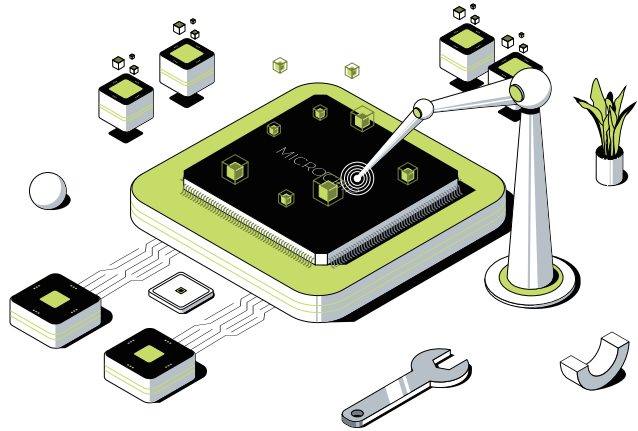


화합물 반도체



데이터분석본부 수도권지원 선임기술원 **조상훈** Tel: 02-3299-6098 e-mail: scho@kisti.re.kr

KEY FINDING

1. 화합물 반도체는 두 종류 이상의 원소로 이루어진 반도체 물질로서 높은 전자 이동도와 와이드 밴드갭 특성을 보이며 기존의 실리콘 소자와는 다른 특성의 구현이 가능해 다양한 산업에서 활용 가능성이 큰 소재이다.
2. 화합물 반도체의 세계 시장 규모는 2022년 약 405억 4,400만 달러이며, 연평균 6.6%로 성장해 2027년 약 557억 8,400만 달러까지 확대될 것으로 전망된다.
3. 화합물 반도체는 II-VI족, III-V족 등으로 구성이 가능하며, GaN(질화갈륨), GaAs(비소화갈륨), InP(인화인듐), SiGe(실리콘 게르마늄), SiC(탄화규소), GaP(인화갈륨) 등이 있다. 가장 널리 활용되는 것은 GaN으로 청색 LED를 구성하는 주요한 물질로 사용된다.
4. 화합물 반도체 시장은 LED 분야에서 상용화 단계에 있으며, 기존 LED의 성능을 개선하고 새로운 응용처를 찾기 위한 연구개발이 이루어지고 있다. 기존 실리콘 대비 뛰어난 특성을 활용하기 위해 신재생에너지, 전기차, 전력반도체 등 신규 분야에 적용하기 위한 연구개발이 활발한 것으로 파악된다.
5. 화합물 반도체의 주요 업체로는 Nichia Corporation(일본), 삼성전자(한국), AMS Osram(오스트리아), Qorvo, Inc.(미국) 및 Skyworks Solutions, Inc.(미국) 등이 있으며, 대부분 LED 산업을 선도하는 기업이다. 향후 다양한 화합물 반도체 공정과 응용 소자가 개발되면 많은 기업이 추가될 것으로 보이나, 단결정 성장, 기존 실리콘 반도체 공정과의 호환 등 기술적 난제를 극복해야 적극적 활용이 가능할 것으로 보인다.

1) 시장의 개요

화합물 반도체 (Compound Semiconductor)는 두 가지 이상의 원소로 이루어진 반도체를 말하며, 주기율표의 II-VI족, III-V족,

IV-IV족으로 구성이 가능하다. 대표적인 물질로는 GaN(질화갈륨), GaAs(갈륨비소), InP(인화인듐), SiGe(실리콘게르마늄), SiC(탄화규소), GaP(인화갈륨) 등이 있다. 일반적인 실리콘 기반 반도체와 비교하여 높은 전자 이동속도를 가지고 있어 소자를 구성했을 때 처

리 속도가 빠르고 전력 소모가 적은 것이 장점이다. 또한, 조성 변화를 통한 밴드갭 엔지니어링이 가능해 와이드 밴드갭을 구성하고 고효율, 고전력의 무선통신 소자, 금속 산화물 기반 트랜지스터(Metal oxide Semiconductor Field Effect Transistor), LED(Light emitting diode) 등을 구성할 때 중요한 물질로 화합물 반도체가 상용화 및 연구되고 있다.

물질별로는 GaN는 기존의 Si 반도체 공정과의 호환성이 우수하고 높은 항복전압(Breakdown voltage)과 낮은 저항 특성이 있어 고속의 스위칭 및 소형화를 가능하게 해 널리 활용되고 있다. 특히, 고주파 범위에서 높은 전력의 증폭을 제공하는 특성으로 인하여 GaN는 RF(Radio Frequency) 반도체 장치산업에 활용되고 있으며 성장세가 높다.

