

전력반도체 시장 및 기술개발 동향

Market and Technology Development Trends of Power IC

전황수 (H.W. Chun) 경제분석연구실 책임연구원
양일석 (I.S. Yang) 전력제어소자연구실 실장

- I. 서론
- II. 시장 전망
- III. 해외 기술개발 동향
- IV. 국내 기술개발 동향
- V. 시사점

전력반도체는 전력을 시스템에 맞게 배분하는 제어와 변환기능을 가진 소자이며, 에너지를 절약하고 제품을 축소하기 위하여 전력공급 장치나 전력변환 장치에 사용된다. 최근에는 모바일 기기의 증가와 전기자동차의 개발과 맞물려 전력반도체 적용 영역이 확대되고 있다. 선진국들은 산·학·연·관 중심으로 에너지를 절감할 수 있는 친환경 절전형 전력소자, 공정, 회로, 모듈 및 시스템 기술 개발에 집중하고 있다. 국내는 원천기술 부족과 해외 특허 등으로 인해 90% 이상을 수입에 의존하고, 기술수준은 선진국대비 50~70%에 불과할 정도로 매우 취약한 편이다.

I. 서론

전력반도체는 전력을 시스템에 맞게 배분하는 제어와 변환기능을 가진 소자이며, 에너지를 절약하고 제품을 축소하기 위하여 전력공급 장치나 전력변환 장치에 사용된다. 교류와 직류 사이의 변환뿐만 아니라 모터를 비롯한 모든 전기기기에 전력을 공급하거나 안정적으로 원하는 전압과 전류를 공급할 수 있도록 한다.

컴퓨팅·통신·가전·산전·자동차 등 중추적인 전자 애플리케이션에 적용되며, 최근에는 스마트폰·노트북 같은 모바일 기기의 증가와 전기 자동차의 개발과 맞물려 적용 영역이 확대되고 있다. 고속 스위칭, 전력손실 최소화, 소형 칩 사이즈, 발열처리 등에 관한 R&D로 디스플레이/LED 드라이브 IC, 휴대형 기기, 가전기기, 신재생/대체 에너지, 자동차 등에 사용되는 각종 부품의 절전화 및 친환경화에 기여하고 있다[1].

선진국들은 산·학·연·관 중심으로 에너지를 절감할 수 있는 친환경 절전형 전력소자, 공정, 회로, 모듈 및 시스템 기술개발에 집중하고 있다. 미국과 유럽은 지능형 전력망(Smart Grid)용 전력반도체 기술개발을 선도하고 있으며, 일본은 태양광발전 계통 연계를 위한 마이크로그리드 확산에 초점을 둔 지능형 전력망용 전력반도체 기술개발을 진행 중이다. 또 인피니언, 페어차일드, ST마이크로닉스, TI, 미쓰비시, IR, 롬(Rohm) 등 반도체 업체가 전력반도체 개발에서 치열한 경쟁을 전개하고 있다. 업계 1위 업체인 인피니언은 업계 최초로 300mm 웨이퍼를 이용한 전력반도체(CoolMOS)를 생산하고 있으며, SiC와 GaN 등의 신소재를 연구하고 있다.

국내는 원천기술 부족과 해외 특허 등으로 인해 국내 전력반도체 시장의 90% 이상을 수입에 의존하고 있다. 기술수준은 선진국대비 50~70%에 불과할 정도로 취약해 높은 진입장벽이 존재하고 있다.

본고에서는 미래 에너지 절감의 유망 부품으로 부각되고 있는 전력반도체의 시장 전망 및 국내외 기술개발

동향을 분석한 후 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

II. 시장 전망

1. 시장현황

일본 야노경제연구소(矢野經濟研究所)의 조사결과에 따르면 세계 전력반도체 시장 규모는 2011년 152억 8,000만 달러에서 2012년 전년 대비 11.5% 감소한 135억 1,200만 달러로 감소할 것으로 예상된다. 2010년과 2011년 연속 플러스 성장을 한 시장이 2012년 마이너스 성장을 한 요인은 ①중국시장의 성장 둔화, ②유럽시장의 장기적인 경제 침체, ③PC, 디스플레이 등 정보통신 분야, 민생기기 수요 감소와 구조 변화 등에 기인한다. 전력반도체 시장을 견인했던 중국시장의 경우, 2011년 후반 이후에는 철도형 출하가 감소하였고, 2012년 후반에는 산업기기용 수요도 감소했다. 비교적 견고하게 성장해왔던 인버터 에어컨용 전력반도체와 중국정부의 에너지전략을 위한 가전보조금 제도‘만능혜민(萬能惠民)’에 의한 수요도 기대에 미치지 못했다. 인버터 제어가 없는 저가 에어컨도 보조금 대상이 되면서 인버터 에어컨의 판매에 영향을 미쳤다.

유럽시장은 2011년까지 이어진 경제불황이 영향을 미쳤는데, 보조금 중단으로 유럽 각국의 태양광발전 수요가 크게 후퇴하고, 풍력발전도 기대에 미치지 못함에 따라 신에너지 기기용 전력반도체 출하가 감소하였다.

2012년 PC 출하대수가 전년대비 마이너스 성장을 하였고, 디스플레이 중 액정 TV의 판매가 감소하였다. PC시장의 침체뿐만 아니라 노트북에 비해 전력반도체 탑재 개수가 적은 태블릿 PC의 판매 비율 상승에 따라 PC용 전력반도체인 MOSFET(금속 산화물반도체 전계효과 트랜지스터)의 수요가 둔화되었다. 저가 중심의 중국 디스플레이 판매의 호조로 중국 디스플레이 제조사의 전력반도체 채택이 확대되었으며, MOSFET와 다이오

드의 저가화가 진행되었다.

자동차용 전력반도체는 비교적 견고하게 성장했는데, 2012년 세계 신차 판매 호조로 일본 시장과 북미 시장은 2자리수의 성장을 하였고, 해당 전력반도체 탑재 개수가 많은 하이브리드카(Hybrid Vehicle), 플러그인 하이브리드카(Plug-in Hybrid Vehicle), 전기차(Electric Vehicle) 등이 성장하였다. 일본 내 판매대수는 2배 가까이 증가하였으며, 가솔린 차에서도 저연비, 환경규제 등의 영향으로 전동 파워 스티어링, idling stop system을 채택하는 차종이 증가하였다.

