

K-GOW 2020

제3회
한국산화갈륨기술연구회

전문학술워크숍

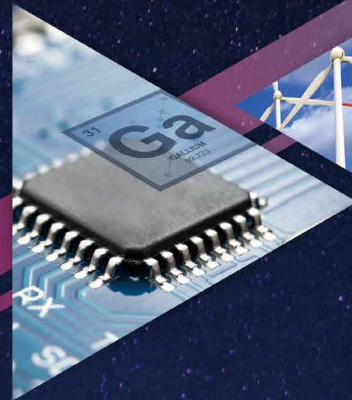
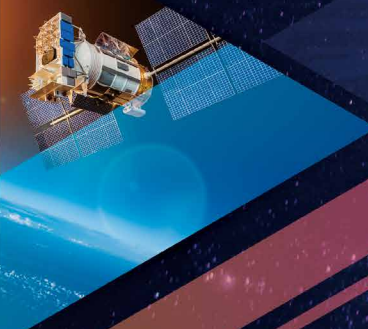
날짜

2020.07.08^{WED}

10^{FRI}

장소

휘닉스 평창 호텔



THE 3rd WORKSHOP

OF KOREA RESEARCH SOCIETY

OF GALLIUM OXIDE

TECHNOLOGY

주최



한국전기전자재료학회
The Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers

주관



한국산화갈륨기술연구회
Korea Research Society of Gallium Oxide Technology

제3회

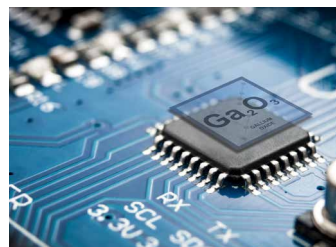
한국산화갈륨기술연구회

전문학술워크숍

Contents

- 01 초대의 글 / 문재경 한국산화갈륨기술연구회 위원장
- 02 축사 / 김은동 한국전기전자재료학회 회장
- 03 사전 등록 및 현장 등록 안내
- 04 프로그램 일정

- 06 Session I 단결정 및 에피 성장 기술
- 16 기업 특별 발표 케이원솔루션
- 18 Session II 응용소자 및 공정기술
- 28 Session III 시뮬레이션 및 특성 분석
- 32 Session IV 일반 발표



발행일 2020년 7월 8일 발행처 한국전기전자재료학회 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 신관 807호
전화 02-538-7959 팩스 02-538-3623 이메일 kieeme@kieeme.or.kr

디자인 및 인쇄 한국학술정보(주) 경기도 파주시 회동길 230 (문발동)
전화 031-940-1118 팩스 031-940-1166 이메일 booktory1118@kstudy.com

초대의 글

THE 3rd WORKSHOP
OF KOREA RESEARCH SOCIETY
OF GALLIUM OXIDE
TECHNOLOGY

제3회 한국산화갈륨기술연구회 전문학술훈크숍

위원장 문재경



미국, 일본, 유럽등 글로벌 선진 연구그룹에서는 질화갈륨(GaN)과 탄화규소(SiC) 반도체의 상용화에 이어 차세대 Ultra-wide bandgap 반도체 기술의 선점을 위하여 정부의 풍부한 지원과 함께 체계적인 중장기 연구를 진행 중이다. 특히 산화갈륨(Ga_2O_3) 반도체는 넓은 밴드갭을 갖으며 액상성장법으로 고품질의 대면적 단결정 기판 성장이 가능하여 전기자동차, 신재생에너지, 우주항공, 지하탐사등 극한 환경응용을 겨냥한 고효율 고전력반도체 연구개발에 박차를 가하고 있으나, 아직 글로벌 초기단계 수준에 있어 선점의 기회가 매우 많은 분야이다.

2017년 7월 국내 최초의 중장기 산화갈륨기술개발 국책사업을 시작하며 개방적 연구를 통한 기술 국산화와 글로벌 신시장 창출 및 선점의 가속화에 기여하고자 ‘빨리 그리고 멀리’라는 슬로건과 함께 『한국산화갈륨기술연구회』를 설립하였으며, 오늘날까지 점점 발전하고 있습니다.

본 연구회는 2018년 2월 26일 아름다운 섬 남쪽 제주에서 제1회 산화갈륨전문학술훈크숍을 개최 하였습니다. 제2회는 다이내믹 도시 부산에서, 그리고 올해 제3회는 과학기술의 도시 대전에서 개최 예정이었으나, 전 세계를 강타한 코로나 바이러스 사태로 인하여 오늘에야 비로소 청정도시 평창에서 한국전기전자재료학회와 함께 개최합니다. 특히 올해는 산화갈륨 단결정 성장, 에피성장과 도핑, 응용 소자 및 공정, 시뮬레이션 및 특성 분석으로 발표 분야를 더욱 확대하였습니다. 산학연 관계자 여러분을 『제3회 한국산화갈륨기술연구회 전문학술훈크숍』으로 초대합니다. 더욱 발전하는 연구문화를 만드는데 함께 해 주시기 바랍니다.

올 상반기에는 국내외 70억 인구 모두가 통제된 삶과 침체된 경기로 힘들었습니다. 그럼에도 불구하고 백색 쥐띠해 경자년에는 여러분의 가정과 직장을 포함하여 이웃 모두에게 건강과 행복이 늘 함께하며 웃음꽃이 만발하기를 기원합니다.

2020년 7월 8일

측사

THE 3rd WORKSHOP
OF KOREA RESEARCH SOCIETY
OF GALLIUM OXIDE
TECHNOLOGY



한국전기전자재료학회

회장 김은동

코로나 19로 인한 어려운 환경에도 불구하고 학술발전을 위하여 『산화갈륨기술연구회』 워크숍을 준비해 오신 연구회 문재경 회장님과 참석하신 회원 모두에게 존경과 감사의 말씀을 드리고자 합니다.

차세대 반도체 기술로 각광받고 있는 『산화갈륨반도체』 기술에 대한 선진 각국의 개발경쟁은 산화갈륨 반도체 소자의 예상보다 빠른 시장출현을 기대하게 만들고 있습니다.

이러한 세계적 경쟁에서 앞서기 위해, 본 연구회 위원장님과 회원들이 주축이 되어 산화갈륨반도체 분야의 새로운 중장기 대책사업이 추진하고 있는 것은 우리 학회의 큰 자랑입니다. 이러한 큰 디딤돌을 바탕으로 본 연구회가 세계 산화갈륨반도체 기술을 주도하는 장으로 발전할 수 있기를 기대해 봅니다.

나아가 『산화갈륨기술연구회』가 30여년의 한국전기전자재료학회 역사 속에서 국책연구개발사업과 가장 긴밀히 협조하는 우수 사례가 될 것으로 믿어 의심치 않고 있습니다.

학회 차원에서도 연구회 회장님과 회원 여러분들이 만드신 이 협력 사례를 더욱 발전시켜 본받을 만한 모범사례로 만들 수 있도록, 산화갈륨반도체의 응용기술 분야로 기대되는 wide band gap 반도체 기반 IoT 센서 시스템 분야 기술 기획을 지원하고자 합니다. 아무쪼록 작은 지원이지만 이를 통하여 회원 여러분들이 협력할 수 있는 보다 큰 기회를 만들어 주시길 부탁드립니다.

마지막으로, 나날이 발전하는 『산화갈륨기술연구회』를 통하여 더 높은 학술적 성취를 거두시길 기원하며 측사를 마치고자 합니다.