전기차 및 하이브리드 차량, 신재생 에너지의 폭발적인 성장에 따라 고전압과 적은 전력손실의 요구도 높아지고 있으며, 실리콘 대비 전력손실이 30% 적고 반도체 성질을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 최대 전압이 실리콘에 비해 10배 높아 효율적인 전력 관리와 고전압 환경이 필요한 분야에서 SiC가 주목받고 있다.

GaAs는 갈륨과 비소로 구성된 화합물 반도체로 다른 화합물 반도체 (Indium Gallium arsenide (InGaAs), Aluminum Gallium Arsenide(AlGaAs) 등)의 에피택셜 성장¹⁾을 위한 중요한 기판 재료로 활용된다. 또한, 다른 유형의 화합물 반도체보다 시그널 노이즈가 적어 약한 시그널의 증폭이 가능해 다양한 다이오드, 전계효과 트랜지스터(Field-effect transistors, FETs), 집적회로 등에 사용된다.

화합물 반도체의 활용처로 LED는 화합물 반도체 중 질화물 계열의 등장에 따라 급성장을 이루어 왔으며, 1990년대 중반에 접어들면서 적색, 녹색, 청색 LED의 생산이 가능해져 백열전구의 성능을 능가하게 되었으며, 충전연색의 디스플레이도 활용할 수 있게 되었다. 최근에 활용이 늘어나는 UV LED도 화합물 반도체로 제작하고 있어 LED 업계에서의 화합물 반도체 활용도는 점차 증가하고 있다. 태양전지에는 GaAs 반도체가 주로 사용되며, 광전변환 효율이 실리콘 보다 15% 이상 높고 온도 안정성, 방사능 내성이 우수하나 소재가 고가로 이루어져 위성에 사용되는 태양전지에 활용되고 있다. 최근 가장 주목받고 있는 전력반도체는 전력 변화에 쓰이는 반도체로 스마트 그리드, 전기차 등의 신규 수요에 따라 급성장하고 있다. 화합물 전력반도체는 작동온도 상한이 500~600도로 높고 열전도율이 높아 적은 전열면적에도 냉각할 수 있어 인버터 등을 소형화할 수 있으며, 송배전용, 분산 전원용 전력 소자에도 소비전력이 적어 효율성

이 높은 것이 특징이다.

이처럼 고유한 특성으로 다양한 전자산업에 활용성이 높은 화합물 반도체는 현재 실리콘 기반의 생산 공정과의 호환성을 확보하면서 전자적 특성 조절을 위한 미세한 성분 조절 등 기술적 난제를 해결하기 위해 연구개발과 투자를 선행한다면, 국내의 핵심 산업과 시너지를 보이는 시장이 될 것으로 기대된다.

2) 정책 및 규제 현황

화합물 반도체에 대한 정책은 전 세계적인 반도체 지원정책과 관련이 있으며, 미국의 주도로 글로벌 공급망 확보를 위해 일본, 대만, 한국 등 반도체 주요국과의 협력이 추진되고 있다. 반면, 중국의 경우 반도체 자립성 강화를 위하여 대규모 투자를 진행하고 있다.

반도체를 정책적으로 지원하는 미국은 반도체 생산 기반 재건 및 첨단 반도체 생산역량 강화를 위한 법안을 2022년 8월 발효함과 동시에 반도체 산업 지원금으로 542억 달러 규모의 지원 정책을 추진하고 있다. 여기에는 반도체 제조 인센티브로서 미국 내 반도체 제조 시설 건설 보조금 390억 달러를 투입하여 시설과 장비 건설 증원에 대해 직접적인 지원을 하는 내용이 포함된 것으로 분석된다. 또한, 미국 에너지부는 신재생에너지, 전기차 등에 활용되어 미래 수요 증가가 예상되는 차세대 전력 반도체의 경쟁력 확보를 위하여 화합물 반도체를 활용한 와이드 밴드갭 반도체를 개발하는 파워 아메리카 사업을 2014년부터 추진하고 있다.

