

### SS9 : 미래소재 심포지엄

#### SS9-1 | 차량용 전력반도체 동향

\*정영균<sup>1</sup>

<sup>1</sup>현대자동차

Power Electronics is one of the key technologies of the future to improve system efficiency and performance in automotive and energy-saving applications. Silicon has been the main material for electronic switches for decades. Advanced manufacturing processes and sophisticated electronic device designs have brought the performance of silicon electronic devices close to theoretical limits. Therefore, we need to explore new materials that exhibit physical and chemical properties to improve system performance. Many broad bandgap semiconductors, such as silicon carbide, gallium nitride, gallium oxide, and diamonds, show excellent properties that can pave the way to new levels of performance. Therefore, a lot of research is needed on power semiconductor technology to improve the power conversion efficiency of electric vehicles in the future.

#### SS9-2 | 수 kV급 고효율 초소형 전력반도체 핵심소재 기술

\*문재경<sup>1</sup>, \*전대우<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국전자통신연구원, <sup>2</sup>한국세라믹기술원

산화갈륨(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 반도체는 밴드갭 에너지(E<sub>g</sub>)가 4.8 eV 정도로 매우 넓어 전력반도체 소자용으로 각광을 받고 있다. 종래의 탄화규소(SiC)나 질화갈륨(GaN) 반도체와 비교할 때 동일한 항복전압(breakdown voltage)에 대하여 전도손실이 열 배 이상 낮다. 뿐만 아니라 액상 성장(melt-growth)과 사파이어등 헤테로 기판을 이용한 대규모화(large scale-up)가 용이하여 칩의 저가격화가 유리하다. 본 연구는 지난 2020년 소재혁신선도프로젝트 기획을 통해 과기부 지원을 받아 수행되고 있으며, 수소화기상증착법(HVPE) 및 금속유기화학기상증착법(MOCVD) 기반 4-인치급 산화갈륨 에피 소재 기술과 이를 이용한 2.5 kV급 초소형 고효율 전력반도체 MOSFET과 쇼트키 베리어 다이오드(SBD)를 개발하는 것이 목표이다. 한국세라믹기술원(KICET)에서는 수소화기상증착법 및 금속유기화학기상증착법을 활용하여 고품질의 Homo, Hetero 산화갈륨 에피텍스를 구현하였으며 넓은 영역의 도핑농도 제어를 통해 전력반도체 소자용 에피 결과를 발표하였으며[1-3], 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 조각, 2-인치 및 4-인치 웨이퍼 스케일 공정기술을 기반으로  $\alpha$ - $\beta$ -산화갈륨 MOSFET 뿐만 아니라 쇼트키 베리어 다이오드 결과를 발표하였다.[4-6] 본 논문에서는 GO전력반도체 연구단에서 2020년부터 수행된 고효율 초소형 산화갈륨 전력반도체 핵심소재 기술개발 결과와 프로젝트의 최종 목표등에 관하여 말씀드리고자 한다. 이를 통하여 우수한 물성의 산화갈륨 전력반도체용 에피소재 및 소자 제조공정의 국산화와 양산이 가속화되기를 바란다.

Acknowledgments: This research was financially

supported by the National Research Foundation (NRF) of Korea (No. NRF-2020M3H4A3081794). Keywords : 산화갈륨, 에피웨이퍼, MOCVD, HVPE, 건식식각, 오믹접촉, 전력반도체, MOSFET, SBD Reference: [1] D.W. Jeon et. al., KIEEME K-GOW 2020, Jul. 8, Pyeongchang (2020). [2] D.W. Jeon et. al., KIEEME K-GOW 2021, Jul. 8, Pyeongchang (2021). [3] D.W. Jeon et. al., KIEEME K-GOW 2022, Aug. 21, Taejeon (2022). [4] J.K. Mun et. al., KIEEME K-GOW 2020, Jul. 8, Pyeongchang (2020). [5] J.K. Mun et. al., KIEEME K-GOW 2021, Jul. 8, Pyeongchang (2021). [6] J.K. Mun et. al., KIEEME K-GOW 2022, Aug. 21, Taejeon (2022).

#### SS9-3 | 고성능 압전 소재: 벌크 단결정 및 에피텍시 박막

\*백승협<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술연구원

기존의 압전 세라믹 기반 액추에이터는 성능 향상에 있어서 한계에 이르렀고, 선진 기업들과 우리 기업 간의 기술격차가 크기 때문에 선진 기술 추격형 전략은 적합하지 않다. 특히 최근 개발 트렌드는 초소형화, 고출력, 고정밀, 빠른 응답시간, 저발열 등의 성능 향상을 통해 바이오, 반도체, 디스플레이 분야 등 새로운 적용 분야를 개척하는 방향으로 기술 개발이 이루어지고 있기 때문에, 기존 압전 소재보다 월등한 성능을 갖는 압전 소재를 저가의 공정으로 제작할 수 있는 와해성 혁신 소재 기술 개발이 전략적으로 필요하다. 본 발표에서는 단결정 압전 소재 연구단에서 진행되고 있는 벌크 단결정 압전 소재와 에피텍시 박막 압전 소재의 결과와 이를 이용한 소자 연구 결과들을 요약하여 제시하고자 한다.

