

# 단순 공정으로 대면적 차세대 반도체 소자 개발

- 단 하나의 물질로 광학구조를 설계하여 99% 이상의 협대역 광 흡수 및 근적외선 빛의 감지 가능한 반도체 소자 구현
- 고성능 광학 소자의 대량생산 및 상용화에 크게 이바지할 것으로 기대



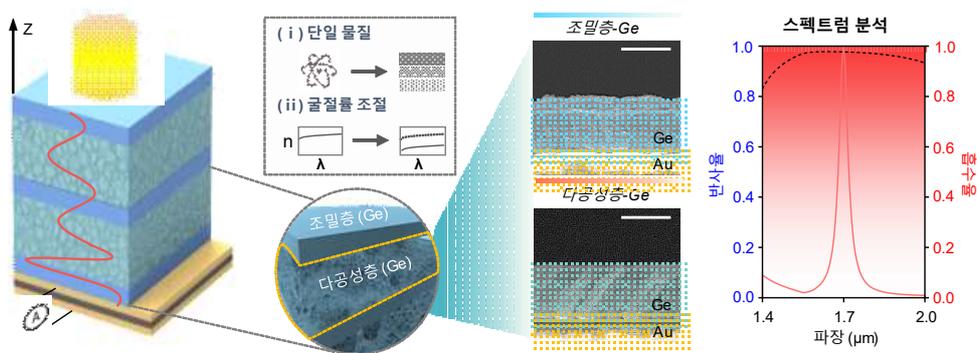
▲ (왼쪽부터) 유영진 박사, 김소희 박사과정생, 송영민 교수, 고주환 박사과정생, 김민석 박사과정생

기존 반도체 소자의 복잡한 제조 공정에서 벗어나 구조적 복잡성과 성능 한계를 극복하고, 하나의 재료만으로 고흡수율을 구현하는 구조 설계 기술이 개발됐다.

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 전기전자컴퓨터공학부 송영민 교수 연구팀은 단일물질로 구성된 매우 단순한 형태인 필름형 적층 구조(Tamm 플라즈몬 구조\*)를 이용해 근적외선 영역에서 선택적 흡수가 가능하고, 협대역의 고흡수율을 갖는 차세대 반도체 소자를 개발하는 데 성공했다.

\* **Tamm 플라즈몬 구조 (Tamm plasmon structure):** 서로 다른 유전체층이 주기적으로 적층된층과 금속층이 결합된 형태로, 두 층의 계면에서 빛의 강한 흡수가 일어나는 구조이다. 본 연구에서는 Tamm 플라즈몬 구조를 통해 근적외선 영역에서 향상된 광학적 특성을 활용하였다.

단일 물질 Tamm 플라즈몬 구조



▲ 근적외선 영역 협대역의 고 흡수가 가능한 단일 물질의 Tamm 플라즈몬 구조

기존의 반도체 소자는 높은 흡수율과 협대역의 우수한 성능을 위해 수십 ~ 수 백 나노미터 수준의 복잡한 형태로 구성된 광 구조로 개발되어왔다.

하지만 이러한 구조들은 고비용의 복잡한 제작과정이 요구될 뿐만 아니라 대면적의 소자를 구성하기 어려워 실제 상용제품에 활용되기 힘들다는 한계가 있다.