중국의 경우 중국제조 2025 계획(13차 5개년 계획)을 진행하고 있으며 설계, 파운드리, 장비 분야에서 각각 Hisilicon(설계기업), SMIC(파운드리), Naura(장비기업), AMEC(식각장비) 등 수준 높은 기업을 육성하는 성과를 보이며 생태계를 확보하고 있다. 2021년에는 14차 계획을 발표하여 10나노 미만 반도체를 설계할 수 있는 반도체 설계 툴을 개발하고 고순도 소재와 관련 장비를 개발하는 목표를 세우고 있다. 또한, 미국의 반도체 관련 제재와 관련하여서는 7나노 이상 위주의 중저가형 반도체 제조공장을 확충하는 방안과 화합물 및 전력용 반도체 생산 기반을 확보하는 방향으로 대응하고 있다.

우리 정부의 경우 전력반도체에 기반하여 화합물 반도체의 기술력 확보를 위해 노력하고 있으며, 2017년부터 총 830억 원 규모의 신산업 창출 파워반도체 상용화 사업을 추진 중이다. 이를 통해 SiC, GaN 등 화합물 반도체를 이용한 제품 개발을 지원하고 전용 제작시설 인

1) 결정 기판 위에 방향성을 가진 결정막이 자라는 현상

프라를 부산에 구축하였다. 또한, 2021년에는 2050 탄소 중립 선언에 맞춰 2030년까지 13억 달러 규모의 K-벨트 반도체 정책에서 전력반도체를 지원하기 위한 '차세대전력반도체 기술 개발 및 생산역량 확충 방안'의 세부 정책이 포함되어 정책적 지원이 지속적으로 이루어지는 것으로 분석된다.

3) 시장동향

| 시장 규모 및 전망

화합물 반도체는 주기율표상 서로 다른 원소의 결합으로 이루어진 반도체로 빠른 전자 이동 속도와 높은 구동 전압을 바탕으로 빠른 프로세싱 속도, 높은 전력 효율성, 고전압 구동 등의 장점이 있어 고전압, 고효율의 소형 전자소자에 활용될 수 있다. 이를 바탕으로 LED, 친환경 자동차 부품, 신재생에너지 부품, 디스플레이, 우주항공 산업 등 다양한 분야에서 활용되면서 2021년 379억 3,500만 달러 규모

의 시장을 가지고 있으며 2027년 557억 8,400만 달러로 시장이 확대될 것으로 예상된다.

화합물 반도체 시장을 소재별로 분류하면 GaN이 가장 큰 시장으로 2022년 188억 600만 달러 규모로 분석되며 연평균 6.8%로 성장하여 2027년에는 261억 700만 달러 수준까지 성장할 것으로 보인다. 이는 GaN이 실리콘의 물리적 한계 극복과 높은 전하이동도를 보여 고속 스위칭, 전력 절감의 극대화가 가능해 전력반도체, 고�출력의 RF 증폭기 등으로 활용성이 높기 때문이며, 현재는 청색 LED의 필수재료로 사용되고 있어 시장 규모가 큰 것으로 보인다. SiC는 2022년 10억 9,500만 달러로 시장규모는 작은 편이지만 성장세가 화합물 반도체 중 가장 높은 16.7% 수준으로 2027년 두 배 이상인 23억 6,700만 달러로 성장할 것으로 보인다. SiC의 높은 성장률은 고유한 와이드 밴드갭 특성으로 고전압 구동이 가능하고, 특유의 높은 내열 특성으로 성장세가 높은 친환경 자동차, 풍력발전 등 신재생에너지 분야에 활용될 수 있기 때문이다. 또한, SiC는 GaN에 비하여 저렴한 실리콘이나 사파이어 기판 상에서 소자를 제작하고 양산할 수 있으므로 성능, 가격 면에서 주목받는 화합물 반도체이다.

표 1 화합물 반도체 소재별 세계 시장 규모 현황 및 전망(2022~2027)

(단위: 백만 달러)

종류	2022	2023	2024	2025	2026	2027	CAGR(%) (2022~2027)
GaN	18,806	19,979	21,253	22,678	24,280	26,107	6.80%
GaAs	10,691	11,431	12,167	12,888	13,593	14,279	6.00%
InP	7,301	7,732	8,168	8,607	9,072	9,563	5.50%
SiGe	2,109	2,229	2,351	2,475	2,603	2,735	5.30%
SiC	1,095	1,315	1,559	1,826	2,113	2,367	16.70%
GaP	542	581	619	656	694	734	6.30%
계	40,544	43,266	46,117	49,129	52,355	55,784	6.60%