2020년 7월 8일

■ 사전 등록 및 현장 등록 안내

I. 사전 등록

- 사전 등록대에서 등록 여부 확인 후 명찰과 기념품 수령

II. 현장 등록

- 현장에서 등록 신청서 작성 및 현장 등록비 결제 후 명찰과 기념품 수령

III. 등록비

사전 등록 마감 : 2020년 6월 5일(금)

구분	회원		비회원	
	정회원	학생회원	일반	학생
사전 등록	280,000원	240,000원	325,000원	275,000원
현장 등록	320,000원	280,000원	395,000원	315,000원

- 등록비 포함내역
 - 1) 식사 3회 : 7월 8일(수) 중식 & 만찬 도시락 | 7월 9일(목) 중식
 - 2) 프로그램 북
 - 3) 기념품
- 동반 가족(배우자, 자녀)의 경우, 당일 현장에서 환영리셉션 만찬 도시락 쿠폰 별도 구매 가능 (50,000원)

IV. 유의 사항

- 워크숍 등록시 <2020 한국전기전자재료학회 하계학술대회>에도 참가할 수 있는 동일한 권한이 부여됩니다.
- 사전등록 기간 내에만 취소 및 환불이 가능합니다. 사전등록 마감 이후에는 취소 불가하며, 환불되지 않습니다.
- 사전등록 및 등록비 납부는 기간 내에 진행해주시기 바랍니다.
- 사전 등록비 영수증은 행사 당일 등록처에서 수령 가능합니다.

V. 결제 방법

- 무통장입금(전자계산서 발행 가능) 또는 카드 결제

프로그램 일정

※ 세부 발표 일정은 사정에 따라 변경될 수 있습니다.

일자	시간	소요시간	주요 내용	장소
7/8 (수)	10:00 - 18:00	-	등록	로비(1층)
	11:30 - 13:00	90'	중식	센터프라자 건물 '온담'
	13:00 - 13:20	20'	제3회 산화갈륨전문학술워크숍 환영사	제2세션장 (2층)
	13:20 - 14:20	60'	< Session I > 단결정 및 에피 성장 기술 (1) _ 좌장 : 전대우 박사	
	13:20 - 13:50	30'	Twin Defects in Gallium Oxide _ 홍순구(충남대학교/교수)	
	13:50 - 14:20	30'	Growth of N-Doped β -Ga ₂ O ₃ Epi on β -Ga ₂ O ₃ (-201) and (001) Substrate by HVPE _ 문영부(주)유제이엘/박사)	
	14:20 - 16:30	130'	Coffee break	
	16:30 - 18:00	90'	< Session I > 단결정 및 에피 성장 기술 (2) _ 좌장 : 문영부 박사	
	16:30 - 17:00	30'	Growth and Characterization of Si Doped Ga ₂ O ₃ Layer Grown on Sapphire by Hydride Vapor Phase Epitaxy _ 전대우(한국세라믹기술원/박사)	
	17:00 - 17:30	30'	Phase Transformation by Thermal Annealing of a Pulsed Laser-Deposited Gallium Oxide Thin Film on SiO _x /Si Substrate _ 최병대(대구경북과학기술원/박사)	
	17:30 - 18:00	30'	Self-Catalytic Growth of β -Ga ₂ O ₃ Nanowires Deposited by Radio-Frequency Powder Sputtering _ 강현철(조선대학교/교수)	
18:30 - 20:30	120'	환영리셉션	제1세션장 (2층)	
7/9 (목)	08:30 - 16:50	-	등록	로비 (1층)
	09:00 - 09:40	40'	기업 특별 발표 : 케이원솔루션 _ 좌장 : 박지현 박사	제2세션장 (2층)
	09:00 - 09:40	40'	Ga ₂ O ₃ 단결정 성장을 위한 고순도 β -Ga ₂ O ₃ 합성 _ 정진한(케이원솔루션/대표)	
	09:40 - 10:10	30'	< Session II > 응용소자 및 공정기술 (1) _ 좌장 : 박지현 박사	
	09:40 - 10:10	30'	수 kV급 산화갈륨 (Ga ₂ O ₃) 전력반도체 소자 기술 동향 _ 문재경(한국전자통신연구원/박사)	
	10:10 - 10:30	20'	Coffee break	
	10:30 - 12:00	90'	< Session II > 응용소자 및 공정기술 (2) _ 좌장 : 장우진 박사	

일자	시간	소요시간	주요 내용	장소
7/9 (목)	10:30 – 11:00	30'	Fabrication and Characterization of Nano-Layered β -Gallium Oxide-Based Solar-Blind Photodetectors _ 김지현(고려대학교/교수)	제2세션장 (2층)
	11:00 – 11:30	30'	Amorphous/Polycrystalline Bilayer HfO ₂ Dielectric for Enhanced β -Ga ₂ O ₃ MOS Capacitors _ 유건욱(송실대학교/교수)	
	11:30 – 12:00	30'	MOSFET Using Phase Transition of Kappa Gallium Oxide Thin Film on Sapphire Substrate by MOCVD _ 박지현(한국세라믹기술원/박사)	
	12:00 – 13:30	90'	중식	센터프라자 건물 '온담'
	13:30 – 14:00	30'	< Session II > 응용소자 및 공정기술 (3) _ 좌장 : 유건욱 교수	제2세션장 (2층)
	13:30 – 14:00	30'	Review of Application of Ga ₂ O ₃ as a Semiconductor Material for Electric Motor Vehicle _ 정영균(현대자동차/책임)	
	14:00 – 15:00	60'	< Session III > 시뮬레이션 및 특성 분석 _ 좌장 : 유건욱 교수	
	14:00 – 14:30	30'	Simulation of Gallium Oxide Based Devices Using In-House Semiconductor Device Simulator, G-Device _ 홍성민(광주과학기술원/교수)	
	14:30 – 15:00	30'	Heterostructural Phase Diagram Ga ₂ O ₃ -Based Solid Solution with Al ₂ O ₃ _ 조성범(한국세라믹기술원/박사)	
	15:00 – 15:20	20'	Coffee break	
	15:20 – 16:20	60'	< Session IV > 일반 발표 _ 좌장 : 홍순구 교수	
	15:20 – 15:40	20'	Hetero-Epitaxial Growth of High Quality α -Ga ₂ O ₃ on Stripe Patterned Cavity Engineered Sapphire Substrate by Mist-CVD _ 양두영(서울대학교/학생)	
	15:40 – 16:00	20'	Growth High Quality α -Ga ₂ O ₃ Layer on Sapphire Substrate (α -Al ₂ O ₃) with α -(Al _{1-x}) ₂ O ₃ Buffer by Mist-CVD _ 김병수(서울대학교/학생)	
	16:00 – 16:20	20'	α -Ga ₂ O ₃ Schottky barrier diode 제작을 위한 에피 및 공정기술 개발 _ 최환희(한성대학교/연구원)	
16:20 – 16:50	30'	폐회식		
7/10 (금)	09:00 – 12:00	-	산업시찰	-

초청 강연

01

Twin Defects in Gallium Oxide

홍순구^a, 고시참, 능력부응

Soon-Ku Hong^a, Trong Si Ngo, Vuong Quoc Nguyen

충남대학교

Abstract:

Gallium oxide is emerging ultra-wide band gap oxide material for power semiconductors and photonic devices applications. Monoclinic β -Ga₂O₃ substrate for homoepitaxy is available by edge-defined

film-fed growth (EFG) but due to the specular shape of ingot grown, the sizes of substrates are different depending on the planes. Device applicable high quality substrates β -Ga₂O₃ with (-201), (010), and (001) planes by EFG are commercially available and widely used for epitaxy and device fabrication for power devices.

