

전력반도체 최신 기술 이슈 및 향후 전망

| 저자 | 김진섭 시스템반도체PD / KEIT
김기진 팀장 / KEIT

SUMMARY

/// 전력반도체 기술의 주요 동향 및 전망

- ★ 기존 전력반도체는 Si 기반 전력반도체가 주된 기술이었으나 그 성장 속도는 늦춰져 이미 성숙한 시장으로 진입했고 반면 SiC/GaN 기반 WBG(Wide Band Gap) 전력반도체는 EV/HEV 시장의 성장과 함께 급성장하는 기술 분야로 떠오르고 있음
- ★ WBG 전력반도체는 Si 기반 반도체보다 높은 에너지밴드 갭, 스위칭 속도, 온도특성 등의 이유로 전력 모듈을 고효율, 고 신뢰성, 소형, 경량화가 개발 가능하여 2018년 테슬라 모델부터 EV/HEV 전력모듈에 WBG 전력반도체가 적용되기 시작했으며 미국, 일본, 독일 등 기술 선진국들은 공장증설 등 투자 금액을 증액하고 있음
- ★ “기후 변화 대응”정책과 맞물린 핵심 기술로써 WBG 반도체는 생활가전, EV/HEV를 시작으로 산업용, 전력전송용까지 확장하려는 마일스톤을 가지고 있으며 이는 기존 전력반도체 시장의 새로운 패러다임

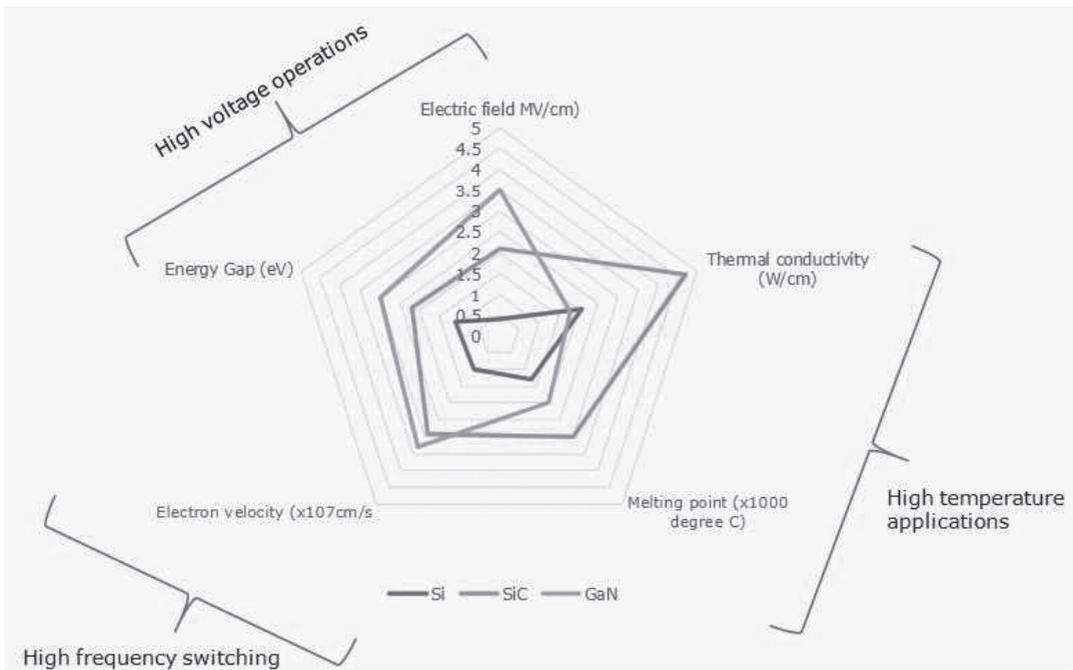
/// 시사점 및 정책제안

- ★ 정부주도의 WBG 전력반도체 생산 제조 시설은 존재하나 기업 위주의 생산시설은 현저히 부족하여 기업의 인프라 구축을 위한 적극적인 투자 유도 필요
- ★ WBG 전력반도체 생산 시설도 고 전력을 목표로 하는 SiC 기반 시설 투자와 중 전력을 목표로 하는 GaN 기반 시설 투자로 이원화하여 진행해야 하고 이는 장기적인 정부 지원 통해 투자 비전을 명확히 해야 함
- ★ WBG 반도체 소자의 특성은 아직 연구 초기 단계로 소자 특성 개선 및 성능 분석에 대한 지속적인 R&D 투자로 성능 극대화 및 성능 안정화를 달성해야 함
- ★ 수요기업과 원활한 소통 및 기술교류를 위한 조직을 구성하여 수요자의 요구와 검증을 통해 투자 산업의 발전 속도를 높일 수 있도록 추진

1. 전력반도체 최신 이슈

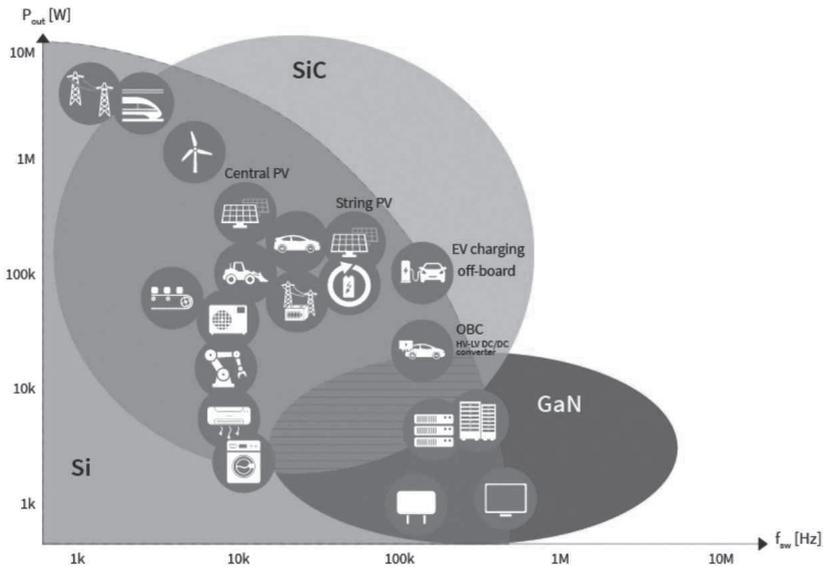
/// 전력반도체란

- ★ 전력반도체란 전기에너지를 활용하기 위해 전력변환(DC-AC, AC-DC) 인버터, 전력변압(DC-DC) 컨버터, 전력 분배 및 제어를 수행하는데 사용되는 부품으로 주로 정류, 증폭, 스위칭 역할을 수행하는 반도체
- ★ 삼성전자, SK하이닉스가 주도하고 있는 메모리 반도체, 인텔/엔비디아가 주도하고 있는 시스템 반도체는 수 V 동작전압과 수 mA 동작전류로 작동하는 반면 전력반도체는 수십 V~수 kV 동작전압과 수A~수십A 동작전류로 작동함