출처 : Marketsandmarkets, Compound Semiconductor market, 2022

화합물 반도체 시장을 제품별로 분류하면 LED, RF 소자, 광학소자, 전력 소자로 대별되며, 현재는 상용화가 완료된 LED를 중심으로 시장이 형성된 것으로 확인된다. 특히, LED 제조에 주로 활용되는 GaN은 기술의 발전에 따른 LED 가격의 하락, 경제성, 친환경성에 대한 고객의 인식 제고, LED 조명 보조금 등에 영향을 받아 지속 발전해 온 것으로 보인다. 다만, 성장성 측면에서는 고전압의 전력소자 분야가 친환경 차량, 신재생에너지 산업의 성장에 따라 가장 성장성

이 높을 것으로 전망된다. LED 시장의 경우 2022년 163억 2,800만 달러에서 2027년 204억 1,000만 달러로 증가해 연평균 4.6% 성장률을 보일 것으로 분석되며, 전력소자의 경우 2022년 12억 6,900만 달러에서 2027년 39억 7,400만 달러로 3배 이상의 시장 성장이 예상된다.

표 2 화합물 반도체의 제품별 세계 시장 규모 현황 및 전망(2022~2027)

(단위: 백만 달러)

종류	2022	2023	2024	2025	2026	2027	CAGR(%) (2022~2027)
LED	16,328	17,115	17,903	18,714	19,550	20,410	4.60%
RF 소자	12,305	13,156	14,024	14,911	15,808	16,715	6.30%
광학소자	10,643	11,377	12,140	12,929	13,775	14,685	6.60%
전력소자	1,269	1,618	2,050	2,576	3,222	3,974	25.70%
계	40,544	43,266	46,117	49,129	52,355	55,784	6.60%

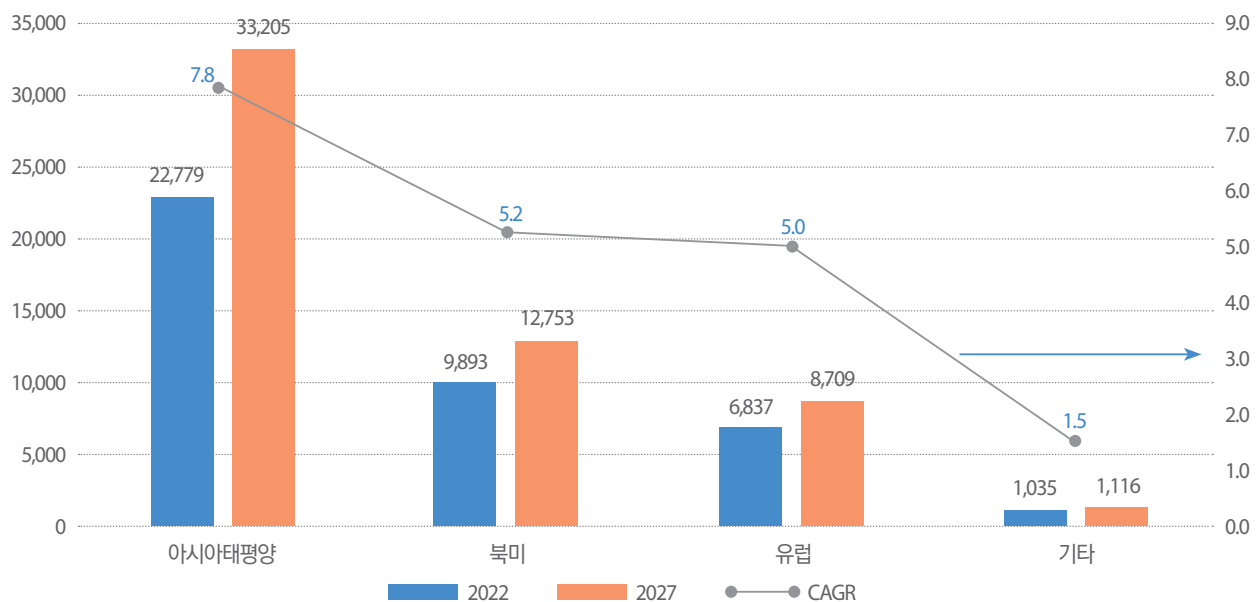
출처 : Marketsandmarkets, Compound Semiconductor market, 2022

화합물 반도체 시장을 지역별로 분류하면, 아시아가 가장 규모가 큰 시장으로 중국, 대만, 일본, 한국 등 반도체 기술을 주도하는 주요 국가들이 포함된 점, 관련된 기업과 정부가 대규모 투자와 R&D 활동을

지속하는 점이 시장 성장의 주요 요인으로 보인다. 아시아 태평양 시장은 2022년 227억 7,900만 달러, 2027년 332억 500만 달러 규모로 분석되며, 연평균 7.8% 수준으로 성장할 것으로 예측된다.

