

# 친환경 절전형 전력반도체 기술

Green Power Electronics Technology

융합기술시대의 ICT 부품 연구동향 특집

양일석 (Y.S. Yang)	차세대 I-MEMS팀 책임연구원
김종대 (J.D. Kim)	NT융합부품연구부 부장
장문규 (M.G. Jang)	차세대 I-MEMS팀 팀장

## 목 차

- I. 서론
- II. 친환경 절전형 전력반도체 기술 동향
- III. 친환경 절전형 전력반도체 시장 동향
- IV. 결론

에너지를 절약하고 제품을 축소하기 위하여 전력공급 장치나 전력변환 장치에 사용되는 전력반도체는 전력용 파워스위칭 소자와 제어 IC로 구성되어 전력을 시스템에 맞게 배분하는 제어와 변환기능을 가진 반도체로 단순히 전력을 조절하고 전달하는 역할에서 에너지효율 제고 및 시스템 안정성과 신뢰성을 좌우하는 역할로 확장되어 가고 있고, 교토의정서 등의 지구 온난화 방지노력과 글로벌 환경규제의 확대로 친환경 절전형 부품/시스템 개발이 절실히 요구되는 실정이다. 이에 따라, 본 고에서는 스마트환경, 그린에너지, 예방진단 등 미래 인간생활 대응을 통해 신기술 및 신시장을 창출하는 신성장 동력 분야인 저전력, 고효율, 저발열, 저소음 등 환경 친화적으로 동작하여 에너지 효율 및 CO<sub>2</sub> 배출에 직접적인 영향을 미치는 친환경 절전형 전력반도체 기술 동향에 대해 논의하고자 한다.

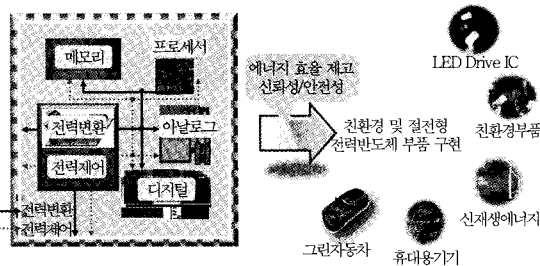
## I. 서론

전력반도체는 전력용 파워스위칭 소자와 제어 IC로 구성되어 전자기기에 들어오는 전력을 그 전자기기에 맞게 전력을 변환, 분배 및 관리하는 역할을 하고, 일반 반도체에 비해서 고내압화, 고신뢰성화 등이 요구되며, 컴퓨팅, 통신, 가전, 산업 및 자동차 등 오늘날 중추적인 전자 애플리케이션에 적용되며, 최근에는 휴대폰, 노트북 PC와 같은 모바일기기의 증가와 전기자동차의 개발과 맞물려 전력반도체에 대한 수요가 급증하고 있다.

최근에 전력반도체는 고속 스위칭, 전력손실 최소화, 작음칩 크기, 발열처리 등에 관한 연구개발로 디스플레이/LED 드라이브 IC, 휴대형 기기, 가전기기, 신재생/대체 에너지, 자동차 등에 사용되는 각종 부품의 친환경화 및 에너지 절감화에 크게 기여하고, IT 기기의 성능을 향상시키는 동시에 절전기능을 강화하여 기업의 비용절감이 가능한 친환경 절전형 전력반도체 기술 개발이 요구되고 있다[1],[2].

(그림 1)은 전력반도체 기술 및 활용 범위를 보여 준다.

최근 에너지 위기와 환경규제 강화 및 친환경, 녹색성장 등의 이슈가 대두되어 에너지 절감과 환경보호 분야에 IT 기술을 접목·활용하는 그린오션 패러다임이 부각되는 상황에서 그린 IT 기술과 전력 IT 기술이 융합되면서 고효율/친환경의 경쟁력 있는 제품 개발 및 그린오션을 주도할 수 있는 그린전력반도체 기술개발은 선택이 아닌 필수적이다. 그린오션은 에너지/전력 효율화인 그린 IT에 전력 IT, 신재생/대체에너지 및 국제환경 규제대응이 포함된 미래



(그림 1) 전력반도체 기술 및 활용 범위

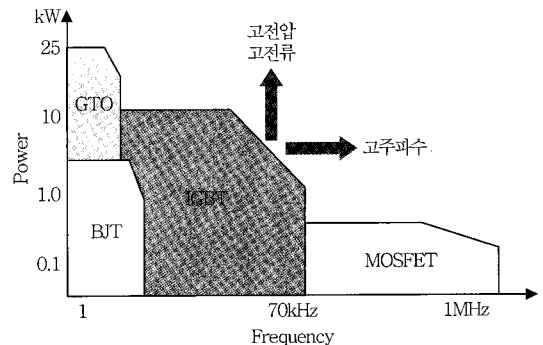
생존을 좌우할 핵심기술 분야이다[3]-[5].

