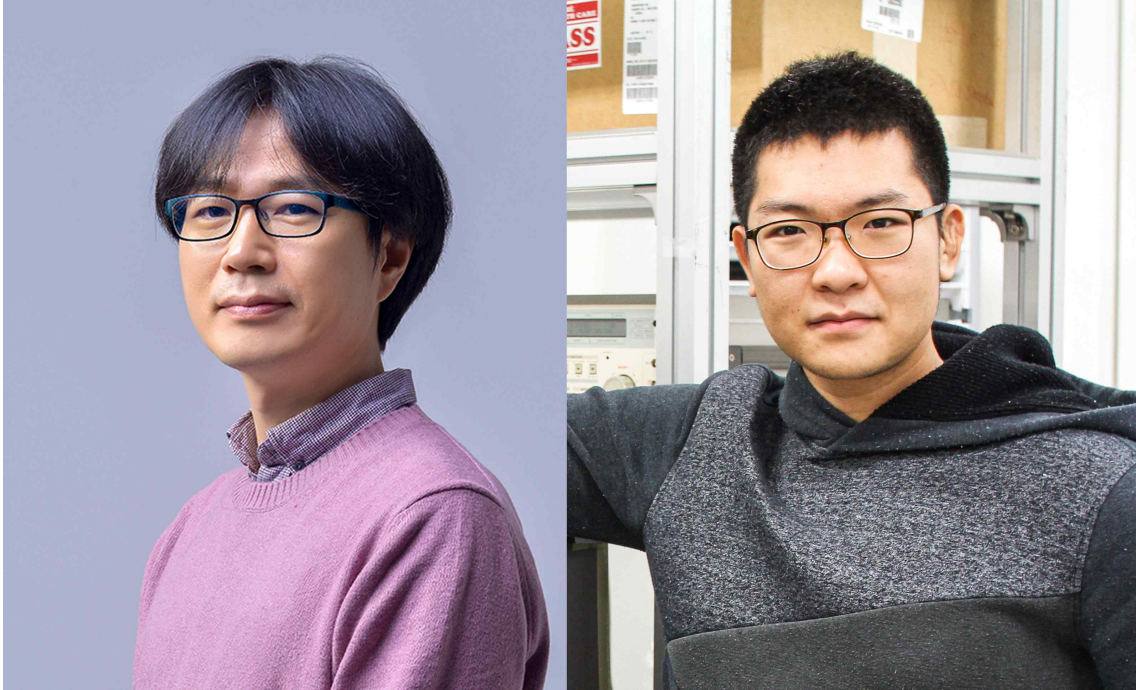


# 반도체 표면에서의 초고속 전하 움직임 실시간 추적

- 반도체 기반 초고속 나노 광소자 개발에 기여



▲ 왼쪽부터 이종석 교수, 최인혁 박사과정생

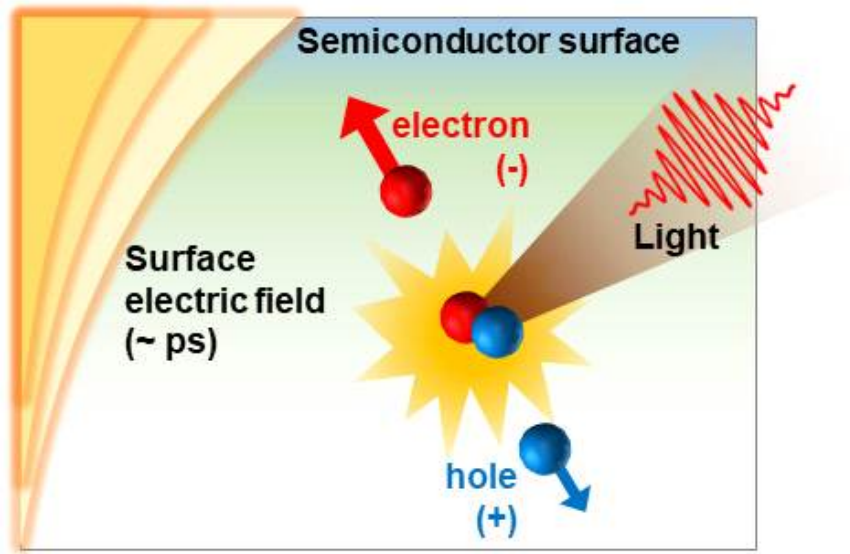
반도체 소자가 점차 얇아짐에 따라 나노 소자의 성능 향상을 위해서 반도체 표면에서 일어나는 물리 현상을 심도 있게 이해할 필요가 있다. 특히, 빛의 조사에 따라 형성된 전하의 움직임은 태양전지, 광 촉매 기술 등의 개발에 있어 근본적인 단초를 제공할 것으로 기대된다.

지스트 물리·광학과 이종석 교수 연구팀은 반도체 표면에서 광여기\* 된 전자들의 초고속 거동을 추적하고, 이에 따른 표면 전기장의 형성 과정을 밝혀냈다.

\* **광여기:** 레이저 매질에 빛을 조사하여 높은 에너지 준위를 가지는 입자 수가 낮은 에너지 준위를 가지는 입자 수보다 많은 반전 분포를 실현하는 일

극성 반도체 표면에서 전자들이 가지는 초고속 동역학에 대한 이해는 태양전지에서의 에너지 생성, 전달, 저장 관련 성능 향상에 큰 도움이 되며, 광촉매 관련 소자의 효율 향상 전략을 수립하는데 기여할 수 있다.