그림 1 화합물 반도체의 지역별 시장 규모 및 전망(2022~2027)

(단위: 백만 달러, %)



출처 : Marketsandmarkets, Compound Semiconductor market, 2022 및 KISTI 재가공

우리나라는 현재 스마트폰, TV 등 가전용 전자기기와 전기차, 통신기술, 반도체 기술을 선도하고 있어 높은 시장점유율을 유지하고 있으며, 지속적으로 새로운 전자제품의 개발을 주도하고 있다. 특히, 미래에는 화합물 반도체의 적용이 가능한 5G, IoT, 고휘도 LED, 전기차용 전력반도체 등 관련 제품의 성장과 더불어 웨이퍼 위에 특정

한 방향의 결정구조를 가지는 SiC, GaN 등의 에피텍셜 웨이퍼 파운드리 공장 설립으로 화합물 반도체 시장의 성장세가 커질 것으로 보인다. 2022년 14억 4,000만 달러 규모에서 연평균 5.3%로 성장하여 2027년에는 18억 6,600만 달러 규모로 시장이 성장할 것으로 분석된다.

표 3 화합물 반도체의 국내 시장 규모 현황과 전망(2022~2027)

(단위: 백만 달러)

종류	2022	2023	2024	2025	2026	2027	CAGR(%) (2022~2027)
국내시장	1,440	1,520	1,602	1,686	1,774	1,866	5.3

출처 : Marketsandmarkets, Compound Semiconductor market, 2022 및 KISTI 재가공

경쟁 현황

화합물 반도체 시장은 LED를 중심으로 활용되고 있어 이를 사업화하고 있는 기업들이 선두를 차지하고 있는데, 대표적인 기업으로는 Nichia Corporation(일본), 삼성전자(한국), AMS Osram(오스트리아), Qorvo, Inc.(미국) 및 Skyworks Solutions, Inc.(미국)가 있다.

Nichia Corporation은 화합물 반도체 시장의 선두 기업으로 정밀 화학물질, 무기 발광 재료를 주로 생산하고 있다. 최초로 청색 LED를 발명해 상용화하였으며, 백색 LED도 개발하였다. 또한, 질화물계 LED, 레이저 다이오드 발명 등을 주도하고 있다. 지속적으로 GaN 기반 LED에 투자를 하고 있는 것으로 파악되며, 장기적인 성장전략을 세우고 상업 공간 조명, 자동차용 애플리케이션, 전장 부분까지 다양하게 확장하고 있다. 최근에는 공업용수 및 공기 응용 분야에서 수많은 박테리아와 바이러스의 비활성화 및 살균을 돕기 위한 LED 개발과 인간중심 조명 개발을 위해 Zumtobel 등과 협업하며 시장 장악력을 유지하려고 노력 중인 것으로 파악된다.

국내 기업인 삼성전자(한국)는 반도체 제조에 대한 노하우를 바탕으로 화합물 반도체 시장을 이끌고 있으며, 자회사인 삼성전기(한국)를 통해 LED 사업을 시작해 합병을 통해 LED 사업부로 편입 후 관련 사업을 이어가고 있다. LED 사업에서의 핵심 기술인 EPI(epitaxial) 칩, 형광체, 모듈, LED 드라이버 등에 대한 특허권을 보유하고 있으며, 실내외 조명, 자동차용 LED 전장 부품, 소형/대형 디스플레이 패널 등에 활용하고 있는 것으로 파악된다. 이외에도 2022년 2월에는 식물을 성장시키는 데 활용되는 437nm 파장대의 스펙트럼 LED를 개발하여 출시하는 등 제품 출시에 박차를 가하고 있으며, 2021년 연간 총 투자액의 8.1%인 약 200억 달러 수준의 투자를 이어 나가고 있다.