## II. 친환경 절전형 전력반도체 기술 동향

친환경 절전형 전력반도체의 핵심 기술인 전력반도체 소자, 공정 및 회로기술 동향에 대해 언급한다.

### 1. 전력반도체 소자 기술 동향

전력반도체 소자는 일반적인 반도체 소자에 비해서 고내압, 대전류, 고내열화된 것이 특징으로 특히 전력용 파워스위칭 소자는 전력변환 시스템이 핵심요소로 이상적인 전력용 파워스위칭 소자는 스위치가 오프 시 견딜 수 있는 항복 전압이 크고 스위치가 온 시 허용전류가 크고 온 저항이 작으며 스위치 구동 전력이 적고 스위칭 시간이 짧아야 한다. 대표적인 전력용 파워스위칭 소자로는 단방향 파워스위칭 소자인 파워 MOSFET, 파워 바이폴라(BJT), 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT), 사이리스터, 게이트 턴 오프 사이리스터(GTO), 트라이액(triac) 등이 있다. (그림 2)와 같이 현재 전력 용량이 소용량이며 스위칭 속도가 빠른 응용분야에는 파워 MOSFET 소자가 가장 많이 사용되고, 전력용량이 중용량이며 스위칭 속도가 중간 응용분야에는 MOSFET와 바이폴라의 장점만 가지는 IGBT 소자가 가장 많이 사용되고 있다.



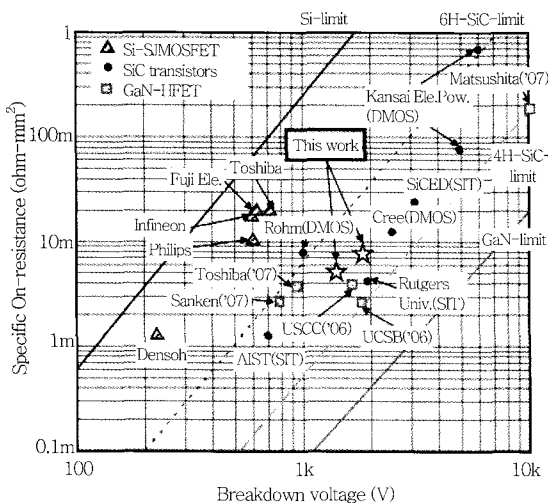
(그림 2) 전력반도체 소자 응용 범위[6]

전력반도체 소자 기술은 전력소자의 온 저항과 항복전압 사이의 최상의 trade-off를 얻고 소자의 특성을 저하시키지 않으면서 소자크기를 축소하는 것이 매우 큰 이슈이다. 이를 해결하기 위한 연구가 미국, 일본 등 선진국 위주로 활발히 이루어지고 있다.

전력반도체 소자는 상대적으로 온 저항이 큰 플래너(planar) 구조와 상대적으로 온 저항이 낮은 수직(vertical) 구조로 크게 나눌 수 있고, 최근에는 전력반도체 소자를 내장하는 응용분야 확대로 열 발산 문제가 적은 온 저항이 낮은 수직구조의 전력반도체 소자 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다.

(그림 3)은 여러 전력반도체 소자의 온 저항 대 항복전압을 보여준다. 20~900V 항복전압을 가지는 파워 MOSFET 소자 기술은 플래너 게이트 구조에서 트렌치(trench) 게이트 구조와 슈퍼접합(super junction) MOSFET으로 동일한 항복 전압을 유지하면서 온 저항을 낮추는 경향으로 발전하고 있다. 400~1500V 항복전압을 가지는 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT) 소자 기술은 플래너 게이트 구조에서 트렌치 게이트 구조, NPT 구조에서 field stop IGBT로 발전하고 있다.

파워 MOSFET 소자는 높은 고전압 고전류 동작 때문에 일반 MOSFET와 달리 DMOS 구조를 가진다. DMOS는 LDMOS, VDMOS, TDMOS로 크게



(그림 3) 전력반도체 소자의 온 저항 대 항복전압[7]

나눌 수 있고, 동작 전압에 따라 다양한 DMOS 제품들이 양산되고 있다.