| 그림 1. 반도체 소재에 따른 특징 [1] |

- ★ 전력반도체를 반도체 소재 관점에서 분류하면 Si 기반 전력반도체, SiC 기반 전력반도체, GaN 기반 전력반도체로 나눌 수 있고 SiC와 GaN 전력반도체를 합쳐서 WBG 전력반도체라 부름
 - Si 기반 전력반도체는 Thyristor, BJT, IGBT, MOSFET 등의 전력 소자가 있으며, 에너지 밴드 갭이 낮아(1.1eV) 고출력을 위해 다수의 반도체를 병렬로 묶어 부피와 무게 최소화에 한계가 있음
 - Electron Velocity가 낮아 스위칭 속도의 제한이 있어 100KHz 이하로만 적용이 가능하며 동작 주파수가 낮은 만큼 크기가 커지는 문제점이 있음
 - Si 기반 전력반도체는 Thermal Conductivity가 낮아 고 전력 시스템을 만들기 위해서 큰 부피의 방열 시스템이 필요하여 부피와 무게에 문제점을 내포
 - SiC 기반 전력반도체는 SiC-MOSFET 등의 전력 소자가 있으며, 에너지 밴드 갭이 높고(3.2eV) 전력밀도가 높아 수백 kW 이하의 중 전력 전력시스템을 최소화하는데 적합
 - Electron Velocity가 Si 기반 보다 높아 스위칭 속도를 1MHz까지 높일 수 있어 전력 시스템을 소형화할 수 있음
 - SiC 기반 전력반도체는 Thermal Conductivity가 높아 고 전력 시스템을 만들 때 방열 시스템을 최소화할 수 있음
 - GaN 기반 전력반도체는 GaN HEMT 등의 전력 소자가 있으며, 에너지 밴드 갭이 높아(3.4eV) 고전압을 다루는데 최적화된 반도체
 - 상대적인 Electron Velocity가 가장 빨라 10MHz 이상 초고속 스위칭이 가능하여 시스템 크기 최소화에 가장 적합한 반도체
 - Thermal Conductivity는 높지 않아 아직까지는 고 전력 응용 예 보다는 생활가전 등 소 전력 응용 예에 적용되고 있음
- ★ 소모 전력에 따른 전력반도체의 응용 예를 구분하면 중소전력인 IT 및 생활 가전 분야, 중 전력인 EV/HEV 충전 분야, 중/고 전력 산업 분야로 나뉨



(그림 참고: Infineon)

| 그림 2. 반도체 소재에 따른 적용 가능 예 [2] |

| 표 1. 응용 분야에 따른 소모 전력 |

구분	사용 전력	응용 분야
IT/가전	< 500W	PC, 노트북, TV, 휴대폰
	1~5kW	UPS, 냉장고, 에어컨
EV/HEV 충전	30~350kW	OBC, DC-DC 컨버터, DC-AC 인버터
산업	5~100kW	산업용 모터, ESS
	100k~1MW	산업용 UPS, 산업용 기계 장치, PV 변환기
	> 1MW	전력 전송, 기차

- ★ 전력반도체는 On/Off 스위칭 동작을 통해 디바이스가 켜졌을 때 낮은 On-저항 값을 갖고 꺼졌을 때 낮은 Off-누설전류 특성을 가지면서 해당 응용분야에 맞게 동작하는 것이 핵심
- ★ WBG 전력반도체는 Si 기반 전력반도체 보다 8배 높은 전압 항복 능력을 가지고 있어 앞서 언급한 전력반도체의 낮은 On-저항 값과 낮은 Off-누설전류로 전력변환 효율을 극대화 할 수 있음
 - Si 기반 전력반도체의 항복전압을 2배 높이면 On-저항은 5배 올라가고, SiO₂ 절연 막의 한계로 일정량의 누설 전류를 가지고 있어 고전압/고성능을 달성하기 어려움

- ★ 또한 WBG 전력반도체는 높은 동작 온도를 가지고 있어 방열을 위한 시스템을 최소화 할 수 있어 Si 기반 전력반도체 대비 소형화 및 경량화가 가능
 - Nissan Leaf와 Jaguar I-PACE에 IGBT 기반 인버터의 무게가 각각 11.15kg, 8.23kg이었던 것에 반해 테슬라 Model 3에 탑재된 SiC 인버터 무게는 4.8kg임
 - 일본의 Rhom 사도 Si 기반에서 SiC 기반으로 인버터를 개발하여 손실을 85% 줄이고 부피는 50% 줄이는 효과를 거둠
 - EV의 운행 거리는 무게에 반비례하기 때문에 향후 EV/HEV 분야에 WBG 전력반도체 채용 추세는 더욱 가속화 될 것임