유럽을 제외하고 미국과 일본 시장에서 태양광발전시스템의 호조, 특히 메가솔라용에의 투자 활성화로 메가솔라용 PCS에서 사용되는 파워모듈의 수요가 증가하였다[2].

2. 시장구조

세계 전력반도체 시장은 미국과 일본 제조사가 주도하고 있다. IMS Research에 따르면, 176억 달러에 달하는 2011년 세계 전력반도체 시장에서 인피니언이 11.9%의 시장 점유율로 1위, 미쓰비시가 8.3%, 도시바가 6.6%로 2, 3위를 기록하였다. 인피니언은 2010년에 비해 21%의 성장률을 기록했는데, 이는 전체 전력반도체 시장의 평균 성장률 8.3%를 크게 상회했으며, 세계 전력반도체 시장에서 9년 연속 세계 1위 지위를 유지하였다. 세계 파워 트랜지스터 시장 역시 미국과 일본 제조사들이 시장을 주도하고 있다. <표 1>에서 보듯이 2011년 세계 파워 트랜지스터 시장에서 인피니언이 점유율 11%로 1위, 미쓰비시전기 2위, 도시바 3위, 페어차일드 4위, 르네사스 5위를 기록하였다. 2010년에 비해 인피니언, 후지전기, ON Semiconductor 등은 매출이 대폭 신장한 반면, 페어차일드 및 Vishay는 매출이 정체되거나 감소되었다[3].

파워 MOSFET 분야에서는 페어차일드가 점유율

<표 1> 세계 Power Transistor 업체 순위

11년 순위	10년 순위	업체	11년 매출	10년 매출	증감률	11년 점유율 (%)
1	1	인피니언	1,151	995	16	11
2	2	미쓰비시전기	959	889	8	9
3	4	도시바	882	859	3	9
4	3	페어차일드	874	878	0	9
5	5	르네사스	820	819		8
6	7	후지전기	759	642	18	7
7	6	International Rectifier	713	653	9	7
8	8	STMicroelectronics	629	605	4	6
9	10	ON Semiconductor	605	357	69	6
10	9	Vishay	415	504	-18	4
기타			2,413	2,457	-2	24
합계					6	100

<자료>: Gartner, "Competitive Landscape," Power Transistor 2012, 2012.8.

13.3%로 선두, BJT(Bipolar Junction Transistors) 분야는 ST마이크로일렉트로닉스가 11.5%로 1위, 파워 모듈 분야는 미쓰비시전기와 인피니언, 세미크론 3개 업체가 선두권이다.

2011년 전압조정기(Voltage Regulator) 시장에서는 TI가 16.9%의 점유율로 1위, 맥심이 9.9%로 2위, Linear가 7.2%로 3위, ON Semiconductor가 5.1%로 4위, ST마이크로일렉트로닉스가 4.1%의 점유율로 5위를 기록하였다. 2012년 소비자용(customer) PMIC 업체 순위는 1위 쉘컴(20%), 2위 맥심(14%), 3위 TI(13%), 4위 다이알로그(11%), 5위 프리스케일(8%)의 순이다.

3. 시장전망

Garner(2013.4.)에 따르면 세계 반도체 시장은 2012년 2,986억 달러에서 2015년 3,479억 달러, 2017년 3,829억 달러로 연평균 5.1% 성장할 것으로 전망된다. 부문별로는 메모리가 2012년 560억 달러에서 2017년 761억 달러로 연평균 6.3%, 마이크로컴포넌트는 2012

년 593억 달러에서 2017년 702억 달러로 연평균 3.4%, 로직은 2012년 116억 달러에서 217년 132억 달러로 연평균 2.6%, 아날로그는 2012년 183억 달러에서 2017년 234억 달러로 연평균 4.4% 성장할 전망이다. 전력반도체가 포함된 Discrete는 2012년 183억 달러에서 2017년 227억 달러로 4.4% 성장하고, 아날로그 반도체는 2012년 185억 달러에서 2017년 234억 달러로 연평균 4.8% 성장할 것으로 전망되고 있다[4].

전력반도체는 전기자동차에서부터 신재생에너지 발전, 절전형 가전 등 다양한 분야에 적용되면서 시장이 급성장할 것으로 전망된다. <표 2>에서 보듯이 일본 야노경제연구소에 따르면 세계 전력반도체 시장은 2012년 135억 달러에서 연평균 10% 성장하여 2017년 206억 달러, 2020년 290억 달러에 달할 전망이다[5].

세계 파워 트랜지스터 시장은 2011년 102억 달러에서 2016년 143억 달러로 연평균 6.9% 성장할 것으로 전망된다. 유형별로는 Bipolar가 2011년 30.5억 달러에서 2016년 42.4억 달러로, MOSFET가 2011년 59.7억 달러에서 2016년 85.1억 달러로, IGBT가 2011년 12억 달러에서 2016년 15억 달러로 증가할 전망이다.

용도별로는 산업용·의료용이 2011년 27.4억 달러에서 216년 41.1억 달러로 연평균 8.5%, 차량용이 2011년 25.8억 달러에서 2016년 34.6억 달러로, 컨슈머용이 2011년 19.3억 달러에서 2016년 23.4억 달러로, 컴퓨팅용이 2011년 15.7억 달러에서 2016년 24.9억 달러로 성장할 것으로 전망된다. 환경규제와 에너지 절약 정책의 영향으로 클린에너지 분야에 대한 투자가 활성화되고 있는데, 시스템의 대용량·고효율화를 위해 내압 1700V가 넘는 고내압 전력에너지반도체 수요가 증가하고 있다[3].

산업기기 분야에서는 유럽이나 중국에서는 3mw가 넘는 태양광, 풍력발전시스템 설치가 2015년까지 이어져서, 전력반도체 소자시장의 산업기기용 비중은 2009년 17.6%에서 2015년 24.4%까지 확대될 것으로 예상되며, 시장 규모는 2.7배인 55억 3000만 달러까지 증가할 전망이다.