Recently, we have reported comprehensive and detailed defects structures in (-201) β -Ga₂O₃ homoepitaxy layers grown by plasma-assisted molecular beam epitaxy. It was revealed that the main defects in gallium oxide homoepitaxy are dislocation and twin defects. As based on experimental results and understanding of characteristics of defects in epitaxy we believe that threading dislocation density in homoepitaxy layers, not in heteroepitaxy, is inevitably depending on the dislocation density in the substrate.

On the other hand, twin defect is very dependent on atomistic behaviors of growing species on the growing front and growth conditions. We have recognized that formation of twin defects is not the issue only in (-201) epitaxy but also in (001) and (010) homoepitaxy of β -Ga₂O₃.

In this report, we will address detailed structures of twin defect and formation of it in beta-Ga₂O₃ hompepitaxy and extend our discussion to (001) and (010) homoepitaxy.

Keywords

Gallium oxide,
Defect, Twin,
Epitaxy,
Power device

a. Corresponding Author soonku@cnu.ac.kr

초청 강연

02

Growth of N-Doped β -Ga₂O₃ Epi on β -Ga₂O₃ (-201) and (001) Substrate by HVPE

이대장¹, 이우식¹, 하준석², 차안나², 문영부^{1a}Daejang Lee¹, Woosik Lee¹, Junseok Ha², Anna Cha², and Youngboon Moon^{1a}¹UJL Inc.²전남대학교

Abstract:

본 연구에는 HVPE 장비를 이용하여 Sapphire 기판과 면방위가 다른 β -Ga₂O₃ 기판 위에 β -Ga₂O₃ 에피를 성장하는 Hetero & Homo epitaxial growth를 진행하였음. 고품위 에피 성장을 위한 최적 성장 조건을 확보하기 위해 다음과 같은 연구를 수행하였음. 첫째, 성장온도와 HCl 유량 최적화를 위한 실험 조건으로 970~1,000 °C 및 25~200 sccm의 범위를 설정하였으며, HCl의 유량과 전처리 시간을 변수로 하는 실험을 진행하였음. 둘째, 반응 기체 주입구와 Susceptor 간 거리를 조절하고 그에 따른 에피 성장 변화를 관찰하였음. 셋째, Susceptor의 방향을 반응 기체 주입구 기준 수평, 수직 방향으로 구분하고, 이때 III/VI ratio 및 온도를 변경하며 최적 성장 조건을 확인하였음. 넷째, 위 성장 조건을 바탕으로 β -Ga₂O₃ (-201) 및 (001)기판 위에 n-doping된 에피성장 연구를 진행하였으며, 이때, doping source로는 DCS gas와 Sn metal source를 이용한 Si과 Sn이 사용되었음. 성장된 에피 특성 분석을 위해 표면 거칠기, 전기적 특성, XRD FWHM 등의 측정을 진행하였음.

다양한 범위의 성장온도에서의 실험결과 온도가 증가함에 따라 결정성이 향상되는 경향을 확인하였음. HCl 유량을 25~150 sccm 조건에서는 HCl의 유량이 증가함에 따라 결정성과 growth rate가 증가하는 경향을 보였으나 일정 이상의 조건에서는 두 반응 기체의 균형이 깨지면서 결정성이 급격히 악화되는 결과를 확인하였음. HCl gas를 이용한 전처리 실험을 진행하였으며, 다양한 전처리 조건에서 발생하게 되는 표면 거칠기, XRD FWHM, 전기적 특성변화를 확인하였음. 또한, 에피 성장에 있어 가스 주입구와 Susceptor의 거리 및 방향이 밀접한 영향을 미치는 것을 확인하였고 그 경향을 분석하였음. 위 성장 조건을 바탕으로 un-doped 및 Si과 Sn source를 이용한 n-doping 에피 성장을 진행하였음. Un-doped growth 조건에서 hetero 성장의 경우 1080 arcsec, homo 성장의 경우 73 arcsec의 FWHM이 얻어졌으며, Si 및 Sn을 doping한 homo epitaxial growth의 경우 각각의 FWHM은 96 arcsec, 192 arcsec로 Si source를 이용하여 doping을 진행한 에피 성장에서 더 우수한 결정성을 나타냄을 확인하였음.

Keywords

β -Ga₂O₃,
n-type, HVPE

a. Corresponding Author ybmoon@ujl.co.kr

초청 강연

03

Growth and Characterization of Si Doped Ga₂O₃ Layer Grown on Sapphire by Hydride Vapor Phase Epitaxy

최예지, 박지현, 라용호, 전대우^a

Ye-Ji Choi, Ji-Hyeon Park, Yong-Ho Ra, Dae-Woo Jeon^a

한국세라믹기술원

Abstract:

Ultra-wide-bandgap (UWG) semiconductors have been studied for power device [1]. UWG semiconductors have aluminum nitride, boron nitride, diamond and gallium oxide (Ga₂O₃) as materials with a band-gap higher than 3.4 eV. Among them, Ga₂O₃ with a band-gap of 4.8–5.3 eV is a material with five phases (α , β , γ , ϵ , and δ) [2]. Among them, the β -phase is thermodynamically the most stable at ambient pressure, and the others are meta-stable phases. β -Ga₂O₃ is attracting much attention as an UWG semiconductor for future power device applications because high-quality epilayers can be grown on melt-grown native substrates. On the other hand, the α -Ga₂O₃ has very outstanding properties such as wider bandgap, high breakdown voltage, higher symmetry in electronic material compared to the other phases. However, it is difficult to obtain a high-quality thin film because the α -Ga₂O₃ can grow only by heteroepitaxial growth. It generated to residual stress owing to both lattice mismatch and thermal expansion coefficients between Ga₂O₃ and sapphire substrate. In order to realize excellent properties of the α -Ga₂O₃, a high-quality growth method is necessarily required. Halide vapor phase epitaxy (HVPE) is a promising candidate for that purpose.

In this work, we reports the fabrication of a high-quality Si-doped α -Ga₂O₃ epilayer on α -Al₂O₃ substrate by halide vapor-phase epitaxy. We demonstrated Si-doped α -Ga₂O₃ epilayers with higher electron mobility up to 52 cm²/Vs and wider carrier concentrations range of 10¹⁷~10¹⁹ cm⁻³.

References

- [1] Mastro, M. A., Kuramata, A., Calkins, J., Kim, J., Ren, F.,Pearton, S. J., ECS J. Solid State Sci. Technol., 6 (5), P356-P359 (2017).
- [2] Higashiwaki, M., Sasaki, K., Murakami, H., Kumagai, Y., Koukitu, A., Kuramata, A., Masui, T., Yamakoshi, S., Semicond. Sci. Technol., 31, 034001 (2016).

a. Corresponding Author dwjeon@kicet.re.kr

Acknowledgement

This research was supported by KEIT “Materials and Components Technology Development” program (No. 10080736).