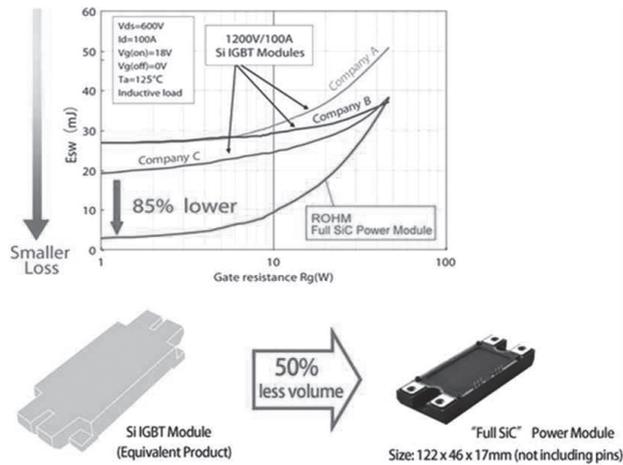
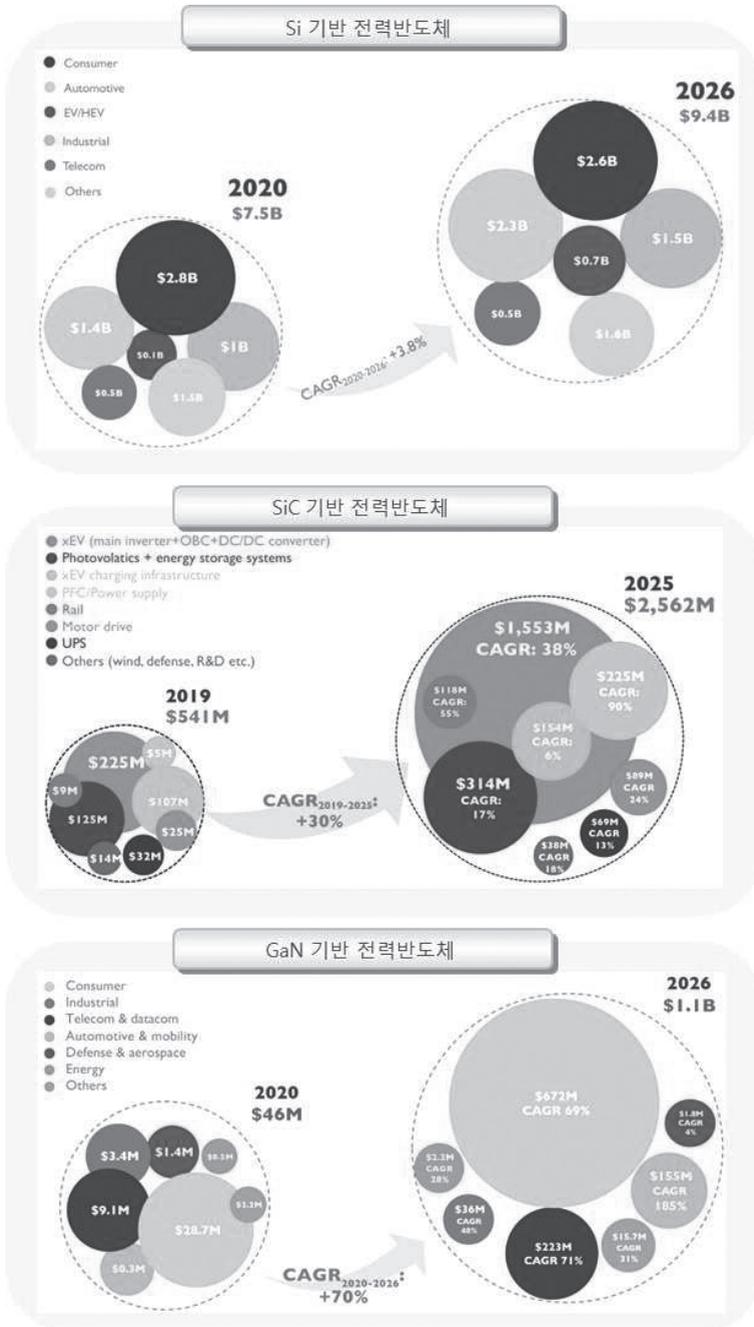


그림 3. Rhom사의 WBG 전력반도체 채용 효과

- ★ 가격 측면에서 Si 기반 반도체가 WBG 반도체 보다 50~100% 정도 경쟁력이 있어 기존 전력 전송/산업용 기계 시스템에서는 Si 기반 전력반도체가 주로 사용되고 있지만, 초소형, 고성능이 요구되는 EV/HEV 및 가정용 기기에서는 WBG 반도체의 성장 속도가 빠름