자동차에서는 연비 향상과 이산화탄소 감축을 위해 전동파워스티어링(EPS)이나 아이들링스톱시스템(ISS) 보급이 진행되고 있으며, 신형 하이브리드카나 전기차가 출시됨에 따라 전력반도체 수요도 확대되고 있다.

가전기기에서는 백색가전용 수요가 전체 수요를 견인할 것이며, 중국 정부가 보조금 정책으로 에너지 절약·고기능 에어컨 도입을 적극 추진해 인버터 제어에 필요한 전력반도체 수요도 급증하고 있다.

IT분야에서는 스마트폰, 태블릿PC 등 모바일기기 수요 확대에 장기적으로 안정 성장이 예상되어 2015년 45% 증가한 57억 달러에 이를 전망이다. 태블릿PC, e-book 등 모바일기기의 적용이 확대되면서 전력관리반도체(PMIC: Power Management IC) 시장이 고성장을 기록할 것으로 전망된다. iSuppli에 따르면, 세계 전력관리반도체(PMIC) 시장은 2012년 296억 3200만 달러에서 2013년 310억 5,700만 달러로 성장하고 2017년 406억 달러로 연평균 6.5% 성장할 것으로 전망된다.

Gartner는 스마트폰에서의 PMIC 적용이 확대되어 스마트폰 PMIC 매출은 2011년 11억 달러에서 2016년 25억 달러로 연평균 18.6% 증가할 것으로 전망하고 있다. 스마트폰 PMIC 1개 단가는 2011년 1.51 달러에서 2016년 1.17 달러로 하락하나 PMIC 수는 2011년 4억 3,700만 개에서 2016년 19억 개로 증가할 전망이다. 태블릿용 PMIC 1개당 단가는 1.25 달러로 태블릿PC 출

<표 2> 세계 전력반도체 시장 전망(단위: 억달러)

연도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
시장규모	135.1	140.7	149.9	164.1	183.6	206.4	233.1	266.5	290.1

(자료): 일본 야노경제연구소, 전자신문(2013.5.27.)에서 재인용

하량이 2011년 6,700만대에서 2016년 3억 7,100만대로 급증하여 PMIC 매출도 증가하고, 미디어 태블릿용 PMIC 매출은 2011년 1억 200만 달러에서 2016년 4억 3,300만 달러로 성장할 전망이다. 베이스밴드 프로세스 지원 스마트폰 PMIC 매출이 2011년의 2억 달러에서 2016년 4억 9400만 달러로 연평균 20% 성장할 것으로 예측되고 있다. 애플리케이션 프로세서 지원 스마트폰 PMIC 매출은 2011년 8억 5,500만 달러에서 2016년 20억 달러로 연평균 18.2% 성장할 것으로 전망된다[6].

한편, SiC(탄화규소) 웨이퍼 수요가 증가하면서 시장이 확대될 전망이다. 2013년 1월 SNE Research는 2012년 5,260만 달러인 SiC 웨이퍼 시장이 2020년 5억 5,250만 달러로 증가할 것으로 예상하고 있다. 현재 국방용이나 R&D용 등 제한적으로 사용되고 있는 전력반도체가 앞으로 휴대폰·노트북·에어컨·냉장고 등 다양한 가전제품 외에 하이브리드카와 전기차 등에도 적용되면서 SiC(탄화규소) 웨이퍼 수요도 급증할 전망이다[7].

GaN(Gallium Nitride: 질화갈륨) 전력소자 시장은 내압이 200V에서 600V로 커지며 민수분야로 시장이 확대되어 고성장을 기록할 전망이다. 크게 군수, 무선통신망, 고전력 및 케이블TV/위성통신 분야로 구분되며, 군수분야가 가장 큰 시장을 갖고 있으나 앞으로 민수분야로 시장이 확대될 것으로 예상된다. 2014년 전체 GaN 소자시장에서 군수분야가 46%의 점유율을 기록할 것이며, 민수시장에서는 무선통신망에 사용되는 전력증폭기 요구에 의해 주도되어 성장하고, 고출력을 요구하는 전력소자분야는 SiC 기술에 의해 초기성장이 제한될 전망이다. Yole Development에 따르면, 고전력용 GaN 전력소자 시장은 2011년 250만 달러 이하에서 2016년 5억 달러로 성장할 것으로 전망된다.

III. 해외 기술개발 동향

해외 기술개발 동향을 살펴보면 MOSFET(금속 산화

벽 반도체 전계효과 트랜지스터)는 수퍼-정선이 대세이며, MOSFET과 IGBT(절연 게이트양극성 트랜지스터)는 R&D보다는 제품개발 관점에서 진행되고 있고, IGBT는 백사이드에 thinning, 얇게 50 μ 까지 어떻게 효과적으로 좋은 수율로 할 수 있는가가 핵심이다. SiC는 가격대비 성능 관점에서 6인치로, 저항을 줄이기 위해서 트랜치모스로 가야하고, GaN은 기본 특성은 우수하지만 신뢰성 문제가 있는데 가까운 장래에 해결될 전망이다[8].

차세대 웨이퍼는 기존 실리콘 웨이퍼보다 전력 손실을 크게 줄일 수 있는 탄화규소, 질화갈륨웨이퍼 개발에 주력하고 있다. 실리콘 웨이퍼에 비해 대전류, 고전압에 강하고 발열 특성도 뛰어나 전력량을 줄일 수 있어, 2020년 이후 가전, 자동차, 지하철, 송전망 등에서 사용될 전망이다. 차세대 웨이퍼가 웨이퍼 시장의 주류로 자리 잡기 위해서는 대구경화(大口徑化)를 통한 가격 경쟁력 확보가 우선되어야 한다[9].

반도체산업은 프로세스의 미세화와 웨이퍼의 대구경화로 발전해 왔는데, 대구경화에 있어서는 1990년에 150mm 웨이퍼에서 200mm 웨이퍼로, 2001년에는 200mm에서 300mm로 발전되어 약 10년을 주기로 1.5배씩 확대되어 왔다. 차세대 450mm 웨이퍼의 도입은 2004년부터 여론화 되었으며 인텔이 가장 먼저 필요성을 주장하였고, ITRS(반도체국제기술로드맵)도 2012년부터 450mm 웨이퍼 도입이 필요하다고 제안하였다.