AMS Osram은 광학 솔루션의 대표기업으로 고품질 발광체, 광센서, 집적회로, 소프트웨어, 마이크로 모듈 등 전체적인 포트폴리오를 가지고 있다. 또한, 가전, 자동차, 데이터 통신과 같은 다양한 응용 분야에 활용되는 LED를 공급하고 저전력, 고출력, 초 고전력 등급의 LED를 개발하였다. 사업의 확장을 위하여 2022년 3월 스마트

시티 조명 전문기업인 항저우 Roleds와 파트너십 체결, 2022년 5월 원예 조명용 OSLO optimal LED 시리즈 출시, 2021년 12월 자동차 전면 조명용 LED 출시 등 기술 혁신을 위한 노력을 지속하는 것으로 보인다.

4) 애널리스트 인사이트

화합물 반도체는 두 가지 이상의 원소로 이루어진 반도체 물질로 기존의 실리콘 기반 반도체의 대안 물질로서 주목받고 있다. 대표적인 물질로 GaN, GaAS, InP 등이 있으며, 높은 전자이동도로 처리 속도가 빠르고 낮은 전력 소모의 장점이 있을 뿐만 아니라, 밴드갭 엔지니어링이 가능해 고전압의 소자에 활용 가능성이 높다. 최근 전기차, 하이브리드 차량, 신재생 에너지 분야에서의 활용이 크게 증가할 것으로 예상되고 있는 화합물 반도체는 고전압을 견딜 수 있으며, 전력 손실을 줄이고 효율성을 높이는 반도체 소자의 필요성이 높아짐에 따라 반도체 활용 분야에 높은 파급력을 줄 것으로 예상되는 소재이다.

현재 양산되어 상용화된 화합물 반도체는 대부분 LED를 구성하기 위한 물질로 활용되고 있으며, 특히 GaN은 청색 LED를 구현하기 위한 필수 재료로 사용되고 있어 가장 널리 활용되는 화합물 반도체로 알려져 있다. 반면, SiC는 와이드 밴드갭 특성과 고내열성으로 태양전지, 풍력발전 등에 활용이 가능하고 GaN에 비하여 저렴하게 소자 구성이 가능하여 높은 성장이 예상되는 물질이다.

화합물 반도체 주요 시장은 아시아태평양 지역으로 웨이퍼, 펌, 조립, 테스트 등의 시설이 한국, 대만, 일본, 중국과 같은 몇몇 국가에 포진한 것이 원인으로 분석되며, 5G 서비스, IoT 가전 등 화합물 반도체가 활용되는 전자산업을 주도하는 기업들이 주로 포진해 있는 것도 영향이 큰 것으로 보인다. 우리나라도 전기차, 반도체, 가정용 전자제품의 주요 생산국인 점, 다른 국가에 비해 빠른 속도로 4G, 5G 서비스 도입, IoT 활용도가 증가하는 점 등으로 미루어 볼 때 화합물 반도체를 활용하는 주요 국가로 성장할 것으로 예상된다.

다만, 기본적으로 성능이 우수한 화합물 반도체 소자를 제조하기 위해서는 기존 실리콘 반도체와는 다르게 기판에 화합물 반도체를 단결정으로 키우는 에피웨이퍼와 관련된 기술이 필요하다. 이는 단기간에 개발할 수 있는 기술이 아니며, 연구개발 노하우가 축적되어야 하므로 장기간의 기술 개발과 투자가 필요하다. 또한, 시장 신


규 진입자에게는 생산을 위한 최첨단 공정이 필요하고 테스트 장비, 구동 소프트웨어 개발 등 자본이 크게 소요되는 진입장벽이 높은 시장이므로, 시장의 특성을 정확히 이해하고 기술력을 확보하면서 새로운 응용처에 대한 시장 진입 전략을 수립하는 것이 중요할 것으로 보인다. 

그림 1 화합물 반도체 시장의 신사업 기회 분석



참고문헌

- [1] Marketsandmarkets, Compound Semiconductor market, 2022
- [2] 한국과학기술연구원, 융합연구리뷰 (차세대 전력반도체 소자 기술), Vol 8, 2022
- [3] 한국산업기술평가관리원, Issue Report 녹색성장을 위한 차세대 신산업 파워반도체 산업현황 분석 및 투자방향, Vol 15, 2015
- [4] 한국과학기술기획평가원, 신산업 창출 파워반도체 상용화 사업, 2017
- [5] 정보통신기획평가원, 이슈분석 224호 미·중 반도체 갈등과 시사점, 2022
- [6] 대한무역투자진흥공사, 차세대전력반도체 미래전자제품의 혁신을 주도한다, 2022
- [7] 한국전자통신연구원, 전력반도체 시장 및 기술개발 동향, 2013