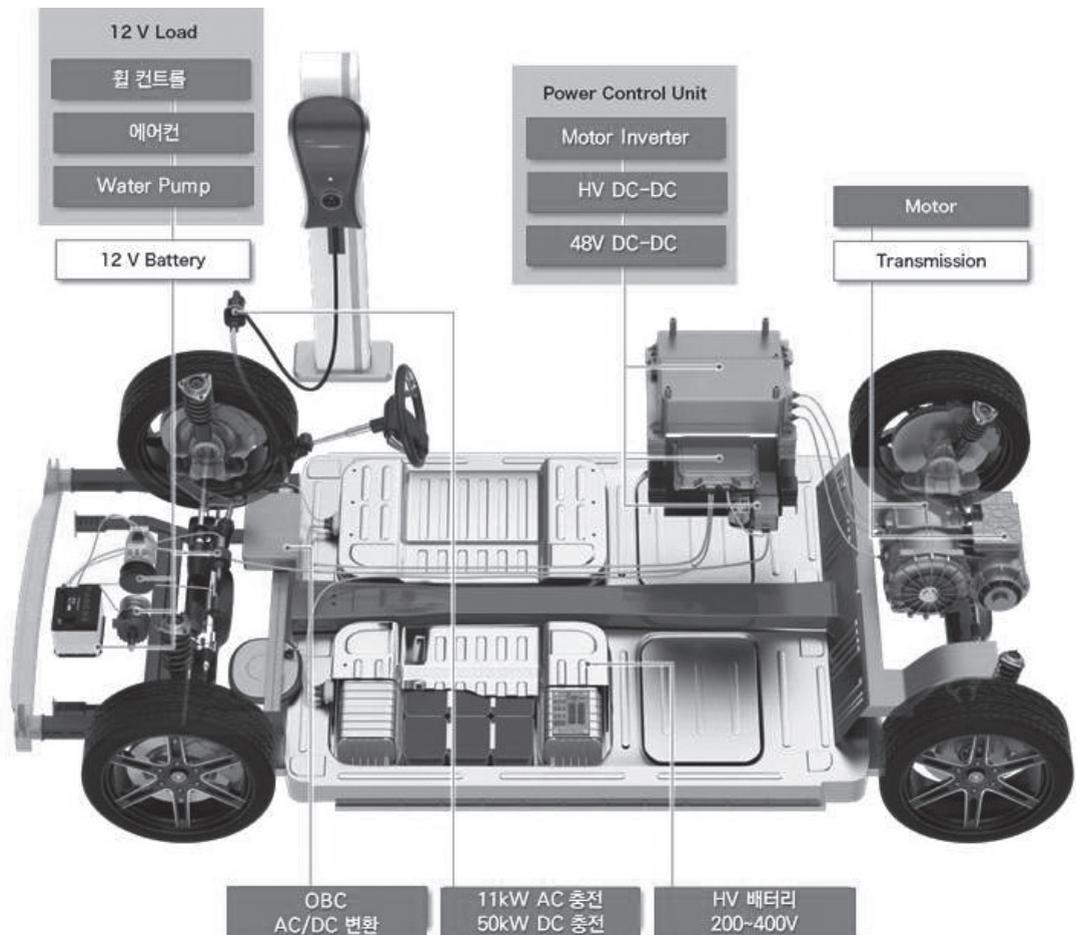
전력반도체 시장의 변화

- ★ 기존 전력반도체는 Si 기반 전력반도체가 시장의 주를 이루고 있으며 향후 5년 후에도 50% 이상 시장을 선점할 것으로 전망
 - Si 기반 전력반도체 시장은 생황가전, 산업용 기기에 주로 사용되고 있으나 2026년까지 CAGR 3.8%의 성장률을 보이는 성숙된 산업 분야로 인식 됨
- ★ SiC 기반 전력반도체는 크기, 무게, 성능의 강점을 바탕으로 향후 4년 동안 30% 이상 성장될 것으로 전망
 - 최근 전망에 따르면 EV/HEV 관련 차내 충전 시스템 분야가 CAGR 38%로 성장할 것으로 전망되고 있으며 충전 인프라 시장은 90% 성장할 것으로 전망



| 그림 4. 전력반도체 시장 전망(Yole Report) |

- ★ GaN 기반 전력반도체는 Si Wafer 위에 GaN 반도체를 생성하는 기술을 바탕으로 대량 생산의 강점을 가지고 있어 생활가전 전력반도체부터 시장 점유율을 점차 확대하고 있음
 - 최근 무선 충전 시장의 급성장에 따라 GaN 기반 생활가전 전력반도체 시장은 2026년까지 CAGR 69%로 고성 성장을 예상
 - EV/HEV용 전력반도체 시장에서 GaN 기반 전력반도체는 CAGR 185%로 급 성장할 것을 전망
- ★ 이와 같이 EV/HEV 기술의 성장은 전력반도체 기술 개발 속을 Si 기반 전력반도체에서 WBG 전력반도체로 이동하는 동력으로 작용하고 있으며 이런 추세는 ‘탄소중립’을 추구하는 전 세계 정책과 함께 더욱 가속화 될 것으로 전망



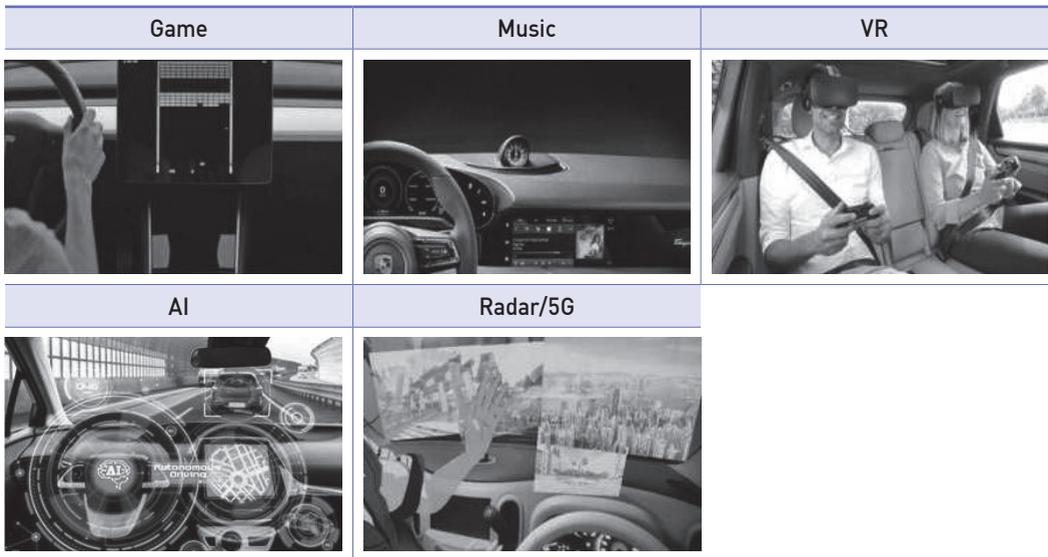
| 그림 5. EV 내부 전력 구성 |

★ EV의 전력 공급원은 AC를 이용하는 충전 시스템과 DC를 이용하는 충전 시스템으로 나뉨

- DC 충전기는 배터리에 필요한 DC 전원을 직접 공급해 주는 차량 외부에 설치된 충전 시스템으로 50kW급 전력 모듈이 사용되어 고속 충전을 가능하게 함
- DC 충전 시스템 구성을 위해 성능과 가격의 상충관계에 따라 SiC와 Si 기반 전력반도체가 모두 활용될 것으로 보임
- AC 충전기는 Grid의 AC 전원을 차량에 연결하고 차량 내의 OBC(On Board Charger)에서 배터리에 공급되는 DC 전원을 생성함으로써 동작
- OBC 동작이 22kW 이내로 모듈을 만들고 있어 SiC와 GaN 기반 WBG 전력반도체로 만든 모듈이 관련 시장의 주력 전력반도체가 될 전망