SiC 전력반도체는 산업기기, 태양전지, 전기차, 철도 등 파워 일렉트로닉스 분야에서 실리콘보다 전력변환 손실이 적고, 재료물성이 우수해 SiC 디바이스/모듈의 실용화가 요구된다. SiC는 실리콘에 비해 절연파괴전계 강도가 약 10배 정도 높고, 12인치 웨이퍼를 주로 사용하는 실리콘은 6인치나 8인치 공정장비를 사용할 수 없는데 비해, SiC는 실리콘에서 사용하지 않는 노후장비를 공정장비로 사용해 투자비를 절약할 수 있다. SiC의 단점은 고온에서 탄소 등이 승화하면서 표면이 거칠어

〈표 3〉 해외업체의 전력반도체 개발 현황

업체	추진 방향	제품/서비스
인피니언	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 효율성, 통신, 보안 등 반도체와 시스템 솔루션 제공 기업 아날로그 및 혼합신호, RF, 파워 및 임베디드 제어기술 등 핵심 경쟁력 9년 연속 세계 전력반도체 1위 	<ul style="list-style-type: none"> OptiMOS제품군은 핵심 파워컨버전 매트릭스에서 업계 최상의 성능 제공 업계 최초로 300mm 웨이퍼를 이용한 전력반도체(CoolMOS) 생산 SiC와 GaN 등의 신소재 연구
TI	<ul style="list-style-type: none"> 시스템비용 낮추는 전력관리 솔루션 2009년 씨클론세미컨덕터, 2010년 키몬다의 300mm 웨이퍼 생산시설 취득, 2011년 내셔널세미컨덕터 인수 저코스트 및 고성능 통합 솔루션을 제공하는 쪽으로 진행 	<ul style="list-style-type: none"> 고주파수 · 고효율 전력관리 반도체 기업 씨클론 인수 내셔널 세미컨덕터는 LED조명, 의료전자, 전기차, 무선충전 등 진출 2012년 무선충전 범위 확대하는 트랜스미터 IC 'bq500410A' 출시
ST 마이크로 일렉트로닉스	<ul style="list-style-type: none"> 전력반도체 선두기업으로 효율성 및 전력 밀도의 향상에 부응 파워 컨버전부분 세계1위 업체 디스플레이, 모바일충전기, 홈 어플라이언스 등에 맞춤형 솔루션 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 2009년 3월 2mohm 온 저항을 구현하여 30V 표면 실장 소자를 출시 2012년 신형 스마트폰과 전자기기에 사용되는 소형 전력반도체 출시 2012년 3월 'MDmesh II Plus™ Low Qg' MOSFET 제품군 출시
내셔널 세미컨덕터	<ul style="list-style-type: none"> 전력관리 제품군인 파워와이즈(PowerWise)를 통해 엔지니어들에게 손쉬운 디자인 툴 제공 2011년 TI에 의해 인수됨 	<ul style="list-style-type: none"> 최대 100V의 고전압 소자 및 95% 이상 효율의 스위칭레귤레이터 제공 아우디AG에 모듈식인포테인먼트 장치 기술용 IC와 서브시스템 제공
맥심	<ul style="list-style-type: none"> 아날로그 통합칩을 신시장으로 스마트미터, 모터, 전기차배터리 등 사업확대 삼성전자 PMIC의 최대 협력사로 쉐일 베이스밴드 칩과 AP용 PMIC 공급 전력변환 효율이 높은 저전력 시스템 개발에 주력 	<ul style="list-style-type: none"> DC-DC컨버터, AC-DC컨버터 생산하고 모바일기기용 PMIC 개발 듀얼 스위치모드 전원공급 컨트롤러는 90%대의 전력 변환효율 BICDMOS 프로세스 기능은 아날로그 정밀도 향상
페어차일드	<ul style="list-style-type: none"> 아날로그 및 디스크리트 전력반도체 분야 선두업체로 Rectifier, FRD Power MOSFET, IGBT 등 생산 후발주자로서 단품 제품에 주력 IT산업 핵심 분야의 다양한 고객에게 전력관리, 배전, 정류, 소비전력 최소화 등의 솔루션을 제공 	<ul style="list-style-type: none"> 지경부 주관의 '고전압 전력 IGBT 기술 및 소자개발' 사업 진행 2009년 2월 소형기기의 배터리 수명을 연장해주는 듀얼 N-채널 및 단일 N-채널 MOSFET 출시 2013년 모바일기기 전력관리 솔루션 및 스마트 듀얼-코일 릴레이 드라이버 제품군 출시
IR	<ul style="list-style-type: none"> 파워트랜지스터, MOSFET, IGBT 등 전력반도체 토탈솔루션 제공 전력낭비 줄여주는 디지털 · 아날로그 및 혼합신호 IC, 고성능 회로부품, 집적된 전력 시스템과 부품들 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 작고 효율 뛰어난 세트내부 공간활용 높임 2008년 10월 자사의 고효율 150mm GaN-on-Si 에픽텍스 특 허기술 활용하여 GaN 기반 전력 디바이스기술 플랫폼 개발 고전압, 고전류용 고효율반도체 개발
프리스케일	<ul style="list-style-type: none"> 2004년 모토로라로부터 반도체사업부가 분사해 설립 반도체업계 10위수준 기업 시장 노하우와 검증된 솔루션으로 네트워크, 컴퓨팅, 무선통신, 자동차 시장등 공략 	<ul style="list-style-type: none"> 세계 1위의 차량용반도체업체로 파워트레인 시스템에 주력 2007년 아날로그/전원관리제품군 확대, 2012년 RF 전력 포트 트플리오 출시
미쓰비시 전기	<ul style="list-style-type: none"> 세계 2위의 파워 트랜지스터 업체로 IGBT, MOSFET등 전력관리 모듈 생산 2008년 르네사스 전력반도체 공장 매입 	<ul style="list-style-type: none"> 2010년 5월 주거용 태양광발전 인버터 위한 지능형전력반도체 모듈(IPM) 출시 르네사스의 가전제품 및 하이브리드카용 전력반도체 생산 및 수출 강화
르네사스	<ul style="list-style-type: none"> 파워 트랜지스터, PMIC 글로벌리더 전력관리칩, 차량반도체 등에 중점 	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 스마트폰 소비전력 30% 절감하는 반도체 제어기술 개발 2012년 9월 무선전력용 반도체 개발
도시바	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 세계 전력반도체 업체 3위 다양한 MOSFET를 생산하고 2013년 3월 아날로그 IC사업부 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 6월 TV 등의 대기전력을 없애는 반도체 개발, 100V 저온저항, 저누설전류 MOSFET 출시
롭(Rohm)	<ul style="list-style-type: none"> 파워디바이스, LSI, LED, 센서를 생산하는 반도체 전문기업 고성능, 고내압 전력반도체 MOSFET 'F시리즈' 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 12월 전력손실 1/20으로 줄인 전력반도체 출시, 2012년 4월 고전력저항기 'LTR18 저저항시리즈' 제품 출시 2012년 6월 DC/DC 컨버터용 MOSFET 개발, 2012년 12월 SiC-MOS 모듈 양산