Keywords

HVPE,
Hetero-epitaxy,
Si-doped Ga₂O₃

초청 강연

04

Phase Transformation by Thermal Annealing of a Pulsed Laser-Deposited Gallium Oxide Thin Film on SiO_x/Si Substrate

최병대^{1a}, Bunyod Allabergenov^{1,2}, 조희섭¹

Byeongdae Choi^{1a}, Bunyod Allabergenov^{1,2}, Hui-Sup Cho¹

¹ DGIST

² USU

Abstract:

Since a wide bandgap semiconductor Ga₂O₃ has various crystal structures, it can be widely applied to electronic devices. In this talk, we present the characteristics of gallium oxide thin films on SiO_x/Si substrate prepared by pulsed laser deposition (PLD). A PLD machine using a KRF excimer laser operating at 248 nm was used to prepare gallium oxide thin films. The thin films were annealed at high temperatures in an oxygen atmosphere for 30 min using the box furnace in order to improve the oxidation state. Crystallography and absorption spectra of the thin films were measured with an X-ray diffractometer (XRD, Bruker, D2 PHASER) and UV-Vis-NIR spectrometer (PerkinElmer, Lambda 750). Cross-sections of the thin film were investigated with a scanning transmission electron microscope (STEM, JSM-6701F). The crystallinity of the film improved by oxygen annealing at 700~900 °C. The prepared β-Ga₂O₃ thin films exhibited the optical bandgap of 4.3~4.7 eV.

Acknowledgements

This work was partially supported by the basic research programs (20-IT-10-01) through the Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST), and by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT)(NRF-2019H1D3A1A01102541)

Keywords

Annealing effect, Phase transition, Pulsed laser deposition

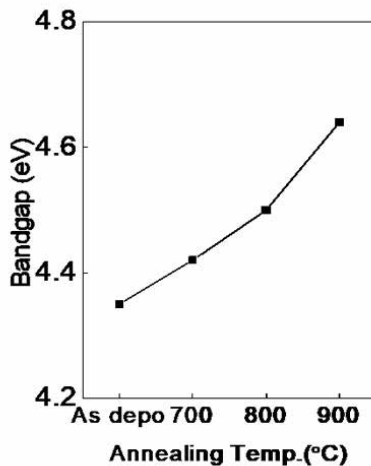


Fig. 1.

Bandgap of gallium oxide thin films by annealing temperature.

Reference

[1] A. Goyal, et al, J. Alloys Compd, 583, 214 (2014).

a. Corresponding Author bdchoi1@dgist.ac.kr

MEMO

Lined area for taking notes, consisting of multiple horizontal dotted lines.

초청 강연

05

Self-Catalytic Growth of β -Ga₂O₃ Nanowires Deposited by Radio-Frequency Powder Sputtering

강현철^a

Hyon Chol Kang^a

조선대학교

Abstract:

We investigated the growth behavior of β -Ga₂O₃ nanowires(NWs) on sapphire(0001) substrates during radio-frequency (rf) powder sputtering. Upon fabrication, flat thin films grew initially, subsequent to which, NW bundles were formed on the surface of thin film with increasing the film thickness. This transition of the growth mode occurred only at temperatures greater than $\sim 450^\circ\text{C}$. The β -Ga₂O₃ NWs were grown through the self-catalytic vapor-liquid-solid mechanism with self-assembled Ga seeds. Secondary growth of NWs, which occurred from the sides of primary NWs resulting in branched NW structures, was also observed. We also investigated the growth mechanism of In-doped β -Ga₂O₃ NWs deposited using rf powder sputtering. Although the growth sequence of the doped NWs is similar to that of the undoped β -Ga₂O₃ NWs, the formation of self-assembled In clusters is more favorable compared to Ga clusters. Clusters of In act as seeds for initiating the growth of In-doped β -Ga₂O₃ NWs through a self-catalytic vapor-liquid-solid mechanism, while Ga seeds initiate the growth of undoped β -Ga₂O₃ NWs by the same mechanism. We also observed zigzag NWs formed by alternating NW growth directions.

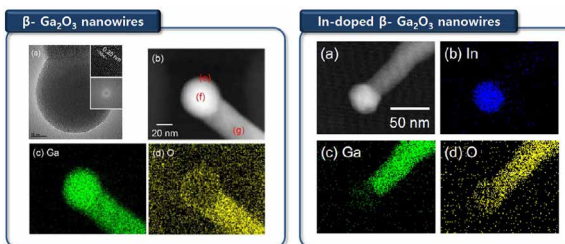


Fig. 1.

(left) (a) High-resolution TEM image taken near the tip of a NW. (b) STEM image of a single NW. (c), (d) EDX maps of Ga and O, respectively, for the image in (b). It

was clearly observed that the tip was self-assembled Ga [1]. (right) (a) Scanning TEM image of a single NW and corresponding EDX mapping images of (b) In L, (c) Ga L, and (d) O K characteristic emissions. Data were obtained from 2 wt% In-doped β -Ga₂O₃ NWs [2].

Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) through NRF-2015R1A5A1009962(SRC) and 2020R1F1A1070610.

Keywords

Gallium oxide, Nanowire, RF sputtering

References

- [1] S. Y. Park, S. U. Lee, S. H. Seo, D. Y. Noh, and H. C. Kang, Applied Physics Express, 6 (10), 105001 (2013).
- [2] S. Y. Lee, K. H. Choi, and H. C. Kang, Materials Letters, 176, 213-218 (2016).

a. Corresponding Author kanghc@chosun.ac.kr

MEMO

A series of horizontal dotted lines for taking notes.

특별 발표

01

Ga₂O₃ 단결정 성장을 위한 고순도 β-Ga₂O₃ 합성

정진한^a

Jinhan Jung^a

(주)케이원솔루션

Abstract:

현재 전력반도체 소자용 웨이퍼는 GaN on Si, SiC를 주로 사용하고 있다. 그러나 GaN의 경우는 단결정 성장이 거의 불가능하여 Si 위에 epitaxy 성장을 할 수밖에 없는 형편이다. SiC의 경우 6인치까지 상용화가 되었으나 melting 성장이 아닌 승화법(sublimation)을 사용하기 때문에 기판 자체에 결함이 많고 생산비용이 비싼 단점이 있다. 이에 비해 Ga₂O₃는 CZ, EFG method 등의 용융성장이 가능하여 원초적으로 wafer의 결함을 줄일 수 있으며 장기적으로 보면 웨이퍼의 생산 단가를 낮출 수 있다. 넓게 본다면 고순도 Ga₂O₃는 IGZO (Indium gallium zinc oxide) 박막 전구체, CIGS 태양전지, 연료전지용 전해질 첨가제, 전기자동차용 히트류자석의 첨가용 등 친환경 녹색기술, 에너지 분야의 중요 소재의 원료로의 응용이 가능하다.

Ga₂O₃의 합성 방법으로는 Arc-discharge, 플라즈마 반응, Vapor-Solid 합성법, Sol-Gel 합성법 등 다양한 방법이 있다. 이 중에서 대량생산이 가능하며 다른 응용 공정이 용이한 Sol-Gel 합성법을 기반으로 하는 것이 바람직하다 판단된다.

현재까지의 연구로는 디스플레이용 원재료인 IGZO 박막 증착용 전구체로서의 Ga₂O₃연구만 존재하였다. 본 실험에서는 고순도 Ga₂O₃ 합성 및 정제 방법을 연구하여 궁극적으로 품질이 우수한 Ga₂O₃ 단결정을 성장하기 위함이다.