인버터와 같이 모터 제어에 사용되는 전력반도체의 경우 빠른 스위칭 특성보다는 확대된 안정동작영역(SOA)과 낮은 도통 전압 강하( $V_{cesat}$ )가 요구되며, 또한 사용전류가 높을 경우에는 안정된 병렬 운전 특성을 위해서 온도 상승에 따라  $V_{cesat}$ 이 상승하는 positive temperature coefficient 특성을 갖고, short circuit SOA가 뛰어난 NPT IGBT가 600V 이상의 영역에서 주류를 형성하고 있으며, 현재 600V, 1200V 모두에서 전력 IGBT의 기술을 선도하는 업체는 독일의 Infineon으로 NPT 기술을 기반으로 한 field stop 기술과 short circuit rated trench gate 기술을 접목한 'trench-field stop' IGBT를 시장에 출시하고 있다.

세계 전력반도체 시장을 선도하는 독일 Infineon, 미국 Freescale은 다양한 종류의 전력반도체 제품을 양산하고 있으며, 특히 차량용 30~600V급 planar 및 trench 디스크리트 파워 MOSFET을 양산하고 있고 Fairchild Korea는 각종 전원장비에 응용되는 30~900V급 디스크리트 파워 MOSFET와 400~1200V급 디스크리트 IGBT를 양산하고 있다.

최근에는 실리콘보다 물질 특성이 우수한 실리콘 카바이드(SiC) 반도체, 질화 갈륨(GaN) 반도체 등 화합물 소자를 이용한 전력반도체 개발노력이 활발히 이루어지고 있다. 기존의 실리콘 반도체 소자보다 스위칭 속도가 매우 빠르면서 소비전력이 1/10에 불과한 화합물 반도체 전자소자가 관심을 끌고 있고 인텔과 IBM 등이 상용화를 목표로 연구 개발 중에 있다. SiC, GaN은 순수 실리콘보다 8배나 높은 전압에서 견딜 수 있으며 전류는 100배까지 흘릴 수 있고, 열전도성도 뛰어나면서 누설 전류가 작아 에너지 절약 성능이 우수하나 생산단가가 비싸고 CMOS 공정과 비호환성 때문에 실리콘 회로와 SiC 소자와의 이종 접합 문제를 해결해야 하는 단점이 있다. Si, SiC, GaN 기반 전력반도체 소자의 특징을 <표 1>에서 정리하였다.

전력반도체 소자 기술은 Si, SiC, GaN 중 Si 기반

〈표 1〉 Si, SiC, GaN 기반 전력반도체 소자 특징

종류	기술현황	특징
Si	· 소자: MOSFETs(LDMOS, IGBT), Discrete · 공정: BCD 공정 · 응용분야 Middle Voltage 전력반도체 분야	· 장점: CMOS 호환성 높음, 공정 용이 · 단점: 고전압(~700V 이하), Band Gap(1.12eV)
SiC	· 소자: Schottky, SiC MOSFET, Discrete · 공정: CMOS 공정 비호환성 · 응용분야 High Voltage 전력반도체 분야	· 장점: 고전압 소자(~1000V), Band Gap(2.86~3.2eV) · 단점: 고생산단가, Si 회로와 SiC 소자와의 이종 접합기술 어려움
GaN	· 소자: AlGaN/GaN HEMT · 공정: CMOS 공정 비호환성 · 응용분야 RF 전력반도체 분야	· 장점: 넓은 Band Gap(3.4eV), 높은 항복전압, 낮은 온저항, 빠른 스위칭 속도 · 단점: 고생산단가, 고절연 산화막 기술 부재

소자 기술이 주도하고 있다.

## 2. 전력반도체 공정 기술 동향

전력반도체 공정 기술은 파워 공정과 일반 로직공정을 이원화한 공정 기술에서 고전압 대전류 파워소자는 DMOS, 고속 아날로그 소자 및 회로는 bipolar, 일반 로직 소자 및 회로는 CMOS로 구현하여 파워 소자와 일반 로직 소자가 원칩화 가능한 BCDMOS 공정으로 발전하고 있고, 전력반도체 IC 기술개발 방향은 적용하려는 시스템에 따라 조금씩 다르나 전반적인 추세는 서브 마이크론 BCDMOS 공정개발을 통한 고집적화 및 유사기능을 중심으로 다양한 기능을 통합해가는 임베디드 방식으로 발전하고 있다[8],[9].