〈자료〉: ETRI 경제분석연구원(2013.5.)

지는 측면이 있어 AlN과 graphite 등의 capping layer가 필요하다.

SiC는 FET(Field Effect Transistor), LED, 압력센서, HBT(Hetero-junction Bipolar Transistor), SBD(Schottky Barrier Diode) 등의 응용이 연구되고 있으며 일부 상용화되고 있다. 2020년경에는 컴퓨팅 파워와 저장 용량이 현재보다 60배 이상이 요구되어 이를 충족시키기 위해 저전력·고용량·고집적도 실리콘 기술이 발전할 전망이다. 실리콘 기술과 화합물 반도체, 광기술 등이 융합된 새로운 기술이 부상할 것이며, 바이오헬스, 에너지, 자동차, 로봇 등 여러 분야에 융합기술이 적용돼 미래 실리콘 산업의 새로운 성장엔진이 될 것으로 전망된다[10].

GaN 반도체는 와이드밴드 갭 특성과 고온(700°C) 안정성의 장점이 있고, 고출력 전력증폭기뿐만 아니라 고전력스위칭 소자로써 차세대 에너지 절감용 핵심소자로 부각되고 있다. 실리콘 기반 전력반도체는 고전압 환경에서 전력전달 효율이 낮아 에너지 낭비가 커서 전력전달 효율성이 높은 질화갈륨 등 신소자를 이용한 연구가 부상하고 있다. 2005년 장당 1만 달러에 거래되던 2인치 사이즈의 질화갈륨웨이퍼가 5년 만에 2000달러 대까지 떨어져 일본뿐만 아니라 국내에서 삼성코닝정밀소재, 와이즈파워 등 10여개 업체가 제조라인 구축, 기술개발 등에 착수하였다. 해외에서는 인피니언, 마이크로, 도시바, 르네사스, 롬(Rohm) 등이 대부분 SiC나 GaN 소자를 개발중이다[11].

일본에서는 SiC와 GaN 소자를 정부 주도로 시작했으며, 2012년 NTT물성과학화학기초연구소는 GaN 반도체 박막소자를 성장기판에서 박리하는 프로세스를 개발하였다. 미 IR(International Rectifier)사는 주력제품이 실리콘소자였으나, 2009년부터 실리콘 테크놀로지가 성숙됐다고 파악하고 GaN(질화갈륨) 600V급 소자를 2012년 출시하였다. 나고야공업대학 ‘실화물반도체멀티비즈니스창업센터’는 2013년 완성을 목표로 경제산업성으로부터 보조금 14억 엔을 포함해 총 22.7억 엔으

로 동 대학 캠퍼스 내에 지상 3층(약 2,400m²)의 GaN 전력반도체 전용동을 설립할 예정이다.

〈표 3〉에서 보듯이 인피니언, 페어차일드, ST마이크로닉스, TI, 미쓰비시, IR, 롬(Rohm) 등 수많은 반도체 업체가 전력반도체 개발에서 치열한 경쟁을 전개하고 있다. 인피니언은 업계 최초로 300mm 웨이퍼를 이용한 전력반도체(CoolMOS)를 생산하고 있으며, SiC와 GaN 등의 신소재를 연구하고 있다[12]. TI는 고주파수·고효율 전력관리 반도체 기업 씨클론을 인수했고, 내셔널세미컨덕터와 합병해 LED조명, 의료전자, 전기차, 무선충전 등에 진출하였다. STM은 2012년 신형 스마트폰과 전자기기에 사용되는 소형 전력반도체를, 2012년 3월 ‘MDmesh II Plus™ Low Qg’ MOSFET 제품군을 출시하였다. 내셔널 세미컨덕터는 100V의 고전압 소자 및 95% 이상 효율의 스위칭레귤레이터를 제공하고, 아우디AG에 모듈식인포테인먼트 장치 기술용 IC와 서비스 시스템을 제공하였다.

IV. 국내 기술개발 동향

국내에는 원천기술 부족과 해외 특허 등으로 인해 2조 7천억 원으로 추산되는 국내 전력반도체 시장의 90% 이상을 수입에 의존하고 있다. Discrete 전력반도체의 90%, 고집적 전력반도체의 95%를 미국(TI, National Semiconductor, Maxim, Supertex), 유럽(Infinion, STM)과 일본(미쓰비시전기, 르네사스, 후지전기) 등의 수입에 의존하고 있다.

〈표 4〉에서 보듯이 기술수준은 선진국대비 50~70%에 불과할 정도로 진입장벽이 존재하고 있는데, 고집적 BMIC, 수소연료전지차용 PMU(Power Management Unit), Smart PFC, 오디오 프로세서 등은 발아기로 선진국에 비해 기술수준이 50%에 불과하다.

