

미래 반도체 소자 연구실

(Future Semiconductor Device Lab., FSDL)

▶ 위치: IT-3호관 407호

▶ 전화: 053-950-7844

▶ E-mail: dae-hyun.kim@ee.knu.ac.kr

▶ 홈페이지: <https://fsdl.dssso.kr/>

01

연구실구성원

- 지도교수 : 김대현 교수님
- 연구교수 : 이인근 박사님
- 박사과정 : 윤상기, 손승우, 유지훈, 박완수, 최수민, 김효진
- 석사과정 : 전용수, 이혁준, 유민서

02

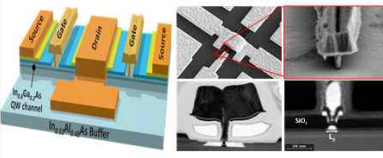
연구분야

김대현교수: 미래반도체소자 연구실 (FSDL)

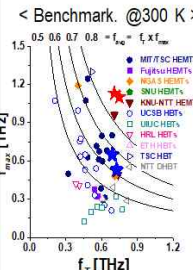
| 김대현 교수 | 연구실 정보 | 반도체 공정/소자/회로설계 관련 주요 연구 분야 |
|--|---|--|
|  <ul style="list-style-type: none"> • dae-hyun.kim@ee.knu.ac.kr • 053-950-7844 | <ul style="list-style-type: none"> • https://fsdl.dssso.kr/ • 연구교수(1), 박사과정(5), 석박통합과정(1), 석사과정(3), 학부연수생(4) | <ul style="list-style-type: none"> • Terahertz 및 양자컴퓨팅용 초저잡음 반도체 소자 연구 • High-power용 GaN 기반 소자 연구 • Multi-Bridge channel FET (MBCFET) 소자 연구 |

연구실 소개 및 연구분야

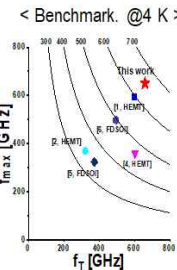
- THz 및 양자컴퓨팅 반도체 소자연구



< Benchmark. @300 K >

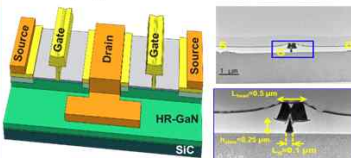


< Benchmark. @4 K >

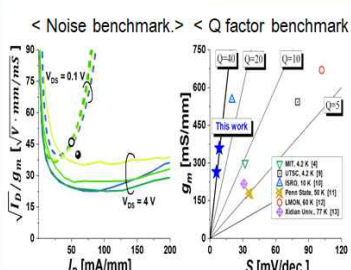


- Sub-30 nm nano-device technology.
- Record & the best balanced RF FOMs not only room temperature also cryogenic temperature

High-power GaN 기반 소자 연구

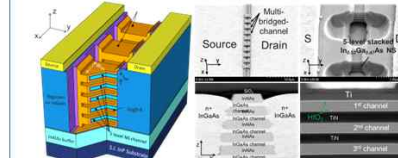
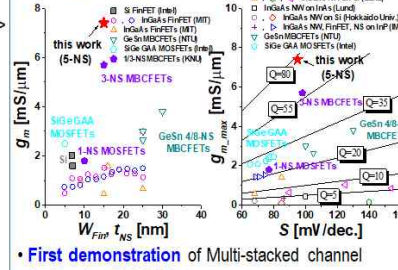


< Noise benchmark > < Q factor benchmark >



- Sub-100 nm nano-device technology.
- Record & the best balanced low noise FOMs.

GAA MBCFET 소자 연구

- First demonstration of Multi-stacked channel $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ MBCFETs.
- $L_g = 90$ nm 5-level stacked $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ MBCFETs.
- $\rightarrow g_{m,max} = 7.4 \text{ mS}/\mu\text{m}$ & $Q = 78$

□ 주요 수행과제

- 300 GHz 대역 MMIC 개발을 위한 반도체 소자 및 MMIC 설계/제작 기술 개발/한국연구재단
- 우주국방용 전락소자를 위한 화합물반도체 인프라 고도화/한국연구재단
- Upper-mid Band E-MIMO 기지국 배열안테나용 화합물 공정 기반 RF 부품 기술 개발/정보통신기획평가원
- 고 전류밀도/고전압 eGaN 소자공정 국산화 및 이를 활용한 eGaN 소자기술 개발/산업통상자원부
- 양자컴퓨팅 정보기술을 위한 HEMT를 적용한 극저온 저잡음 증폭기용 MMIC 공정 기술 개발/산업통상자원부
- 초고주파 대역용 3D TIV 집적화 공정 및 적층형 InP/GaN 소자 기술 개발/국방과학연구소
- 0.2 μm GaN HEMT 모델링 기술 고도화/국가과학기술연구회
- 6G 및 양자 컴퓨팅 어플리케이션을 위한 THz 속도의 트랜지스터 개발/삼성전자(주)
- 가시광선/근적외선의 선택적 검출기능을 가진 InGaAs/InP 기반 고감도 광센서 개발 및 Multi-Bridge channel FET (MBCFET) 소자 개발/삼성전자(주)