기존 연구에서는 반도체 표면에서의 전자 움직임을 추적하기 위해서 반도체 시료의 크기를 나노미터( $10^{-9}$  미터) 수준으로 줄여 표면 효과를 증대시키는 방법을 이용했는데, 이 경우에는 양자 구속 효과가 필연적으로 발생해 표면 본연의 특성을 이해하는데 걸림돌이 되어 왔다.

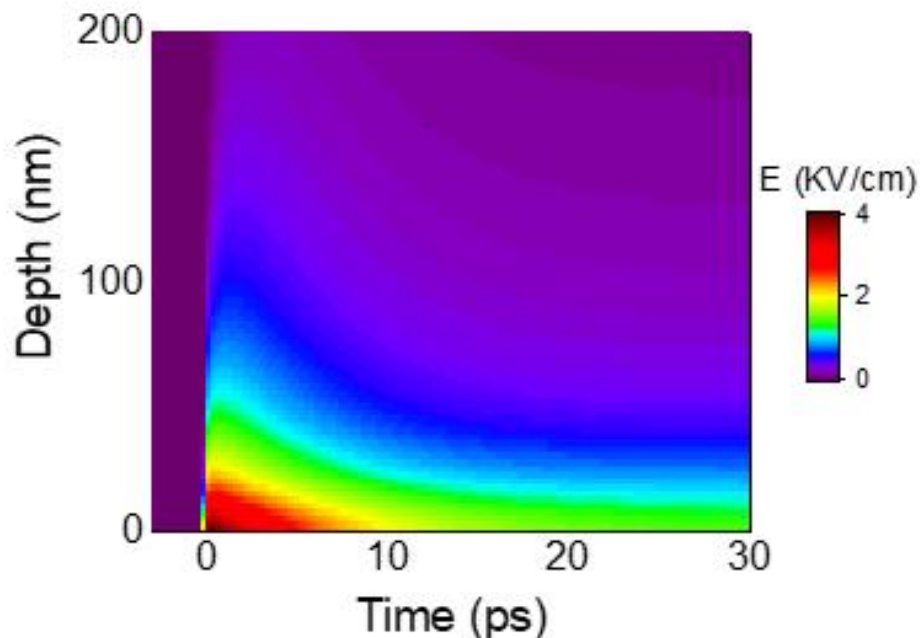


▲ 극성 반도체에서 광 여기 된 전자와 정공의 이동과 이에 따른 초고속 표면 전기장 형성에 대한 모식도

본 연구는 시분해 비선형 분광 기법을 활용해 시료의 크기를 줄이지 않은 채 표면에서의 초고속 전자 움직임을 실시간으로 추적하는데 성공했다.

연구팀은 대표적인 극성 반도체인 갈륨비소(GaAs)와 인듐비소(InAs)에서 광여기 된 전자에 의해 초고속으로 형성되는 표면 전기장을 펨토초-시분해 제2차 고조파 생성 기술을 통해 실시간으로 관측하였다.

물질에 광자(빛)가 들어오게 되면 높은 운동 에너지를 가진 뜨거운 전자와 정공이 만들어지며, 이들은 반도체 표면의 땀글링 본드(Dangling bond)와 같은 표면 결함에 의해 재결합을 하게 된다. 이 때 전자의 이동 속도는 정공보다 천배 이상 빠르기 때문에 전자 및 정공의 공간적 분포가 달라지고, 이에 따라 표면 전기장이 형성된다.



▲ 극성 반도체에서의 초고속 표면 전기장 형성에 대한 전산 모사 결과

연구팀은 표면 근처 수 나노미터 두께에서 형성되는 이러한 표면 전기장을 제2차 고조파 형성을 통해 측정하였고, 특히 펨토초 레이저를 이용한 시분해 기술을 통해 이러한 광전하의 이동에 따른 전기장이 수백 펨토초( $10^{-15}$ 초)에 걸쳐 형성되며, 또한 수 십 피코초( $10^{-12}$ 초) 수준에 걸쳐 사라진다는 사실을 밝혀냈다.

지스트 이종석 교수는 “본 연구 성과는 반도체 표면에서 광 여기된 전하들의 초고속 움직임을 실시간으로 추적한 의미있는 결과이며, 향후 태양전지나 광촉매 관련 소자를 개발하고 성능을 향상시키는 데 있어 크게 기여를 할 것으로 기대된다”고 말했다.

이번 연구는 한국연구재단의 중견연구자 사업, 선도연구센터 사업 등의 지원을 받아 재료과학, 코팅 분야의 세계적인 학술지인 'Applied Surface Science'에 2021년 9월 17일 온라인 게재되었다.

## 논문의 주요 내용

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Applied Surface Science ( IF 6.707, 2020년 기준)
- 논문명 : Ultrafast real-time tracing of surface electric field generated via hot electron transport in polar semiconductors
- 저자 정보 : 최인혁 박사과정생 (제1저자, 지스트), 김민섭 박사과정생 (공저자, 지스트), 강철 박사 (공저자, 지스트), 이종석 교수 (교신저자, 지스트)