정부는 그동안 시스템IC 2010등 국책과제에서 모바일용 파워 IC, IGBT, 인텔리전트파워모듈(IPM) 개발에

성공하며 기술 격차를 줄이려는 정책을 전개하였다. 국내 전력반도체 연구개발 사업은 시스템IC 2010사업을 통해 모바일용 파워 IC 등을 개발하는 성과를 도출했고, 전력IT 사업에서는 IGBT와 인텔리전트 파워모듈(IPM) 개발에 성공하였다. 지능형 전력망 개발 사업은 2005년부터 발전, 송배전 등 전력 네트워크 지능화를 위한 기술개발을 진행했고, 2009년부터 제주도에 스마트그리드 실증단지 사업을 추진하고 있으며, 장기 목표로 2020년까지 소비자 측 지능화, 2030년까지 전체 전력망 지능화를 완료할 계획이다.[13]

GaN 소자 개발은 2000년대 후반 WPM(World Premier Material) 사업으로 실리콘카바이드 재료를 개발하는 과제가 시작되었고, 삼성 종합기술원, LG전자, ETRI 등을 중심으로 개발이 진행되고 있다. 정부 주도 프로젝트는 SiC나 GaN, Wide Band gab 소자 쪽에 집중되어 있고, 유럽이나 미국, 대만도 정부 주도 대형 프로젝트들을 진행하고 있다.

2013년 4월 미래 반도체 소자 원천기술개발을 위해

정부와 산업계가 각각 자금을 대고, 대학과 국책 연구소가 관련 기술을 개발하는 미국 ‘SRC(Semiconductor Research Corporation)’ 모델을 도입하기로 했다. 산업통상자원부는 삼성전자와 SK하이닉스를 비롯해 미국계 반도체장비 제조사인 어플라이드머티리얼즈(AMAT)코리아와 램리서치코리아, 네덜란드계 장비사인 ASML코리아, 일본계 장비사인 도쿄일렉트론(TEL)코리아 등 6개 반도체 기업과 2013년부터 5년간 250억원 이상을 투입해 ‘미래 반도체 소자 관련 원천기술’을 개발하는 공동투자협약을 체결하였다. 정부와 업계가 각각 125억원을 내는 매칭방식으로 2013년 각각 25억씩 총 50억원을 투입할 예정이다. 앞으로 5년간 실리콘 소재를 대체하는 화합물 소재(인듐·갈륨·알세나이드 등)를 개발하고, 금속산화물반도체구조(MOSFET)에서 벗어나 저전력 효과를 높일 수 있는 터널구조(Tunnel FET), 반도체 내부 또는 반도체간 광 데이터 처리기술(옵티컬 인터커넥션), 자기저항식 메모리(M램), 저항변화메모리(Re램), 상변화메모리(P램) 등 12가지 차세대 기술개발

〈표 4〉 국내 전력반도체 기술 현황 및 수준 비교

분야	기술명	단계	해외 현황	국내 현황	기술수준
고집적 지능형 BCD	고성능 PMIC	도입기	미국업체 주도(TI, 쉘컴)	산업체 중심 진행	70%
	고집적 BMIC	도입기	미국/유럽업체 주도(TI, 맥심, STM)	산업체 중심 진행	50%
	HEV용 Power Management Unit	발야기	미국/유럽업체 주도(인피니언, STM)	산업체 중심 진행	50%
	일반 조명용 LED Controller	발야기	미국업체 주도(TI, 맥심)	산업체 중심 진행	70%
	Motor Controller	도입기	미/일 업체 주도(마벨, 롬)	산업체 중심 진행	60%
	Smart PFC	발야기	미국업체 주도(페어차일드, TI)	대학 및 연구소 진행	50%
고성능 아날로그 CMOS	Audio Processor	도입기	미국/유럽업체 주도(TI, STM, 윌프슨)	산업체 중심 진행	50%
	High Resolution Data Converter	도입기	미국업체 주도(아날로그디바이스, TI)	대학 및 연구소 진행	70%
	Voltage Regulator	도입기	미국업체 주도(Linear, 페어차일드)	산업체 중심 진행	60%
	Interface IC	발야기	미국업체 주도(NS, ADI)	산업체 중심 진행	65%
	Power Amplifier	도입기	미국업체 주도(맥심, TI)	대학 및 연구소 진행	60%

〈자료〉: ETRI(2009.4.)