Keywords

산화갈륨, 단결정, 고순도, 전력반도체소자, 웨이퍼

a. Corresponding Author jhjung@k1solution.com

초청 강연

01

수 kV급 산화갈륨 (Ga₂O₃) 전력반도체 소자 기술 동향

문재경^a, 조규준^b, 장우진

Jae Kyoung Mun^a, Kyujun Cho^b, Woojin Chang

한국전자통신연구원

Abstract:

산화갈륨 (Ga₂O₃) 반도체는 열역학 조건에 따라 다양한 상(α , β , γ , δ , ϵ and κ) 이 존재하지만, 상온에서는 β -상이 가장 안정하며, 밴드갭 에너지(E_g)도 4.8 eV 정도로 초광대역 밴드갭(Ultra-wide bandgap) 특성을 가진다. 기존의 질화갈륨(GaN) 이나 탄화규소(SiC) 반도체와 비교할 때 동일한 항복전압(breakdown voltage)에 대하여 전도손실이 열배 이상 낮으며, 액상 성장(melt-growth)이 가능하여 기판의 대규모화(large scale-up)에 따른 칩의 저가격화가 유리한 장점을 가진다. 따라서 차세대 고효율 초고전압 전력반도체 소자 및 전력변환 모듈 응용을 위하여 전세계적으로 연구개발이 활발하게 진행되고 있는 실정이다. 지난 해 2월에 상용의 조각 에피 웨이퍼를 사용하여 2.32 kV급 소오스-커넥티드 필드 플레이트 구조를 갖는 수평형 (lateral) β -산화갈륨 모스펫(MOSFET) 결과 발표하였다 [1]. 이어서 11월에는 보다 간단한 소자공정을 통하여 온-저항 424 m Ω · cm²와 항복전압 2.52 kV 특성을 갖는 모스펫 결과를 얻을 수 있었다 [2]. 동일한 채널 구조상에 수평형 쇼트키 베리어 다이오드(Schottky Barrier Diode; SBD)를 제작한 결과 애노드-캐소드 거리가 20 μ m인 경우 항복전압 특성이 3.13 kV로 매우 높게 나타났으며, 항복 전계강도(breakdown electric field) 역시 1.56 MV/cm 수준으로 매우 우수하였다. 그러나 전류밀도가 낮아 향후에는 수직형 구조(vertical structure)의 다이오드 개발이 필요할 것으로 생각된다. 본 논문에서는 이처럼 국내에서 연구 개발된 소자 결과 뿐만 아니라, 수 kV급 전력반도체 소자 기술의 글로벌 연구개발 동향에 관하여 말씀드리고자 한다 [3]. 이로 부터 필자는 산화갈륨 반도체의 우수한 물성을 기반으로 한 고성능 전력반도체 소자 (SBD, MOSFET)가 가까운 미래에 상용화가 되기를 기대해 본다.

References

- [1] J. K. Mun et. al., ECS J. Solid State Sci. Technol., 8(7): Q3079 (2019).
- [2] J. K. Mun et. al., ICAE 2019, Nov. 6, Jeju (2019).
- [3] J. K. Mun et. al., KCS 2020, Feb. 14, Jungsun (2020).

a. Corresponding Author jkmun@etri.re.kr

b. Corresponding author kjcho12@etri.re.kr

Acknowledgement

This work was supported by "The Strategic Core Material Development Program (No. 10080736)" of the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE), Korea.

Keywords

산화갈륨, 전력반도체, 모스펫, 쇼트키베리어다이오드, 항복전압, 온-오프 전류비

MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing a memo.

초청 강연

02

Fabrication and Characterization of Nano-Layered β -Gallium Oxide-Based Solar-Blind Photodetectors

이건엽, 김수현, 김지현^a

Geonyeop Lee, Suhyun Kim Kim, [Jihyun Kim](#)^a

고려대학교

Abstract:

울트라와이드 밴드갭(4.7~4.9 eV)특성의 베타상 산화갈륨은 화학적, 물리적 안정성 등이 우수하여 솔라-블라인드 광센서, 전력반도체 소자 등의 여러 분야에서 많은 주목을 받고 있다 [1]. 베타상 산화갈륨은 기계적 박리를 통해 3차원 크리스탈로부터 나노/마이크로 두께의 박막을 얻을 수 있는 것으로 알려져 있어, 이를 통해 소자의 소형화, 구조의 다양화 그리고 반데르발스 결합을 통한 스트레인-프리 헤테로 소자 제작 등이 가능할 것으로 기대된다 [2].

이번 연구는 기계적으로 박리된 나노사이즈 두께의 베타상 산화갈륨을 기반으로 포토 컨덕티브, 메탈-반도체-메탈 (MSM), 전계효과 트랜지스터 등의 다양한 형태로 베타상 산화갈륨 기반의 솔라블라인드 광센서를 제작하였으며, 각각의 광소자 특성들을 분석하였다. 또한 2차원 물질과의 반데르발스 결합을 통한 헤테로 구조에 관한 소자를 제작함으로써 산화갈륨과 다른 물질과의 결합, 그리고 응용 가능성을 확인하였다.

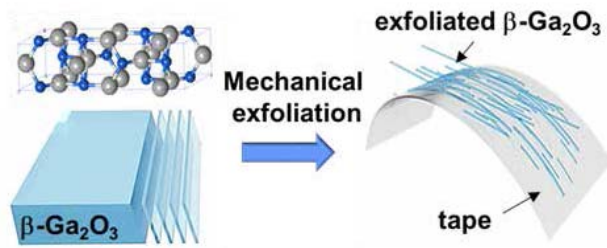


Fig. 1.

계적 박리법을 이용한 베타상 산화갈륨 기반 솔라-블라인드 광센서 제작.

References

- [1] S. J. Pearton, J. Yang, P. H. Cary, F. Ren, J. Kim, M. J. Tadjer, M. A. Mastro, Appl. Phys. Rev., 5, 011301, 2018.
- [2] S. Pearton, F. Ren, M. Mastro, Gallium Oxide: Technology, Devices and Applications, Elsevier, 2018.

a. Corresponding Author hyunhyun7@korea.ac.kr

Keywords

산화갈륨, 전력반도체, 모스펫, 쇼트키베리어다이오드, 항복전압, 온-오프 전류비

MEMO

Lined writing area with horizontal dotted lines.

초청 강연

03

Amorphous/Polycrystalline Bilayer HfO₂ Dielectric for Enhanced β -Ga₂O₃ MOS Capacitors

유건욱^a, 마지연, 양정용, 이찬호Geonwook Yoo^a, Jiyeon Ma, Jeong Yong Yang, Chan Ho Lee

송실대학교

Abstract:

We report on ALD deposited amorphous (a-)/polycrystalline (p-) HfO₂ bilayer gate dielectric compared with a-Al₂O₃/p-HfO₂ for enhanced β -Ga₂O₃ MOS capacitors. Discrepancy in temperature dependent hysteretic behaviors is observed, and thus interface properties at the border between the amorphous (Al₂O₃ or HfO₂) and polycrystalline (HfO₂) oxide layers are investigated using pulsed capacitance-voltage (C-V) measurements. Similar interface trap densities (D_{it}) at the interface between β -Ga₂O₃ and bilayer dielectrics are obtained using Hi-Lo method. However, higher D_{it} of a-Al₂O₃/p-HfO₂ bilayer compared with a-HfO₂/p-HfO₂ is extracted from deep UV photo-assisted method. Effective barrier height of 1.62 eV for the a-HfO₂/p-HfO₂ is obtained from current density-voltage characteristics using the Fowler-Nordheim model, which is higher than 1.01 eV of the a-Al₂O₃/p-HfO₂. The a-HfO₂/p-HfO₂ bilayer dielectric with improved interface properties as well as large positive flat-band voltage of 5.0 V is a promising candidate for the metal/high-k stack of β -Ga₂O₃ MOS capacitors.