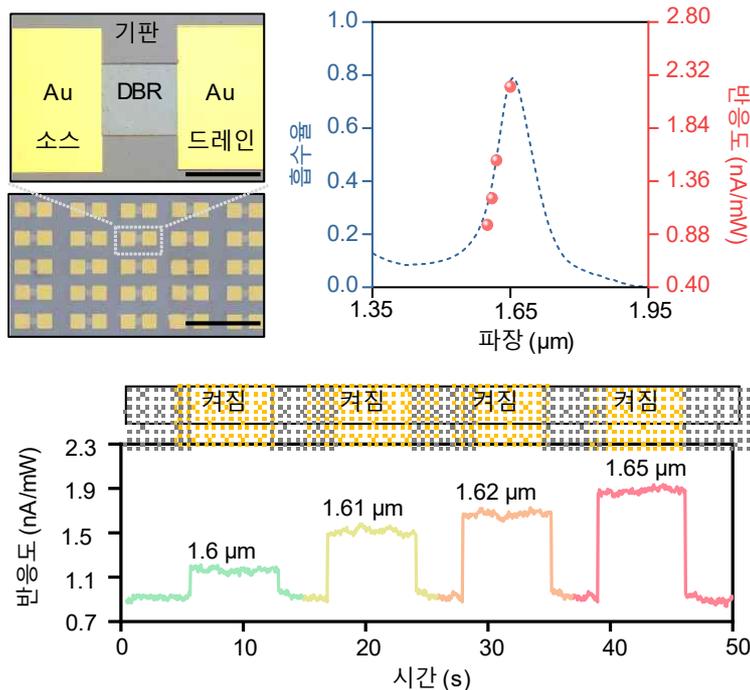
최근, 이러한 제작 방법과 복잡성을 극복하기 위해 단순한 필름형태의 반도체 소자인 Tamm 플라즈몬 구조가 개발되어왔으나, 대부분 일반적인 재료를 사용하여 이는 광학 설계의 한계점으로 작용해 100%의 흡수율을 달성하기 어려웠다.

검출하고자 하는 빛의 100% 흡수율을 달성하기 위해 DBR\* 구조와 메탈 구조 사이에서 강한 흡수가 일어날 수 있도록 임피던스\*\* 값을 조절해야 한다. 하지만, DBR 층을 구성하는 재료의 한계로 인해 광학 특성의 조절이 자유롭지 않으며 고흡수율 달성에 있어 큰 난관으로 작용해왔다.

\* **DBR (Distributed Bragg Reflectors):** 분산 브레그 반사경으로 불리며, 서로 다른 굴절률을 갖는 물질이 주기적으로 적층된 다층 구조이다.

\*\* **임피던스 (Impedance):** 전자기파의 파동 임피던스는 전기장과 자기장의 비율을 나타낸다.

연구팀이 개발한 단일 물질 기반 Tamm 플라즈몬 구조는 물질에 다공성을 부여하여 자유롭게 물질의 특성을 변조하였고, 결과적으로 완벽한 흡수에 가까운 99% 이상의 흡수율을 보였다.



▲ 어레이 형태의 선택적 반응도를 갖는 차세대 반도체소자 구현

해당 기술은 단순한 구조에서도 강한 흡수율과 협대역의 고속 광 검출 특성 (47~76ms)을 나타냈다. 또한, 웨이퍼 수준의 대면적 공정 구현에도 성공하여 상용 제품으로의 적용 가능성을 확인하였다.

지스트 송영민 교수는 "기존 반도체 소자의 구조적 복잡성과 성능 한계를 극복하고, 물질 특성을 조절하여 하나의 재료만으로 고효율을 구현하는 구조 설계법을 개발하였다"며, "해당 기술을 접목하여 광 흡수/방사를 기반으로 하는 태양전지, 수동 복사 구조 등 다양한 광학소자에 응용될 수 있을 것으로 기대된다"라고 밝혔다.

본 연구는 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 미래소재디스커버리사업, 나노 및 소재 기술개발사업, 학문 후속세대지원 과제, 지스트 GRI 및 정보통신기획평가원이 추진하는 IITP 과제로 수행되었으며, 연구 결과는 국제학술지 어드밴스드 옵티컬 머트리얼즈(Advanced Optical Materials, IF: 9.926)에 1월 10일(월) 온라인 게재되었다.

## 논문의 주요 내용

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Advanced Optical Materials (IF=9.926)
- 논문명 : Single-Material, Near-Infrared Selective Absorber Based on Refractive Index-Tunable Tamm Plasmon Structure
- 저자 정보 : 김소희 박사과정(공동 제1저자.지스트 전기전자컴퓨터공학부), 고주환 박사과정(공동 제 1저자.지스트 전기전자컴퓨터공학부), 유영진 박사(공동저자.지스트 전기전자컴퓨터공학부), 김민석 박사과정(공동저자 지스트.전기전자컴퓨터공학부), 이길주 교수(공동저자, 부산대학교.전자공학과), Satoshi Ishii 박사(공동저자.International Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute of Materials Science), 송영민 교수(교신저자.지스트 전기전자컴퓨터공학부)