〈표 5〉 국내업체의 전력반도체 개발 현황

업 체	추진 방향	Foundry Service
동부하이텍	<ul style="list-style-type: none"> •위탁생산(파운드리) 외에 직접 시스템반도체를 제조해 판매하는 사업에 진출 •2008년 10월에 미국 ADI와 일본 산켄에 수탁가공 형태로 아날로그 반도체 공급 •전압조절집(DC-DC) 컨버터를 생산해 인피니언에 파운드리 방식으로 공급함 	<ul style="list-style-type: none"> •LDI는 기존 칩보다 크기를 30% 이상, 제조공정을 25%이상 단축 •0.35um급 BCDMOS 공정기술을 활용해 다양한 회로를 하나의 칩에서 구현하는 기술 개발 •2012년 6월 전력반도체크기를 40% 이상 줄일 수 있는 제조공정 기술 'AN180X' 개발
매그나칩 반도체	<ul style="list-style-type: none"> •2008년 4월 0.18um 및 0.35um BCD 공정기술 개발 완료 •2008년 12월에 홍콩의 반도체 유통 전문 회사인 아이아일(EIL)과 전력반도체 제품에 대한 유통 계약 체결 •2009년 3월에 LCD TV의 광원인 백라이트유닛(BLU)에 쓰이는 40V급 MOSFET 5종 출시 •2012년 전력반도체 기업 다원전자 인수 	<ul style="list-style-type: none"> •가격경쟁력이 큰 8인치 웨이퍼를 사용 •0.18um aBCD 공정은 모바일핸드셋용 전력반도체에 적합하며, 0.35um aBCD 공정은 높은 전압과 파워 특성을 갖는 LCD TV, 노트북용 LED 구동 칩에 적용됨 •IGBT 시장에서 전력솔루션을 효율적으로 공급하는 체계 구비
LS산전	<ul style="list-style-type: none"> •2005년 말부터 국책과제를 통해 전력반도체 모듈사업에 본격적으로 참여 •2009년 3월에서 오는 2012년까지 그린비즈니스 분야에 2000억원이상 투자계획을 발표 •2010년 2월 인피니언과 합작해 전력반도체를 생산하는 LS파워세미텍을 설립 	<ul style="list-style-type: none"> •전력반도체 모듈 사업은 산업현장에서 쓰이는 수백kW급 전력을 제어하는 IGBT를 이용한 제품임 •그린가전장품, 전력반도체 모듈, 연료전지, LED, 에너지저장 건물 분야를 집중 육성 •가전용 지능형 전력반도체 모듈생산
삼성전자	<ul style="list-style-type: none"> •2006년 켈컴에 90nm 제품을 공급하면서 파운드리 산업의 성장 발판을 마련 •2009년 2월 미 자일링스의 새로운 파운드리 파트너로 선정됨 •삼성종합기술원과 전력반도체 공동 개발 •모바일 및 디스플레이용 전력반도체, 전기차, 신재생에너지용 소자 개발 	<ul style="list-style-type: none"> •시스템LSI 전용 300mm 생산 공장인 기흥사업장 'S라인'에서 자일링스에 납품할 제품을 45nm 공정으로 생산 •고성능 FPGA 제품에 적합한 제조능력, 파운드리 서비스 제공 •2012년 저전력반도체 '핀렛 CPU' 개발 •2013년 5월 PMIC 대량 생산
LG전자	<ul style="list-style-type: none"> •2011년 GaN 이용 전력반도체 개발 착수 •가전, 전기차, 신재생에너지용 전력반도체 	<ul style="list-style-type: none"> •엑시트론의 유기금속화학증착기(MO CVD) 구입 고출력 전자소자 제조
SK하이닉스	<ul style="list-style-type: none"> •ICT 패러다임이 PC에서 모바일로 변화함에 따라 전력반도체 등 시스템반도체사업 강화 •2010년 파운드리 사업을 본격화하고 청주 M8공장에서 CIS, DDI, PMIC 생산 	<ul style="list-style-type: none"> •실리콘마이터스와전력관리칩 생산을 시작했고 향후 더 많은 생산능력 확보 계획 •12인치(300mm) 웨이퍼 투자, 스마트폰용소형모바일 DDI, 차량반도체 사업 확대
실리콘웍스	<ul style="list-style-type: none"> •1999년 설립된 국내 최대 팹리스 업체로 LCD 드라이버로 시작해 티콘, 전력반도체까지 토탈솔루션 공급 •디스플레이용 시스템반도체 부품설계업체로 애플에 뉴아이패드용 부품 공급 	<ul style="list-style-type: none"> •2006년 타이밍 컨트롤러와 전력관리 PMIC 생산 •2013년 2월 LED 조명용IC 2종 출시 •BMIC 기술개발을 하고 있으나 아직 상용화 수준에 도달하지 못함
실리콘마이터스	<ul style="list-style-type: none"> •국내 벤처기업으로서 쉽지 않은 전력관리반도체 상용화에 성공 •2007년 6월 개발에 본격 착수해 1년 4개월 만에 디스플레이용 PMIC 첫 상용화를 시작으로 시장 본격 진출 	<ul style="list-style-type: none"> •디스플레이용 PMIC는 디스플레이 화질에 영향을 주는 DC/DC 계통의 60V급 전원제어반도체임 •디스플레이용 PMIC는 동부하이텍의 0.35um급 복합고전압소자 공정기술 적용, 생산
케이이씨	<ul style="list-style-type: none"> •국내 최대의 개별 반도체업체로 트랜지스터, 다이오드, IC, MOS 등 비메모리 반도체 생산 •향후 그린에너지분야를 신성장 동력으로 확대하기 위해 IGBT 파워모듈 등 전력반도체 사업을 강화 	<ul style="list-style-type: none"> •MOSFET, BJT, IC, IGBT 등을 생산 •2011년 국내 최초로 kW급 고용량 IGBT 칩 개발 및 양산에 성공 •2012년 11월 산업용 600V 전력용 반도체 스위칭 소자(IGBT)를 개발해 고효율 반도체 시장 공략

〈자료〉: ETRI 경제분석연구실(2013, 5.)

에 집중할 계획이다. 정부·산업계는 투자자 역할만 맡고, 대학과 ETRI·KIST 등 국책연구소가 모든 기초기술부터 상용화 직전기술까지 개발해 지적재산권까지 갖게 된다[14].

국내 산업용 전력반도체 현황을 보면 양산에 성공한

대기업이 없는데다 중소 팹리스 기업들은 전력반도체를 개발할 여력이 없어 매우 부진한 상황이다. 〈표 5〉에서 보듯이 최근 들어 실리콘마이터스가 LCD용 전력관리반도체(PMIC) 독자 개발에 성공하고, 실리콘웍스, 삼성전자 등도 PMIC 시장에 적극 참여하기 시작했다. 매그나

칩은 해외와 라이선스를 통해 저전압 MOSFET을, KEC가 MOSFET과 IGBT를 생산하고 있고, PMIC는 모바일 분야에서 삼성전자가 대량 양산하기 시작하면서 국산화가 가속화되고 있다.

V. 시사점

전력반도체 산업을 진흥하기 위한 정책적 시사점으로는 첫째, 원천기술 확보 및 경쟁력 제고이다. 95% 이상 수입에 의존하는 전력반도체 국산화와 메모리 반도체에 치우친 반도체 산업의 구조 개선을 위해 전력반도체 원천기술개발과 경쟁력 확보가 필요하다. 세계 최고수준의 공정기술을 토대로 친환경 절전형 전력반도체 기술 개발 및 파운드리 서비스를 강화하고, 전력반도체에 공통으로 적용되는 소자 및 공정기술을 개발해야 한다.

둘째, 대규모 정부주도의 프로젝트 발주이다. 국내 전력반도체 연구개발 사업은 ‘시스템IC 2010사업’을 통해 모바일용 파워 IC 개발 등의 성과를 거두었으나 차세대 전력반도체 핵심기술 확보 및 산업기반 확보를 위해 국가 차원의 전력반도체 관련 육성사업이 필요하다. 30~40나노 공정의 경우 시제품 양산 비용만 수억 원, 실제 양산에는 수십억 원이 소요되어 매출액 수십억에서 수백억 원 규모의 중소기업에게는 부담되기 때문에 정부 주도의 대규모 프로젝트가 착수되어야 한다.