★ 외부 에너지는 전기 차의 HV(High Voltage) 배터리에 저장되고 이는 전기차를 구동하는 다양한 에너지원으로 사용됨

- 전기 차의 구동 시스템은 DC 모터/AC 모터 등이 있으며 이를 위해 200kW를 변환할 수 있는 HV DC-DC 변환기, 인버터 등의 변환 모듈이 필요
- 관련 모듈의 성능 최적화를 위해 테슬라 등 EV/HEV 기업들은 SiC 기반 전력반도체를 채용하고 있음



| 그림 6. 미래형 인포테인먼트 시스템 |

- ★ Tesla, BMW, Nissan, 현대차 등은 차량의 편의성을 위해 차량 내 인포테인먼트 기능(인공지능, 5G 통신, VR, 게이밍 등)을 강화하고 있음
 - 기존 자동차의 전원은 12V 배터리 시스템과 DC-DC 변환기를 통해 Wheel 컨트롤, 에어컨 전원 공급 등을 하고 있음
 - 차량 내 인포테인먼트를 위해 레이더, 라이다 등의 센서 모듈과 디스플레이 및 통신 장치 채용이 증가하고 있음
 - 신규 디바이스에 에너지 공급을 효율적으로 하기위해 48V 전압 원을 새롭게 필요로 하고 있고 관련 전원을 공급할 수 있는 전력반도체의 수요도 급증하고 있음
 - 기존 생활 가전 전력반도체(240V 이하 반도체)에 강점이 있는 GaN 기반 전력반도체의 신뢰성을 높이는 “차량용 반도체 최적화 연구”가 활발히 진행되고 있고 그 결과 Ti 등 시스템 반도체 전문기업들이 시장에 진입하고 있음
- ★ 이와 같이 EV/HEV 시장의 성장은 전력반도체 시장에 직접적인 변화를 유도하고 있으며 이로 촉발된 기술 범위는 인포테인먼트를 구동하는 소 전력 전력반도체부터 모터를 구동하는 중 전력 전력반도체까지 다양하게 확산될 것으로 전망

2. WBG 전력반도체 국내외 동향

EV 산업 투자 동향

★ 2021년 미국 DOE(Department of Energy)에서 국제 기후 위기에 관한 6가지 대책을 세웠고 관련 핵심 기술은 EV의 조기 보급 임

- 미국, 한국, 프랑스, 중국 등이 EV 개발에 앞장서고 있으며 특히 중국의 선전시는 전체 버스를 전기 버스로 전환할 만큼 적극적
- 테슬라는 중국에 50억 불을 투자해 "Gigafactory 3"를 설립했고 현대자동차도 EV 생산에 미국에만 2025년까지 74억 불을 투자
- 일본과 영국에서는 Nissan과 AESC 그룹이 공동으로 배터리 공장을 설립 중

★ 독일은 보조금 정책을 통해 미국은 충전 인프라 투자를 통해 EV 시장의 조기 정착 시기를 앞당기고 있음

- 독일은 2020년 EV 보조금으로 차당 4,718달러를 지급해주고 있으며 2025년에는 이를 6,700달러까지 올릴 것으로 계획
- 미국은 2021년 1조 740억 달러의 EV 인프라 R&D 투자로 EV 충전시스템을 조기 구축하고자 함

재생 에너지 산업 투자 동향

★ 미국을 중심으로 GCC(Gulf Cooperation Council)국가들이 태양광 에너지관련 신설 투자를 증대

- 미국은 American Security Project를 통해 미국 중동부에 태양광 발전 산업을 육성하고 있으며 투자 규모는 2008년 대비 2020년 12배에 달할 만큼 대규모 투자를 진행 중
- 사우디아라비아의 "Mutjedda" 프로젝트를 통해 280억 불의 태양광 산업 발전을 위한 투자가 진행 중

★ 아시아 태평양 지역도 SiC와 GaN 기반으로 태양광 산업 구축에 집중 투자 중

- 중국은 석탄보다 저렴한 태양광 에너지원 보유라는 목표로 룡양사 댐 태양광 공원에 850MW 프로젝트를 진행 중

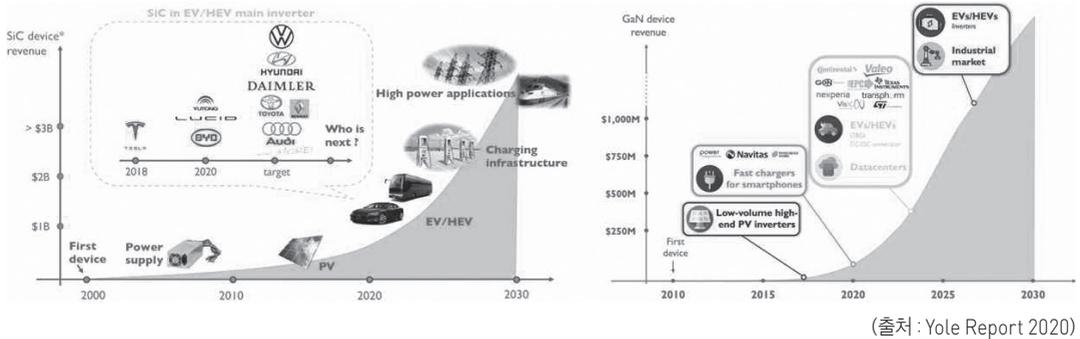
/// WBG 전력반도체 서플라이 체인 동향

- ★ GlobalWafers, XIAMEN POWERWAY ADVANCED MATERIAL, Shin-Etsu 화학, Jiaozuo Commercial Finewin 등 WBG 반도체 생산을 위한 다양한 재료 공급사들이 존재
 - 이들 기업은 차량용 적용에 적합한 High Quality 그리고 대량 양산이 가능한 재료 공급을 보장하고 있으며, 지속적인 가격 경쟁력을 높여 WBG 반도체 시장 확산에 기여
 - Cree와 STMicroelectronics는 상호 협의를 통한 공급 계약을 맺어 시장 주도권을 확보하기 위한 개발 MOU를 체결
- ★ WBG 전력반도체를 생산하는 기업들은 Rohm, Renesas, STMicroelectronics, Infineon 등이 있으며 모듈을 생산하는 기업으로는 Semikron, Alpha and Omega, Fuji Electric 등 WBG 반도체 생산부터 모듈까지 다양한 기업들이 존재
 - 2021년 Rohm사는 “Apollos Chikugo” 공장을 설립 SiC 전력반도체를 대량 생산할 수 있는 인프라를 구축
 - 2020년 STMicroelectronics는 “Exagan” 개발로부터 GaN 전력반도체를 생산할 수 있는 원천 기술 확보
 - Topsil사는 로컬 소재 공장을 합병하여 Si, GaN 소재부터 소자까지 개발 할 수 있는 환경 구축
 - Infineon과 Mitsubishi는 소자 공정과 후처리 공정 기술의 협력을 통해 산업 생태계 활성을 위한 지역적 한계를 극복
- ★ Avnet, DigiKey, Rutronik 등 전 세계 전자 부품 공급 망이 있어 생산된 전력반도체 공급이 원활하게 진행되고 있으며 Mouser같은 온라인 부품 배급사까지 존재 하여 전력반도체 공급 및 수급이 원활
- ★ Denso, LG전자, HELLA GmbH 등 다양한 최종 수요자들이 전력반도체를 필요로 하고 있음
 - Denso는 차량용 전력반도체의 중요한 최종 수요자로서 벤츠, 볼보, 도요타, 포드 등의 자동차에 전력모듈을 필요로 하고 있음
 - LG전자는 가정용 전력반도체의 최종 수요자로서 세탁기, TV, 에어컨 등에 전력 모듈을 필요로 하고 있음
 - HELLA GmbH는 조명 분야에 전력반도체에 중요한 최종 수요자로서 다양한 조명 기기에 전력 모듈을 필요로 하고 있음