#### SS9-4 | 저손실 저잡음 전자기제어 소재 및 응용기술

\*이상복<sup>1</sup>, 이호림<sup>1</sup>, 여동훈<sup>2</sup>, 신효순<sup>2</sup>, 홍성훈<sup>3</sup>, 정재원<sup>1</sup>, 김선오<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국재료연구원, <sup>2</sup>한국세라믹기술원, <sup>3</sup>한국전자통신연구원, <sup>4</sup>아모그린텍

5G/6G 초고속 통신서비스와 전기차/공장자동화/스마트그리드의 확산에 따라 해외 선진기관에서 글로벌 시장 선점을 위해 수십 GHz 대역의 차세대 통신 및 고주파/고효율/대용량 전력변환용 소재/부품/시스템 개발이 활발히 진행되고 있습니다. 저손실/저잡음 전자기제어 소재기술은 RF 필터 및 인버터 품목의 자립화의 핵심기술이며, 차세대 통신 및 전력변환시스템 요구에 대응하는 미래선도 기술로 개발이 필수적인 상황입니다. 이에 본 전자기제어 소재 연구단에서는 저손실/저잡음 부품 자립화의 핵심이 되는 나노구조화 및 미세계면제어 기반 고주파 고방열성 저손실-저유전소재, 손실제어 자성소재와 이를 이용한 전자기제어 복합소재 설계·제조기술과 이를 응용하여 저손실/저잡음 RF filter 및 전력변환기용 부품 설계·제조기술을 개발하는 것을 목표로 성실히 연구를 수행하고 있습니다. 오늘 발표에서는 1단계 3년 동안 연구단에서 개발한 기술에 대해 핵심내용만 요약하여 소개 드리겠습니다.

### SS9-5 | 기판 실장이 가능한 MLCB (Multi-Layer Ceramic Battery) 설계 및 제조 공정 기술 개발

\*이종규<sup>1</sup>, \*이승환<sup>2</sup>, \*윤중립<sup>1</sup>

<sup>1</sup>삼화콘덴서공업(주), <sup>2</sup>강원대학교

IoE (Internet of Evrything) 구현을 위해서는 사물인터넷 (IoT) 기반 센서 네트워크 시스템 구축이 핵심이며, 이를 위해서는 수십억 개의 환경 모니터링용 센서가 필요하다. 각 센서가 항시 데이터 송수신 유지 상태를 유지할 수 있기 위해서는 초소형 전원장치가 반드시 적용되어야 하며, 이에 따라 개별 독립 전원 공급용 초소형 이차전지는 폭발적으로 성장하여 거대한 시장을 형성할 것으로 예상된다. 단일 디바이스 내에 초소형 센서 및 IoT 기기들의 밀도가 급격하게 증가하여 높은 에너지 밀도를 가지는 초소형 이차전지가 요구되고 있으며, 상시 구동 소자의 안정적 전력 공급을 위해 고신뢰성 전지 제조 기술 확보가 필요하게 된다. 또한, 소형기기 전원 공급이 적합하도록 집적화가 가능한 표면실장이 가능한 형태의 전지의 설계가 필요하다. 이에 적합한 전지로는 산화물계 고체전해질 기반 적층형 전고체전지가 있으며, 산화물계 고체전해질 기반 적층형 전고체 전지는 기본적으로 MLCC 적층 공정 기반 다층 소재 적층 공정을 적용되어야 할 것이다. 그리고, 최종적으로 동시 소성 공정을 통하여 셀의 성능 및 신뢰성을 확보해야 한다. 동시 소성 공정이 적용된 적층형 전고체전지는 제조공정에서 발생하는 다양한 문제를 해결해야 위하여 많은 연구가 진행되어야 한다. 본 발표에서는 산화물계 고체전해질 기반 기판 실장이 가능한 적층형 전고체전지 설계 및 제조공정 기술에 대하여 소개하고자 한다.