셋째, 전문인력을 양성해야 한다. 최근 국내 기업이 전력반도체 양산을 시도하고 있으나, 전문인력이 취약하여 발전에 걸림돌로 작용하고 있다. 전력반도체 산업 발전을 위해 자체 설계·생산할 수 있는 전문인력 양성이 시급하다[15].

넷째, 장기적 안목으로 접근해야 한다. 메모리나 D램, 낸드플래시 등 대기업이 장악한 대규모 시장과 달리 전력반도체는 수요기업별 다품종 소량생산에 유리한 품목이어서 팹리스 등 중소·중견기업이 잘할 수 있다.

다섯째, 전력반도체의 원칩화에 대응해야 한다. 전력

반도체 분야에서도 전력관리칩(PMIC)과 배터리관리칩(BMIC)을 하나로 합친 형태인 ‘스마트전력관리칩(SPMIC)’이 개발될 전망이다. 앞으로 ESS나 전기차, 태양광발전 등에서 SPMIC에 대한 수요가 많을 것으로 예상된다. TI·인피니언 등이 BMIC 기술을 확보하면서 통합칩에 대한 자체 연구개발을 진행 중인데, 국내업체들도 전력반도체의 원칩화트렌드에 대응해야 한다[16].

여섯째, 조화로운 산업생태계 조성이다. 전력반도체를 국가차원에서 일등산업으로 키우기 위해서는 체계적으로 준비해 top tier가 되는 것이 중요한데, 전력소자는 막대한 투자가 필요해 중소기업이 진입하기 어려운 분야이다. 단기 상용화가 아니라 장기 안목의 원천기술 확보에 투자를 늘리고 초기부터 기업 간 생태계 구축 전략에 초점을 맞춰야 한다. 또 수요자와 파운드리, 팹리스 간 협력이 필요하고, 대기업과 중소기업의 조화로운 산업생태계 조성이 필요하고, 시스템-반도체업체 교류의 확대가 필요하다[17].

마지막으로 차세대 화합물반도체 기술개발이다. 기존의 실리콘 소자를 대체할 SiC(탄화규소) 및 GaN(질화갈륨) 기반 차세대 화합물반도체에 대해 미국, 일본, 유럽 등은 정부 주도 프로젝트를 통해 업체들과 개발에 착수하여 상당한 진전을 이루고 있다. 선진국들의 기술중속으로부터 탈피하고 새로운 고부가가치 시장 선점을 위해 2013년 4월 정부와 반도체 업계가 미래 반도체 소

용어해설

전력반도체 전력을 시스템에 맞게 배분하는 제어와 변환기능을 가진 소자이며, 에너지를 절약하고 제품을 축소하기 위하여 전력공급 장치나 전력변환 장치에 사용한다. 교류와 직류 사이의 변환뿐만 아니라 모터를 비롯한 전기기기에 전력을 공급하거나 안정적으로 원하는 전압과 전류를 공급할 수 있도록 한다. 최근 모바일 기기의 증가와 전기차 개발로 적용이 확대되고 있음.

전력반도체 소자 전력 장치용의 반도체소자로 전력의 변환이나 제어용으로 최적화되어 있는데, 크게 실리콘 기반 소자 및 화합물 기반 소자로 분류된다. 실리콘 기반 소자는 고내압화, 큰 전류화, 고주파수화 되어 있으며, Bipolar, IGBT, TD MOS, LD MOS 등이 있고, 화합물 기반 소자는 SiC(탄화규소) 소자 및 GaN(질화갈륨) 소자가 대표적임.

자 원천기술개발을 위해 2013년부터 5년간 250억 원을 투자하기로 했는데, 앞으로 지속적인 연구개발 노력이 필요하다.

약어 정리

BJT	Bipolar Junction Transistors
FET	Field Effect Transistor
GaN	Gallium Nitride
HBT	Hetero-junction Bipolar Transistor
IR	International Rectifier
PMIC	Power Management IC
PMU	Power Management Unit
SBD	Schottky Barrier Diode
SRC	Semiconductor Research Corporation
WPM	World Premier Material

참고문헌

[1] 양일석 외, “친환경 절전형 전력반도체 기술,” 전자통신 동향분석, 24권 6호, 2009.12, pp.11-14.
 [2] 矢野經濟研究所, “パワー半導体の世界市場に関する調査結果2013,” 2013. 5.15.
 [3] Gartner, “Competitive Landscape: Power Transistor 2012,” 2012.8.

[4] Gartner, “Forecast Analysis: Semiconductors Worldwide 2013,” 2013.4.
 [5] 전자신문, “전력반도체 시장 전망,” 2013.5.27.
 [6] Gartner, “PMIC in Smartphones, Tablets and Ultrabooks worldwide 2012,” 2012.7.
 [7] 디지털타임스, “SiC 웨이퍼 전력반도체 수요증가로 2020년 5억 달러 시장,” 2013.1.9.
 [8] 신재광, “고효율 전력반도체 소자 개발동향,” 에너지경제 신문, 2012. 10.24.
 [9] EBN산업뉴스, “전력용반도체 실리콘 넘어 차세대 웨이퍼로,” 2010.11. 2.
 [10] 김창수, “SiC 전력반도체 기술동향,” 전자과학, 2012. 11, pp. 1-5.
 [11] 문재경 외, “차세대 고효율/고출력 반도체 :GaN 전력반도체 연구개발 현황,” 전자통신동향분석, 27권 4호, 2012. 8, pp.96-98.
 [12] ZDNet Korea, “인피니언 300mm 웨이퍼 전력반도체 생산,” 2013.2.26.
 [13] 전자신문, “아날로그반도체 유망분야 전력반도체,” 2012.3.2.
 [14] 산업통상자원부, “보도자료: 한국을 미래 반도체 기술개발 중심지로 육성,” 2013.4.18.
 [15] 전자신문, “국내 산업용 전력반도체 시장확대 갈길 멀다,” 2012.5.14.
 [16] ZDNet Korea, “전력관리용 반도체도 원칩화된다,” 2012.4.8.
 [17] 전자신문, “전력반도체 장기적인 안목으로 접근해야,” 2012.4.28.