// WBG 전력반도체 기술 개발 동향

- ★ WBG 전력반도체 제조 기업들은 출력 파워, 전류 밀도, 효율을 높일 수 있는 새로운 소자 개발을 진행 중
 - 2021년 GaN System은 자체 GaN 전력반도체 기술을 이용하여 e-bike, e-scooter 등을 구동할 수 있는 차세대 GaN 기반 모터 드라이버를 개발하기 위해 FTEX와 협업
 - 2019년 Alpha and Omega 사에서 650V GaN 모델을 공개했고, 이를 통해 서버, 데이터 센터, 통신 장비 등의 전력 모듈 소형화를 추진
- ★ 반도체의 항복전압을 높이고 스위칭 속도를 빠르게 하는 WBG 전력반도체 양산성 향상을 연구 중
 - 2019년 Microchip은 새로운 SiC diode와 MOSFETs를 발표해서 10만 번 실험 횟수에도 강건한 디바이스 발표
- ★ 새롭게 전력반도체 소자를 개발하고 싶은 기업의 수요를 충족시킬 수 있도록 다양한 정부 투자가 진행 됨
 - North Carolina State University에서 SiC 프로그램인 "PRESICTM"을 발족, SiC를 기반으로 전력반도체를 생산하고 싶은 기업의 소자를 제작해 줌
 - 국내에서는 파워반도체상용화센터와 함께 "파워(전력) 반도체 시제품 공동 제작 지원 프로그램"을 운영, 현재까지 9개 기업과 SiC 전력반도체 디바이스 개발을 추진 중
- ★ WBG 전력반도체의 성능을 소재와 패키징 기술을 통해 개선하고자하는 연구도 진행 중
 - Siltecta GmhB사는 "Cold Split"이라는 기술을 개발하여 SiC 크리스탈 구조를 개선하였고 이를 통해 같은 웨이퍼에 집적할 수 있는 칩 면적을 두 배로 확장시키려 함
 - Nexperia사는 Through-epi-via를 통해 GaN 디바이스의 사이즈를 24% 줄이고, 온 저항, 문턱전압 등을 낮춰 OBC에 최적인 소자를 제안

WBG 개발 마일스톤



| 그림 7. WBG 개발 마일스톤 : (좌) SiC, (우) GaN |

- ★ SiC 기반 전력반도체 시작은 2000대 최초로 Infineon에서 SiC Diode를 만들며 시작되었으며 현재는 600V와 1700V의 MOSFET을 출시하고 있음
 - 1200V와 1700V 제품군을 중심으로 2023년부터 EV 모터 인버터의 본격적인 시장 상생을 예상하고 있음
 - 2027년까지 EV 충전 인프라를 SiC 기반 전력반도체로 설치하고 2030년에는 고출력 응용예인 전력전송 분야에도 상당한 매출이 발생할 것으로 전망
 - Infineon, Renesas, Rohm 등의 회사가 관련 기술을 주도하고 있음
- ★ GaN 기반 전력반도체 시작은 2010대 최초로 개발되었으며 최근 TI에서 650V HEMT를 출시함
 - TI, GaN Systems를 중심으로 2024년부터 EV OBC, DC-DC 변환기 등 소 전력 전력모듈에 GaN 시장 진출을 예상하고 있음
 - 2024년까지는 고속 스위칭 특성과 고효율 특성으로 급증하는 데이터센터에 가장 많이 활용될 것으로 전망
 - 지속적인 소자 개선과 열 문제 개선을 통해 2027년까지 EV 인버터, 그리고 산업용 전력반도체 시장까지 분야를 확장할 것으로 예상
 - TI, GaN Systems, EPC 등의 반도체 제조사들이 기술을 주도할 것으로 예상

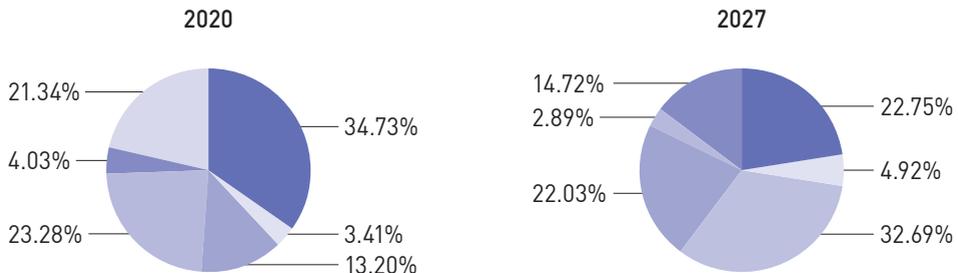
3. WBG 전력반도체 시장 전망

★ WBG 전력반도체 제품은 개별 SiC 소자, SiC 파워모듈, 개별 GaN 소자, GaN 파워 모듈로 나뉘고 각 시장은 평균 30%가 넘는 성장속도로 향후 전력반도체 시장의 성장을 이끌 것으로 전망 [3]