### SS9-6 | 실리콘 단독 음극 구현을 위한 극판 소재 및 셀 기술 연구

\*노광철<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국세라믹기술원

전기자동차 시대의 도래로 인하여 배터리 성능향상을 통한 주행거리의 향상 및 빠른 충전기술은 과학 뿐만 아니라 사회적인 이슈로 떠오르고 있다. 현재 리튬이온전지의 에너지밀도는 하이 니켈계 양극재를 중심으로 최근 크게 발전하였으나 니켈의 함량 증대가 한계점에 도달하여 이제는 더 이상의 성능향상이 어려운 상황이다. 때문에 기존의 흑연을 사용한 음극재를 고용량 소재로 대체하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있고, 이러한 중심에는 실리콘 음극재가 있다. 실리콘 음극재는 높은 이론용량을 가지고 있으나 충방전 저용량 부피팽창으로 인한 열화문제 및 충방전 효율 저하 등 해결해야 할 많은 이슈를 가지고 있다. 현재는 흑연에 실리콘 일부를 블렌딩하여 상용화되어 있으나, 본 연구에서는 실리콘 단독으로 전극물질을 사용하여 800 Wh/L의 에너지 밀도를 구현하는 목표를 가지고 있으며, 이를 위하여 바인더, 도전재, 전해액 등 융복합 연구를 통한 난제해결을 진행하고 있다.

### SS9-7 | 연료의 순수 수소화 환경에 대응하는 수소연료전지 및 핵심소재

\*박구곤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원

탄소중립 달성이라는 목표를 위해 국제협력과 경쟁이 동시에 진행되고 있다. RE100, 24/7 CFE 등 민간주도의 가이드라인에 머무르던 친환경 경영 기조가 미국의 인플레이션감축법(IRA)을 통해서 구체적 규제화로 확산되는 양상이다. 무탄소 혹은 저탄소 배출 전력생산에 대한 요구는 점점 커지며 세계적으로 태양광, 풍력 등 재생에너지 설치용량은 증가할 수 밖에 없는 환경이다. 전력망 안정성을 확보하며 재생에너지 보급을 확대하는 과정에 수소 및 연료전지는 전력 간헐성을 조정하는 핵심기술로 판단된다. 수소사회로 진입하는 과도기에는 개질가스 혹은 회색수소 (Grey Hydrogen)가 연료전지용 연료의 대부분을 차지하고 있다. 미래에는 재생에너지 보급증대와 그린수소 생산이 늘어나며, 기존 탄화수소계 연료는 순수 수소기반 연료로 변화할 것으로 예상된다. 본 발표에서는 이런 사회-기술적 변화를 살펴보고, 미래 순수 수소 기반 연료를 사용하는 연료전지와 그 핵심소재에 대한 이해를 넓히고자 한다.

### SS9-8 | 마이크로 LED 디스플레이용 동시 전사 접합 기술

\*최광성<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국전자통신연구원

마이크로 LED 디스플레이용 동시 전사 접합 기술(SITRAB, Simultaneous Transfer and Bonding)을 개발하였다. 이 기술은 Laser-Assisted Bonding with Compression (LABC) 기술에 SITRAB 접착제라는 소재기술을 접목한 것이다. 기술의 이름이 나타내듯이 한번의 공정으로 전사 공정과 접합 공정을 완료하는 것이 특징이다. 일반적으로 지금까지 알려진 마이크로 LED의 전사 기술은 전사 공정 이후에 접합 공정을 동반하는 것이었다. 즉, 전사 공정 이후에 접합 공정을 완료하는 것이다. 이러한 방법은 여러 가지 문제가 있다. 첫째 전사 공정과 접합 공정의 생산성이 다르다. 보통 전사 공정의 생산성이 접합 공정에 비해 상대적으로 낮다. 이로 인해 다수의 전사 장비가 필요하고 장비 투자비가 클 뿐만 아니라 장비 배치에 있어서도 여러 가지 문제가 발생한다. 두 공정의 수율이 100%가 아니기 때문에 전체적인 수율은 전사 공정과 접합 공정 각각의 수율의 곱으로 얻어지며 전체 공정의 수율은 떨어질 수 밖에 없고 repair 문제가 심각해진다. 일반적으로 접합 공정에 적용되는 소재는 ACF (비등방 전도성 필름, Anisotropic Conducive Film)이다. 이 소재는 repair가 어렵다는 단점과 더불어 소재 가격이 매우 비싸고 고급형 ACF는 모두 일본에 의존하는 단점이 있다. 한국전자통신연구원이 개발한 동시 전사 접합 기술은 앞서 기술된 기존 개발 공정의 모든 단점을 보완한 것이다. 전사 공정과 접합 공정이 한번에 이루어지기 때문에 상이한 생산성 문제, 투자비 규모, 수율 문제에 있어서 자유롭다. 여기에 repair가 매우 쉽고 순수 국내 기술로 소재를 개발함으로써 소재의 가격 경쟁력이 매우 뛰어나다. 본 논문에서는 이 기술을 적용하여 개발한 디스플레이 시제와 이를 구현하는 데 적용된 소재와 공정 기술을 소개하고자 한다.