□ 대표 연구 논문

- Conference

- “Single-power-supply compatible cryogenic $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ quantum-well HEMTs with record combination of high-frequency and low-noise performance for quantum-computing applications”, *2024 IEEE Symposium on VLSI Technology and Circuit (VLSI)*, Hawaii, 2024.
- “ $L_g = 60 \text{ nm}$ $\text{In}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{As}$ MBCFETs: From $g_{m,max} = 13.7 \mu\text{S}/\text{mm}$ and $Q = 180$ to virtual-source modeling”, *2023 IEEE Symposium on VLSI Technology and Circuit (VLSI)*, Kyoto, 2023.
- “On the universality of drain induced barrier lowering in field-effect transistors”, *2022 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, San Francisco, 2022.
- “Terahertz $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ quantum-well HEMTs toward 6G applications”, *2022 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, San Francisco, 2022.
- “ $L_g = 130 \text{ nm}$ GAA MBCFETs with three-level stacked $\text{In}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{As}$ nanosheet”, *2022 IEEE Symposium on VLSI Technology and Circuit (VLSI)*, Hawaii, 2022.
- “ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ QW HEMTs with a record combination of f_T and f_{max} : From μ -relevant to ballistic transport regimes”, *2021 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, San Francisco, 2021.
- “ $L_g = 19 \text{ nm}$ $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ composite-channel HEMTs with $f_T = 738 \text{ GHz}$ and $f_{max} = 492 \text{ GHz}$ ”, *2020 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, Online, 2020.

- Journal

- “Pushing the boundaries: an interview with Dae-Hyun Kim on terahertz devices”, *National Science Review (NSR)*, 11.3, January-2024
- “Analytical and Physical Investigation on Source Resistance in $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ Quantum-well High-electron-mobility Transistors”, *Micromachines*, 2023.
- “Impact of Output Conductance on Current-Gain Cut-Off Frequency in $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ Quantum-Well High-Electron-Mobility Transistors on InP Substrate”, *Electronics*, 12(2), pp. 259, 2023.
- “Sub-50 nm Terahertz $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ quantum-well High-Electron-Mobility transistors for 6G applications”, *IEEE Transactions on Electron Devices (TED)*, Vol. 70, No. 4, pp. 2081-2089, April-2023.

- “A new methodology to analyze carrier transport properties for $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ quantum-well high-electron mobility transistors from transconductance in saturation”, in *IEEE Electron Device Letters* (EDL), Vol. 44, No. 2, pp. 229-232, Feb.-2023.
- “Comprehensive modeling of the extrinsic transconductance for $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ quantum-well high-electron-mobility transistors”, *Solid-State Electronics* (SSE), Vol. 197, pp. 108484, Nov.-2022.
- “Vertical homo-junction $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ tunneling field-effect transistors with minimum subthreshold swing of 52 mV/decade”, *Solid-State Electronics* (SSE), Vol. 197, p. 108447, Nov.-2022.
- “Extraction of effective mobility of $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ quantum-well high-electron-mobility transistors on InP substrate”, *Solid-State Electronics* (SSE), Vol. 197, p. 108446, Nov.-2022.
- “ $L_g = 50$ nm Gate-All-Around $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ Nanosheet MOSFETs with Regrown $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ Contacts”, *Electronics*, 2022.
- “Physics-based analytical channel charge model of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ quantum-well field-effect transistors from subthreshold to strong inversion regimes”, *IEEE Journal of Electron Society* (JEDS), Vol. 10, pp. 387-396, 2022.
- “A Comprehensive Benchmarking Method for the Net Combination of Mobility Enhancement and Density-of-States Bottleneck”, *IEEE Electron Device Letters* (EDL), Vol. 42, No. 6, pp. 804-807, April-2021.
- “Sub-30-nm $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ Composite-Channel High-Electron-Mobility Transistors With Record High-Frequency Characteristics”, *IEEE Transactions on Electron Devices* (TED), Vol. 68, No. 4, pp. 2010-2016, April-2021.
- “Impact of Sulfur Passivation on Carrier Transport Properties of $\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ Quantum-Well MOSFETs”, *IEEE Journal of the Electron Devices Society* (JEDS), Vol. 9, pp. 209-214, Feb.-2021.
- “Vertical InGaAs tunnel-field-effect transistors by anelectro-plating fin formation technique”, *Solid-State Electronics* (SSE), Vol 164, pp. 107681, Feb.-2020.
- “A unified method to extract the effective mobility in InGaAs metal-insulator-semiconductor field-effect-transistors using scattering-parameters”, *Solid-State Electronics* (SSE), Vol 162, pp. 107644, Dec.-2019.
- “Impact of in situ atomic layer deposition TiN/high-k stack onto $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ MOSCAPs on 300 mm Si substrate”, *Japanese Journal of Applied Physics* (JJAP), Vol. 58, No. 4, pp. 040905, April-2019.
- “Long-channel InAlAs/InGaAs/InAlAs single-quantum-well MISFETs with subthreshold swing of 61 mV/decade and effective mobility of $11,900 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ”, *Applied physics express* (APEX), Vol. 12, No. 6, pp. 064003, June-2019.
- “ $L_g = 25$ nm InGaAs/InAlAs high-electron mobility transistors with both f_T and f_{max} in excess of 700 GHz”, *Applied physics express* (APEX), Vol. 12, No. 5, pp. 054006, May-2019
- “Scattering mechanisms in $\text{In}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ quantum-well metal-oxide semiconductor field-effect transistors”, *Solid-State Electronics* (SSE), Vol. 151, pp. 23-26, Jan.-2019.