- 개별 SiC 소자는 2021년 427.1M\$에서 CAGR 24%로 2027년 1,555.51M\$로 성장할 것으로 전망
- SiC 파워 모듈은 2021년 356.85M\$에서 CAGR 36.1%로 2027년 2,268.76M\$로 성장할 것으로 전망
- 개별 GaN 소자는 2021년 24.93M\$에서 CAGR 38.8%로 2027년 178.05M\$로 성장할 것으로 전망
- GaN 파워 모듈은 2021년 49.6M\$에서 CAGR 48.9%로 2027년 539.94M\$로 성장할 것으로 전망

★ WBG 전력반도체 응용 분야는 2021년 PC 등 파워서플라이 시장이 전체시장의 34.73%의 점유율을 보인 반면 2027년에는 EV/HEV 관련 전력반도체가 32.69%로 시장을 주도할 것으로 전망

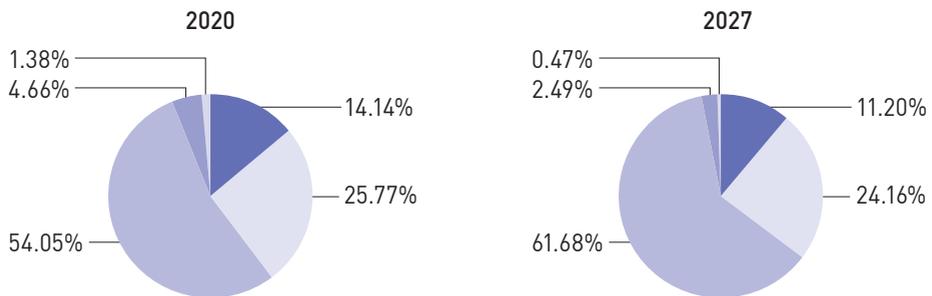
- 2021년 WBG 전력반도체 응용 기술 점유율 순서는 1. 파워서플라이(34.73%), 2. 태양광 인버터(23.28%), 3. EV/HEV(13.2%) 임
- 2027년 예상 WBG 전력반도체 응용 기술 점유율 순서는 1. EV/HEV(32.69%), 2. 파워서플라이(22.75%), 3. 태양광 인버터(22.03%) 임



| 그림 8. WBG 전력반도체 응용 기술 점유율 변화 [3] |

★ WBG 전력반도체 시장을 지역별로 나누어 봤을 때, 중국의 영향력이 높아 2021년 시장 점유율 1위를 기록하고 있으며 이런 추이는 더욱 가속화 될 전망 [3]

- 2021년 지역별 시장 점유율은 1. 아시아(54.05%), 2. 유럽(25.77%), 3. 미국(14.14%)에서 2027년 1. 아시아(61.68%), 2. 유럽(24.16%), 3. 미국(11.20%)으로 전망



| 그림 9. WBG 전력반도체 시장 지역별 기술 점유율 변화 [3] |

4. 국내 WBG 전력반도체의 발전 전망

WBG 전력반도체 소자 전망

★ 전력반도체 소자의 발전 방향은 Si 기반 전력반도체에서 WBG 전력반도체 소자로 분명한 방향 전환을 하고 있음

★ WBG 전력반도체 소자도 240V, 600V, 1200V, 1700V 등 사용처에 따라 다양하게 분류할 수 있어 반도체 소재부터 소자에 이르기까지 많은 공급 망을 필요로 함

★ SiC 소재와 GaN 소재의 국내 기술력은 높지 않으나 양산성 높은 해외 기업 공급망이 다수 형성되어 안정적인 소재 공급 가능

- 전기차용 전력반도체와 재생에너지 전력반도체의 지속적인 성장과 함께 전력반도체 소자를 생산하는 기업들이 전략적 기술 제휴를 맺고 있어 소자, 소재, 패키징 등 한 기술 분야라도 경쟁력을 확보 한 경우 충분히 글로벌 컨소시움에 참여를 통한 신 소자 개발 가능

- SiC 소재, 소자는 지속적인 R&D를 통해 기초 원천 기술을 확보하고 있으며, GaN 기술 분야는 통신소자 개발을 통한 한국만의 독자적인 기술 보유

★ 하지만 WBG 전력반도체 소자 제작 시설과 소자 성능 분석에 대한 국내 제조 및 연구 인프라 부족

- 일본은 Renesas, Mitsubishi, 독일은 Infineon, 미국은 Wolfspeed, 스위스는 STMicroelectronics, 영국은 Nexperia 등 SiC 반도체에 대한 소자 양산이 가능한 기관이 존재

- 미국의 TI, GaN System, 독일의 Infineon 등이 GaN 소자 양산이 가능한 기관이 존재

- 국내에서는 SiC 기반 Foundry로 파워반도체상용화 센터가 존재하고 이를 기업과 연계하여 활성화하려고 추진 중

- 5G 등 이동통신 부품 개발을 위해 GaN RF 증폭기 관련 R&D가 지원되어 국내 중소기업의 Foundry 기초역량 확보하였지만 전력반도체를 위한 기초 연구는 미비

★ 국내 SiC Foundry의 6인치 제조 시설 확보

- 전기차용 반도체에서 Si 기반 전력반도체와 비교하여 경쟁력을 확보하기 위해서는 6인치 이상 SiC 공정이 필요

- 6인치 이상 공정의 안정화 및 양산 기술로의 전환을 통한다면 SiC 기반 전력반도체 기술 경쟁력 확보 가능

★ 생활 가전, EV/HEV OBC 등에 GaN 기반 전력반도체의 높은 성장성에 비해 국내 R&D 투자가 미비

- 국내 잘 개발된 실리콘 소자위에 GaN 소자를 만드는 Foundry 기술을 투자하여 8인치 이상 Si 기반 기술에 GaN 전력 소자를 제작한다면, 양산성 및 가격경쟁력을 갖춘 전력반도체 소자 기술을 확보하는 것으로 세계 시장에서 경쟁력이 있을 것으로 판단

- GaN의 열 특성을 개선하는 독보적인 기술 내재화를 통해 모듈의 초 소형화 및 GaN 소자의 고효율화 기술력을 확보하면 GaN 소자도 새로운 도약을 할 수 있을 것으로 전망