Keywords

β -Ga₂O₃, ALD HfO₂,
Interface, E-mode

a. Corresponding Author gwyoo@ssu.ac.kr

초청 강연

04

MOSFET Using Phase Transition of Kappa Gallium Oxide Thin Film on Sapphire Substrate by MOCVD

박지현 ^a

Ji-Hyeon Park ^a

한국세라믹기술원

Abstract:

Gallium oxide (Ga_2O_3) materials are an excellent candidate to replace SiC or GaN materials for high power electronic applications due to their high breakdown field, which can be predicted from their wide bandgap [1]. Ga_2O_3 has several polymorphs such as α -, β -, γ -, δ -, ϵ - and κ - phase. Recent research trends have shown that α - and β -phase Ga_2O_3 have been the most studied for power electronic devices [2].

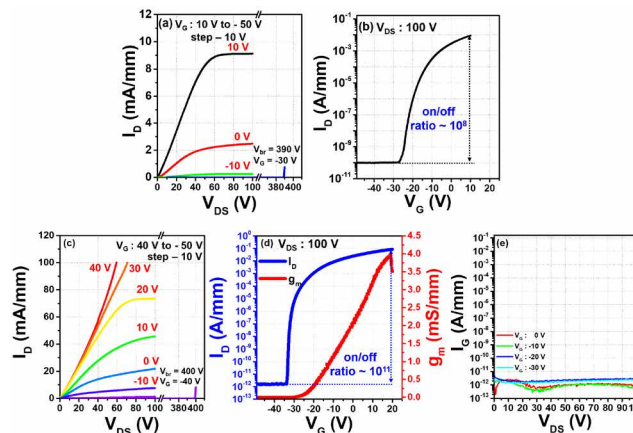
In this study, β - Ga_2O_3 :Si thin films were successfully realized on c-plane sapphire substrate through a combination of metalorganic chemical vapor deposition and post-annealing. The carrier concentration of the β - Ga_2O_3 :Si varies between 10^{15} to 10^{18} cm^{-3} with mobilities of 22.6 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ to 3.1 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. We fabricated β - Ga_2O_3 :Si metal-oxide field-effect transistors (MOSFETs) on c-plane substrates which typically showed maximum drain current of 100 mA/mm. The device presented excellent on/off drain current ratio of $\sim 10^{11}$ with very low gate leakage current, sharp pinch off behavior, and a breakdown voltage of 400 V at $V_G = -40$ V. The growth and fabrication of β - Ga_2O_3 :Si MOSFETs on c-plane sapphire is valuable its demonstration of the great potential for future high-power electronic devices.

Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. 2020R1F1A1067726).

Keywords

MOSFET, kappa phase, MOCVD



초청 강연

05

Review of Application of Ga₂O₃ as a Semiconductor Material for Electric Motor Vehicle

정영균^aYoung Kyun Jung^a

현대자동차

Abstract:

Power electronics belongs to the future key technologies in order to increase system efficiency as well as performance in automotive and energy saving applications. Silicon is the major material for electronic switches since decades. Advanced fabrication processes and sophisticated electronic device designs have optimized the silicon electronic device performance almost to their theoretical limit.

Therefore, to increase the system performance, new materials that exhibit physical and chemical properties beyond silicon need to be explored. A number of wide bandgap semiconductors like silicon carbide, gallium nitride, gallium oxide, and diamond exhibit outstanding characteristics that may pave the way to new performance levels.

Especially, The wide-bandgap semiconductor gallium oxide (Ga₂O₃) is potentially the next generation device for power conversion systems such as Schottky barrier diodes (SBDs) and FETs. Schottky rectifiers made on wide bandgap semiconductors have fast switching speed, important for improving the efficiency of motor controllers and power supplies, as well as low forward voltage drop and high temperature operability.

Therefore, it is intended to help power conversion efficiency by applying it to semiconductors for motorized vehicles.

Keywords

Power electronics,
Wide bandgap,
Schottky barrier
diodes

a. Corresponding Author cozykyun@hyundai.com

초청 강연

01

Simulation of Gallium Oxide Based Devices Using In-House Semiconductor Device Simulator, G-Device

홍성민 ^a

Sung-Min Hong ^a

광주과학기술원

Abstract:

The G-Device is our in-house semiconductor device simulator, which has been internally developed since 2013. It has been applied to several semiconductor devices, such as transistors operating at a terahertz frequency range [1,2], multi-gate MOSFETs [3,4], and photoconductive semiconductor switches [5]. Although it was initially developed only for silicon devices, extension to other materials (such as gallium arsenide and gallium nitride) has been made recently.

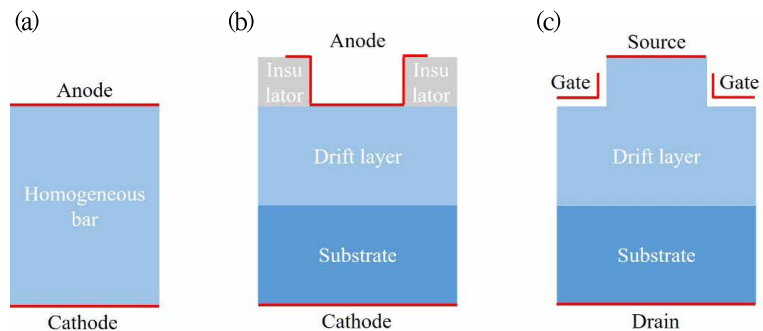
In this work, our research activities on gallium oxide based devices are described. The G-Device is applied to the simulation of gallium oxide based devices. Several devices with varying complexities shown in Fig. 1 are considered as numerical examples. The first example is a homogeneous resistive bar. By using this simple example, basic physical models are verified. The next example is the Schottky barrier diode. The breakdown simulation capability is demonstrated. The last example is the vertical gallium oxide MOSFET [6], which has been already simulated [7,8]. It is shown that the G-Device is fully capable to simulate various gallium oxide base devices. Finally, the future development direction of the G-Device will be discussed.

Acknowledgement

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (NRF-2019R1A2C1086656).

Keywords

Simulator, Ga₂O₃-based devices, SBD, MOSFET



초청 강연

02

Heterostructural Phase Diagram Ga_2O_3 -Based Solid Solution with Al_2O_3

김현우, 조성범^aHyeon Woo Kim, Sung Beom Cho^a

한국세라믹기술원

Abstract:

Due to its ultra-wide bandgap and diverse polymorphs nature, Ga_2O_3 has attracted the interest of the community in ceramics, applied physics, and power electronics. Furthermore, the compatibility of this material with Al_2O_3 is expected to be larger bandgap for power electronics application, which can be expected to higher Baliga's Figure of Merits and carrier mobility than pure Ga_2O_3 . Very recently, the carrier confinement in the heterojunction interface of $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ structure is reported showing that the carrier mobility caused by the formation of two-dimensional electron gas (2DEG) is significantly higher than the bulk-doped Ga_2O_3 [1]. The $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ alloy will pave the new path for power electronics application, and rich physics will be underlying in this procedure. However, stabilizing the alloying process is still a challenging issue. While there have been numerous attempts to grow $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ alloy using MBE [2,3] and MOCVD [4] process, there are still controversial reports on phase competition of the alloys.

