이식하여 뇌, 심장, 근육 등 다양한 생체전기신호를 확인할 수 있으며, 인간의 뇌를 모사한 뉴로모픽 소자로 활용될 수 있어 차세대 바이오 인터페이스 시스템으로서 각광받고 있다.**

반면 무기물 기반 반도체에 비해 전기적 특성이 현저히 떨어지는 유기 소재는 이들로 구성된 **트랜지스터 소자의 증폭·스위칭 특성이 낮다는 점이 실용화에 걸림돌로 작용해 왔다.**

* **유기물 전기화학 트랜지스터(organic electrochemical transistor):** 전해질 내에서 구동하는 트랜지스터 중 하나로, 인가된 게이트 전압에 의한 전해질 내 존재하는 이온과 반도체층과의 전기적·전기화학적 반응을 통해 반도체층의 도핑/탈도핑을 유도함으로써 전기적 신호를 스위칭 및 증폭하는 소자.

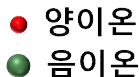
일반적으로 전도성 고분자* 소재의 전하 특성을 향상시키기 위해 분자 수준에서 미세구조를 조절하는 다양한 구조 제어 공정이 보고되어 왔지만, 전기화학 트랜지스터의 활성층으로 사용되는 '혼합형 전도체'는 분자 구조상 측쇄의 유연성 및 친수성이 높아 분자간 응집력이 강해 일반적인 미세구조 제어 공정을 적용해도 별다른 성능 향상을 기대하기 어려웠다.

* **전도성 고분자(conductive polymer):** 금속 전도체처럼 전기 전도성을 지닌 고분자. 일반적인 유기 고분자와 달리 금속이나 반도체의 전기적, 자기적 그리고 광학적 성질을 동시에 갖는 고분자를 의미함.



“전하 이동도↑”

이번 연구 성과는 **유기물 혼합형 전도체의 단점으로 지적받던 낮은 전기적 성능을 극복**하고, 향후 유기물 기반 고성능 뉴로모픽 소자 및 생체신호 센서 등 고성능 바이오 전자소자 개발에 크게 기여할 것으로 기대된다.



GIST 윤명한 교수는 “혼합형 전도체의 분자 구조 및 미세구조 제어 기술을 통해 그동안 단점으로 지적받았던 **혼합형 전도체 전하 이동도 특성을 크게 향상시킬 수 있었다**”며 “향후 차세대 체내이식형 전자소자 및 **고성능 뉴로모픽 전자회로 개발에 크게 이바지**할 수 있을 것으로 기대된다”고 말했다.

KAIST 김범준 교수는 “이번 연구는 최근 바이오 인터페이스 소자로 각광받고 있는 **유기물 전기화학 트랜지스터의 성능평가 지수를 세계 최고 수준으로 달성하기** 위해 공동연구팀이 제안한 합리적인 분자 설계 및 합성 전략, 그리고 분자구조 제어공학 기술 등 **다양한 분야의 기술융합을 보여줬다는 데 의의가 있다**”고 평가하였다.

GIST 윤명한 교수와 KAIST 김범준 교수가 공동교신교수로 주도하고, GIST 조일영 박사과정생, KAIST 정다현 박사과정생이 공동으로 수행한 이번 연구는 한국연구재단의 지원을 받았으며, 재료과학 분야 상위 2% 논문(IF= 29.4)인 ‘어드밴스트 머티리얼스(Advanced Materials)’에 2023년 11월 21일 온라인 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Advanced Materials (IF= 29.4 (2022년))
- 논문명 : High-Performance Organic Electrochemical Transistors Achieved by Optimizing Structural and Energetic Ordering of Diketopyrrolopyrrole-based Polymers
- 저자 정보 : 조일영(공동 제1저자, GIST), 정다현(공동 제1저자, KAIST), 문이나(공동저자, GIST), 이동찬(공동저자, 울산대), 이승진(공동저자, 한국화학연구원), 최준규(공동저자, GIST), 남동현(공동저자, 고려대), 김지환(공동저자, 서울대), 조진한 (공동저자, 고려대), 조신욱(공동저자, 울산대), 김동유 (공동저자, GIST), 안형주(공동저자, 포항가속기 연구소), 김범준(공동 교신저자, KAIST), 윤명한(공동 교신저자, GIST)