// WBG 전력반도체 모듈 전망

- ★ WBG 전력반도체 모듈은 보통 전력반도체 소자인 스위치와 다이오드 그리고 수동회로의 조합으로 이루어진 기술
- ★ SiC 기반 전력 모듈 시장은 2027년까지 CAGR 36.1%, GaN 기반 전력 모듈은 2027년까지 48.9%에 이르는 고성장 분야임
- ★ 우리나라는 특히 가전은 삼성전자, LG전자, 자동차는 현대모비스 등 최종 파워 모듈을 수용할 수 있는 국내 수요처를 보유하고 있어 모듈 관련 산업의 전망이 밝음
- ★ 모듈 개발은 소재, 소자 개발에 상관없이 회로 기술과, 패키징 기술력을 확보하고 있으면 해외 업체와 전략적 제휴를 통해 사업화 가능
 - 국내 반도체 패키징 기업들과 반도체 공정 센터의 기술력을 이용하면 모듈 생산이 가능하나 소자의 최적화를 위해 소자 개발과 함께 패키징 개발을 했을 때 기술 경쟁력이 높음
- ★ 최근 산업부에서 “디지털 그린 뉴딜의 핵심부품, 차세대 전력반도체 본격 육성”방안으로 반도체 소자-모듈-시스템 연계를 추진하고 있으며 이를 전문기업 중심으로 기반 시설을 확보하고자 하는 의지에 대한 적절한 투자가 이루어진다면 WBG 전력반도체 모듈의 밝은 전망을 예측할 수 있음

5. 결론 및 시사점

// 새로운 시대로의 변화

- ★ 기존 전력반도체 시장은 주로 파워 서플라이 전력 변환, 그리고 재생에너지 전력 변환 및 저장 등에 사용되어 전력반도체의 부피, 무게 등의 제약이 적은 Si 기반 전력반도체가 가장 많이 사용되었으며 관련 시장은 이미 기술 성숙기에 진입
- ★ 전 세계적으로 기후 변화에 대응하기 위해 “탄소중립”을 위해 정책적 지원을 아끼지 않기로 합의되고 있으며, 이를 이끄는 기술이 화석 연료를 사용하지 않는 EV 사용의 확대임
- ★ EV 시장의 폭발적인 성장은 전기 충전 인프라, OBC, 모터 인버터, 컨버터, 인포테인먼트용 컨버터 등 전력반도체의 새로운 수요를 요구 있으며, 이런 수요는 기존 Si 기반 전력반도체 시스템과 달리 차량 안에 탑재되는 만큼 안정성, 소형화, 경량화를 갖춘 새로운 전력반도체라는 새로운 기술 트렌드를 창출
- ★ 이런 기술적 트렌드를 따라 기술 선진국 들이 SiC 기반/GaN 기반 전력반도체들을 앞 다투어 투자하고 있으며, 시장 선점을 위한 원천 기술 확보에 주력 중
- ★ 그러나 국내에서는 아직 Si 기반의 전력반도체 트렌드를 벗어나지 못하고 세계 시장을 주도할 수 있는 새로운 전력반도체 기술개발을 추진하고 있는 기업들이 현저히 부족한 상황
- ★ 국내에서 WBG 전력반도체를 활성화하기 위해서는 Foundry 기반 기업이 존재해야 하며 이를 활용할 시스템 개발 인력을 육성해야 하는데, 이는 장기간 투자가 필요한 기술 분야로써 정부와 기업이 손잡고 장기간에 걸친 R&D를 지속적으로 추진해야 함
- ★ WBG 반도체 소자의 특성은 아직 연구 초기 단계로 소자 특성 개선 및 성능 분석에 대한 지속적인 R&D 투자로 성능 극대화 및 성능 안정화를 달성해야 함
- ★ Si 기반 전력반도체 시장에서도 전체 시장의 90%이상 부품을 해외에서 공급하고 있는 현실에서 차세대 전력반도체에서도 시기적절한 투자가 이뤄지지 않는다면 향후 폭발적으로 성장하는 산업에 핵심 소재, 부품 기술을 확보하지 못할 것임
- ★ 최근 정부의 전력반도체 추진 계획을 살펴보면 이런 우려를 불식시킬만한 정책들을 준비하고 있어 한국 전력반도체 시장의 새로운 도약을 기대하게 만들고 있음

- ★ 특히 한국은 LG전자, 삼성전자, 현대차, 현대모비스, 만도 등 세계 최고의 전력반도체 수요기업들을 보유하고 있는 나라로써 수요기업과 연계한 종합적인 투자 방향이 마련된다면 국내 새로운 성장 동력으로 육성할 만한 기술을 발굴할 수 있을 것으로 전망
- ★ 이를 위해 생산자와 수요자가 포함된 단체를 구성하여 수요자의 요구와 검증을 통해 산업 발전 속도를 높일 수 있도록 추진

[참고문헌]

1. Navitas Semiconductor, <https://navitassemi.com/>
2. Gowthamraj Rajendran, "Hard Switching Characteristics of SiC and GaN Devices for Future Electronic Vehicle Charging Stations"
3. Global Market Insight 2021

[국내외 주요 기술개발 현황]

연구기관명	프로젝트명	개요	연구기간
부산테크노파크	<ul style="list-style-type: none"> • SiC 파워반도체 연구플랫폼 구축 사업 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 파워반도체 일괄공정 라인구축 2. 연구플랫폼구축 사업 운영위원회 구성 3. 연구플랫폼 인프라 활용 기업지원 체계 구축 	2017.07-2023.12
포항공과대학교	<ul style="list-style-type: none"> • SiC 전력반도체 6인치 핵심 표준공정 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> • SiC Planar MOSFET 웨이퍼 레벨 일괄집적공정 및 표준 개발 1단계 개발한 핵심 공정 외의 단위공정 표준화 6인치 SiC Planar MOSFET 일괄공정 제작 및 최적화 	2019.03-2021.12
한국전자기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> • 통합형 최적설계 플랫폼 기반 초고효율 전력변환시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • SiC 기반 토폴로지 해석 모델 • GaN 기반 토폴로지 해석 모델 • 정보기기용 전원공급시스템 가전기기용 인버터시스템 • 온라인 무정전 전원시스템 	2021.05-2024.12