04

특허 및 등록출원 현황

| 연번 | 구분 | 특허명 | 발명자 | 등록일자 | 등록국가 | 등록번호 |
|----|----|---|-----------------------------------|------------|------|-------------------|
| 13 | 출원 | 선택적 재성장 기술을 사용한 BiFET 소자 제작기술 | 김대현, 이인근, 박완수 | 2023.02.08 | KR | 10-2023-0016533 |
| 12 | 출원 | 역방향으로 성장된 에피 웨이퍼를 사용한 고주파 전자회로의 제조 방법 | 김대현, 이인근, 박완수 | 2023.02.07 | KR | 10-2023-0016141 |
| 11 | 출원 | 고전자이동도 트랜지스터 및 그 제조방법 | 김대현, 조현빈, 윤승원, 이인근 | 2021.12.13 | PCT | PCT/KR2021/018823 |
| 10 | 출원 | 서로 다른 불순물 농도와 채널 두께를 가지는 다중 채널 트랜지스터 제조방법 | 김대현, 백지민 | 2021.12.09 | KR | 10-2021-0175997 |
| 9 | 출원 | 고전자 이동도 트랜지스터 및 그 제조방법 | 김대현, 이인근 | 2021.12.09 | KR | 10-2021-0175999 |
| 8 | 출원 | 고전자이동도 트랜지스터 및 그 제조방법 | 김대현, 이인근, 윤승원, 조현빈 | 2021.12.09 | KR | 10-2021-0175998 |
| 7 | 출원 | 선택적 재성장 기술을 사용한 기생 저항 감소 소자 제작 방법 | 김대현, 이인근 | 2020.12.11 | KR | 10-2020-0173519 |
| 6 | 출원 | 선택적 다층 재성장 기술을 활용한 게이트 식각 영역 형성 방법 | 김대현, 윤승원, 이인근, 조현빈 | 2020.12.11 | KR | 10-2020-0173523 |
| 5 | 출원 | 햄트의 효율적 티게이트 형성 방법 | 김대현, 조현빈, 김상국, 김태경, 윤상진 | 2020.11.27 | KR | 10-2020-0162517 |
| 4 | 출원 | 트랜지스터 및 트랜지스터 제조방법 | 김대현, 백지민, 윤도영, 이인근 | 2020.05.29 | PCT | PCT/KR2020/006093 |
| 3 | 등록 | 반도체 구조의 제조 방법 및 반도체 소자 | 고대홍, 김형섭, 김대현, 신찬수, 이인근 | 2020.04.24 | KR | 10-21067200000 |
| 2 | 등록 | 트랜지스터 및 트랜지스터 제조방법 | 김대현, 윤도영, 조현빈, 이인근, 백지민 | 2019.05.09 | KR | 10-2019-0054151 |
| 1 | 등록 | 실리콘(001) 기판 상에 반도체 에피층 성장방법 | 신찬수, 조영대, 전동환, 박경호, 박월규, 고대홍, 김대현 | 2016.01.15 | KR | 10-15874300000 |

05

졸업생 진로 현황

| 취업 구분 | | | | |
|-----------|----------|----|----------------|----|
| 산업체 및 연구소 | | | | 진학 |
| 삼성 | SK-Hynix | 기타 | 유관산업체 및 국공립연구소 | 국내 |
| 7 | 1 | 4 | 1 | 4 |