This struggling is primarily due to the different ground-state crystal structures of Ga_2O_3 and Al_2O_3 for the monoclinic and corundum phases, respectively. Alloying materials of different structures is a heterostructure alloy. Recently, the thermodynamic behavior analysis of heterostructural alloys is reported as a new strategy for novel homogeneous single-phase alloys [6]. In this talk, we provide thermodynamic stability of $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ alloy between the monoclinic and corundum structure using the regular solution model and density functional theory (DFT) calculation. The calculation reveals that the accessible metastability is markedly increased than the isostructural alloys, which can compete for the stable region in our work of $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ alloy. This is why stabilizing $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ alloy system has been challenging. Through the prediction of Gibbs free energy of mixing, we suggest the energetically preferred alloy structure between monoclinic and corundum and the boundary condition of thermodynamically stable/metastable region.

Keywords

Heterostructural alloys,
Density functional
theory

a. Corresponding Author csb@kicet.re.kr

References

- [1] Y. Zhang, A. Neal, Z. Xia, C. Joishi, J. M. Johnson, Y. Zheng, S. Bajaj, M. Brenner, D. Dorsey, K. Chabak, G. Jessen, J. Hwang, S. Mou, J. P. Heremans, and S. Rajan, *Appl. Phys. Lett.*, 112, 173502 (2018).
- [2] T. Oshima, T. Okuno, N. Arai, Y. Kobayashi, and S. Fujita, *Japanese Journal of Applied Physics*, 48, 070202 (2009).
- [3] E. Ahmadi, Y. Oshima, F. Wu, and J. S. Speck, *Semiconductor Science and Technology*, 32, 035004 (2017).
- [4] A.F.M.A.U. Bhuiyan, Z. Feng, J. M. Johnson, Z. Chen, H. L. Huang, J. Hwang, and H. Zhao, *Appl. Phys. Lett.*, 115, 120602 (2019).
- [5] H. Zhang, L. Yuan, X. Tang, J. Hu, J. Sun, Y. Zhang, Y. Zhang, and R. Jia, *IEEE Trans. Power Electron.*, 35, 5157 (2020).
- [6] A. M. Holder, S. Siol, P.F. Ndione, H. Peng, A. M. Deml, B. E. Matthews, L. T. Schelhas, M. F. Toney, R. G. Gordon, W. Tumas, J. D. Perkins, D. S. Ginley, B. P. Gorman, J. Tate, A. Zakutayev, and S. Lany, *Science Advances*, 3, e1700270 (2017).

MEMO

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

일반 발표

01

Hetero-Epitaxial Growth of High Quality α -Ga₂O₃ on Stripe Patterned Cavity Engineered Sapphire Substrate by Mist-CVD

양두영¹, 김병수¹, 이우식², 문영부², 박용조^{3a}, 윤익준^{1b}

Duyoung Yang¹, Byungsoo Kim¹, Woosik Lee², Youngboo Moon², Yongjo Park^{3a}, Euijoon Yoon^{1b}

¹서울대학교

²UJL

³차세대융합기술원

Abstract:

Recently, α -Ga₂O₃ has attracted much attention because of highest bandgap energy (5.3 eV) and potential for epitaxial growth on cheap sapphire substrates (α -Al₂O₃), with the same crystal structure of α -Ga₂O₃. However, the lattice mismatch (4.3%) and the difference in thermal expansion coefficient (20%) between sapphire substrate and α -Ga₂O₃ have been an obstacle to obtaining high quality α -Ga₂O₃ layer. [1]

Lately, a scheme of cavity engineered sapphire substrate (CES) was proved to be effective in obtaining high quality GaN layer on sapphire substrate by reducing threading dislocation density (TDD) and stress in the layer. [2] In this research, we have deposited α -Ga₂O₃ layers on stripe patterned CES (SCES) using a hot wall typed mist-CVD system. Ga source was gallium acetylacetonate [Ga(acac)₃] dissolved in deionized water with 1% HCl as an oxygen source. The SCES was fabricated with a 2 mm width and 2 mm spacing pattern. The detailed process is shown in [2]. α -Ga₂O₃ layers were deposited on the SCES at 450 ° C.

TEM images of α -Ga₂O₃ layer grown on the SCES show different growth behaviors at three different regions: roof-region (R-region), sidewall-region (S-region), and floor-region (F-region). α -Ga₂O₃ layer on the R-region is expected to have low TDD than that on F-region because of compliant substrate effect. On the S-region, α -Ga₂O₃ layer grew laterally so that it blocked the TDs rising from the F-region. Both the lateral propagation of dislocations in the S-region and the hindering TDs from the F-region resulted in lower TDD on the surface of the layer between the stripe patterns. In the presentation, based on the experimental results, the potential of CES for obtaining high quality α -Ga₂O₃ layer will be discussed.

Acknowledgement

This research was supported by KEIT “Materials and Components Technology Development” program (No. 10080736).

Keywords

Alpha Ga₂O₃, Cavity engineered sapphire substrate, Nanomembrane, Power device, Hetero-epitaxy

References

- [1] M. Oda et al., Jpn. J. Appl. Phys., 55, 1202B4 (2016).
- [2] D Moon et al., Journal of Crystal Growth, 441, 52 (2016).

a. Corresponding Author yp0520@snu.ac.kr

b. Corresponding Author eyoon@snu.ac.kr

MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

일반 발표

02

Growth High Quality α -Ga₂O₃ Layer on Sapphire Substrate (α -Al₂O₃) with α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ Buffer by Mist-CVD

김병수¹, 양두영¹, 이우식², 문영부², 박용조^{1a}, 윤익준^{1b}

Byoungsoo Kim¹, Duyoung Yang¹, Woosik Lee², Youngboo Moon², Youngjo Park^{1a}, Euijoon Yoon^{1b}

¹서울대학교

²UJL

Abstract:

Gallium oxide (Ga₂O₃) has been investigated intensively for the applications of power electronic devices owing to its unique properties, including wide bandgap energy and high breakdown electric field. α -Ga₂O₃ of corundum structure, one of five polymorphs of Ga₂O₃, attracted much interest because it can be deposited on cheap sapphire substrates (α -Al₂O₃) with the same structure of α -Ga₂O₃ [1]. However, the lattice mismatch (4.3%) between α -Ga₂O₃ and sapphire has resulted in high threading dislocation density and highly misoriented grains. In order to obtain high quality α -Ga₂O₃ layer several technical schemes such as insertion of buffer layer [2] and epitaxially lateral overgrowth (ELOG) [3] has been considerably studied.

In this research, we report the successful growth of high quality α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ layer with the wide range of Al composition using mist chemical vapor deposition system. We adopted the α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ layer as buffer layer of α -Ga₂O₃ layer on sapphire substrate. Expecting the gradual relief of strain between the layer and the substrate, 100 nm thick α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ buffer layers of graded Al composition from 11% to 90% were deposited on sapphire substrate prior to the growth of α -Ga₂O₃ layer. The effect of the graded Al composition of α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ buffer layer on the structural quality and the stress states of α -Ga₂O₃ films were investigated using high resolution X-ray diffraction and transmission electron microscope. In the presentation, in addition to the experimental results, the effect of the α -(Al_xGa_{1-x})₂O₃ graded layer on the reduction of TDs and stress alleviation in the films will be discussed.

References

- [1] S. Fujita et al., Jpn. J. Appl. Phys., 55, 1202A3 (2016).
- [2] Riena Jinno et al., Appl. Phys. Express, 9, 071101 (2016).
- [3] S. Fujita et al Jpn. J. Appl. Phys., 58, 120912 (2019).

Keywords

산화갈륨,

Mist-CVD, Epitaxy

a. Corresponding Author ypark0520@gmail.com

b. Corresponding Author eyoon@snu.ac.kr

일반 발표

03

 α -Ga₂O₃ Schottky Barrier Diode 제작을 위한 에피 및 공정기술 개발최환희¹, 안결¹, 장태훈¹, 심규환^{2a}Hwanhee Choi¹, Gyu An¹, Taehoon Jang¹, Kyuwan Shim^{2a}¹(주)시지트로닉스²전북대학교**Abstract:**

Ultra Wide Bandgap (UWBG) 반도체 물질인 산화 갈륨(Ga₂O₃)는 Wide Bandgap (WBG) 물질인 GaN, SiC 보다 넓은 밴드갭 특성 (4.8~5.3 eV)을 가져 차세대 반도체 물질로 기대 되고 있지만 열전도도가 다른 물질에 비해 낮아 상용화를 위해선 열 방출 특성개선이 반드시 필요하다 [1]. Ga₂O₃는 α , β , γ , δ , ϵ 의 다섯 가지 상(phase)중 주로 α -Ga₂O₃와 β -Ga₂O₃가 주로 연구되고 있는데, β -Ga₂O₃와 달리 α -Ga₂O₃는 sapphire 기판 위에 성장 가능하여 sapphire 기판 제거 후 열전도도가 높은 물질을 붙여 열 방출 특성을 크게 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다 [2]. 따라서 α -Ga₂O₃는 안정적인 소자 성장 및 제작 기술이 개발된다면 다른 Ga₂O₃ 물질 중 가장 먼저 상용화 될 가능성이 높다. α -Ga₂O₃ 소자 중 가장 먼저 상용화 될 것으로 보이는 Schottky barrier diode (SBD)는 내전압 (breakdown voltage, BV)과 순방향전류 (forward current, IF) 특성을 만족시켜야 하는데, 이를 위해서는 에피구조 성장 및 소자제작 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 내전압 향상을 위한 저 농도 도핑 된 α -Ga₂O₃, 순방향 전류향상을 위한 고농도 도핑 된 α -Ga₂O₃를 sapphire 위에 성장시켜 소자 제작을 진행하였고, α -Ga₂O₃의 두께와 도핑농도에 따른 특성변화를 확인하였다. 또한 안정적이고 경쟁력 있는 α -Ga₂O₃ SBD 소자 제작을 위해 개발된 식각 및 전극기술을 설명하고, 고성능 α -Ga₂O₃ SBD 제작 시 추가로 고려해야 할 공정 및 설계 인자들을 제시하였다.

References

- [1] J. Y. Taso, et al., Adv. Electron. Mater., 4, 1600501 (2017).
- [2] D. Shinohara, S. Fujita, Jpn. J. Appl. Phys. 747, 7311 (2008).

a. Corresponding Author khshim@jbnu.ac.kr

KeywordsGa₂O₃, fabrication, 식각, 에피, SBD

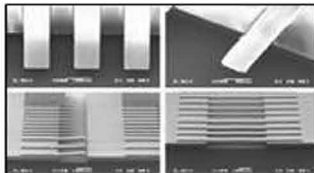
(주)케이원솔루션

❖ 반도체사업부문



화합물 반도체 웨이퍼

- InSb, GaSb, GaAs, InP, SiC
- Epi Wafer : Wireless, Photonics, Power, Infrared



포토리지스트

- MEMS
- Nano Imprinting
- Wafer Level PKG



장비 및 용품

- Microwave generator
- Photolithography
- Dry Film Laminator

❖ LED사업부문



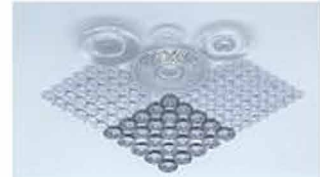
등기구

- 가로등
- 보안등
- 터널등



LED모듈

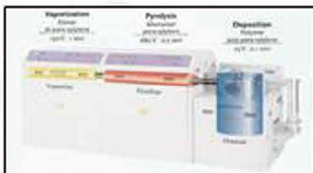
- 3535 / 5050 PKG
- 3000/4000/5000/5700k
- OSRAM/Samsung/CREE



LED Lens

- Single/multi
- COB/reflector

❖ Parylene 사업부문



Parylene coating service

- 방수/방습
- 내화학성
- 절연



Parylene Coating System

- 수직형
- 수평형



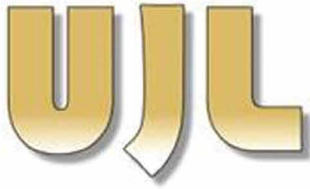
Raw materials

- C-type
- N-type
- HT-type

주 K1 Solution

14322)경기도 광명시 하안로 60(소하동) A동 1313호

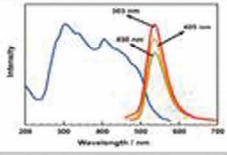
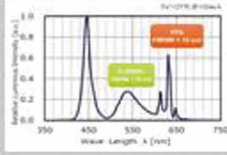


Tel : 02-838-2866 Fax : 02-6008-2867 . E-mail : info@k1solution.com



Innovation to Future

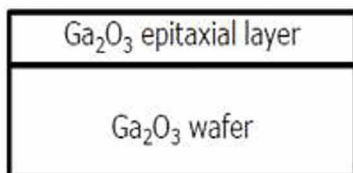
미래를 위한 기술혁신으로
World wide No 1.소재기업으로 도약하겠습니다.

Phosphor Products

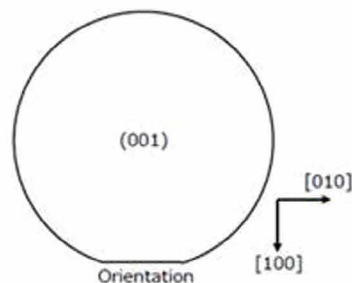
β -Sialon	KSF	LuAG	Ceramic Plate
			
<ul style="list-style-type: none"> Green emission Nitride phosphor Display 	<ul style="list-style-type: none"> Red emission Narrow emission band Display/Lighting 	<ul style="list-style-type: none"> Yellow-green emission Display/Lighting 	<ul style="list-style-type: none"> High power Laser Diode applications Automotive H/L

Ga₂O₃ Epitaxial Wafers (Growth method: HVPE) (Under Development)

Property	Specification
Dopant	Si (n-type)
Doping concentration	Specify a value in the range between 2×10^{16} and $9 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
Thickness	Specify a value in the range between 5 and 10 μm



Cross section of Gallium oxide epitaxial wafer





한국산화갈륨기술연구회
Korea Research Society of Gallium Oxide Technology