전력반도체는 메모리나 시스템 LSI 보다 낮은 디자인 룰을 사용하기 때문에 현재 가장 널리 사용되고 있는 BCDMOS 공정 기술은 0.35 $\mu$ m이고 향후 고집적화 가능한 0.18 $\mu$ m BCDMOS 공정 기술 개발을 서두르고 있다.

BCDMOS 공정 기술은 <표 2>와 같이 세계 유수의 파운드리 업체 및 국내 파운드리 업체에서 다양한 종류의 파운드리 서비스를 제공하고 있다[10].

대만 TSMC는 0.25 $\mu$ m 2.5V/5V/12V/40V급 0.18 $\mu$ m 60V BCDMOS 공정 기술을 개발하여 모바일용 PMIC, DDI 등의 제품을 파운드리 서비스하고 있고, 독일 XFAB은 0.6 $\mu$ m 8V/12V/40V/60V급 VDMOS 및 LDMOS를 적용한 1.0 $\mu$ m 650V급 SOI BCDMOS 공정 기술을 개발하여 모바일용 PMIC, DDI, LED 조명, 자동차 등의 제품을 파운드리 서비

〈표 2〉 전력반도체 BCDMOS 공정 기술 파운드리 업체

회사명	보유공정	제품분야
동부하이텍	- 0.35 $\mu$ m 80V BCD 양산 - 0.18 $\mu$ m 60V Pilot	- DDI, PMIC
매그나칩반도체	- 0.35 $\mu$ m 80V BCD 양산 - 0.18 $\mu$ m 60V DMOS	- DDI, PMIC
TSMC(대만)	- 0.6 $\mu$ m 5/40V BCD - 0.35 $\mu$ m 3.3/12V BCD - 0.25 $\mu$ m 2.5/5/12/40V BCD - 0.18 $\mu$ m 60V BCD	- DDI, PMIC
XFAB(독일)	- 0.6 $\mu$ m 8/12/40/60V SOI BCD - 1 $\mu$ m 70V/100V BCD - 1.0 $\mu$ m 650V SOI BCD Pilot	- DDI, PMIC - LED 조명, 자동차, Medical
타워세미콘덕터(이스라엘)	- 0.18 $\mu$ m 40V BCD	- DDI, PMIC
DALSA(캐나다)	- 0.18 $\mu$ m 20/40V BCD - 1.2 $\mu$ m 32/650V CDMOS	- DDI, PMIC - LED 조명, 자동차, Medical
ASMC(중국)	- 1.2 $\mu$ m 700V BCD Pilot	- LED 조명, 자동차, Medical
SMIC(중국)	- 0.16 $\mu$ m 40V HV CMOS	- DDI, PMIC
HH-NEC(중국)	- 0.35 $\mu$ m 20/40V BCD - 0.35 $\mu$ m 12/18/30/40V (Non-epi BCD)	- DDI, PMIC
Hejian(중국)	- 0.35 $\mu$ m 12/18V BCD - 0.35 $\mu$ m 40V CDMOS	- DDI, PMIC
GSMC(중국)	- 0.25 $\mu$ m 32V LDMOS	- DDI, PMIC
CSMC(중국)	- 0.5 $\mu$ m 20/40V BCD	- DDI, PMIC
UMC(대만)	- 0.25 $\mu$ m 18/30V BCD - 0.35 $\mu$ m 12/18/40V BCD	- DDI, PMIC

스하고 있다.

국내에는 동부하이텍은 0.35 $\mu$ m급 60V급 BCDMOS 공정기술을 개발하여 모바일용 PMIC, DDI 등의 제품을 파운드리 서비스하고 있고, 매그나칩반도체는

0.18/0.35 $\mu$ m급 60V급 BCDMOS 공정기술을 개발하여 모바일용 PMIC, DDI, LCD TV 등의 제품을 파운드리 서비스하고 있다.

ETRI는 6인치 CMOS full process가 가능한 연구시설과 장비로 300V급 CDMOS 공정, 20V/60V급 LDMOS 공정, 75V/100A급 E-bike용 트랜치 MOS 공정 기술을 확보하고 있다.

급속히 발전하는 공정기술은 전력반도체의 효율성에 중요한 견인차 역할을 하며 최근 TI에서는 고성능 아날로그 공정기술의 저전력 반도체에 적용되는 새로운 공정기술을 선보이고 있고 전력반도체의 배선 공정은 알루미늄에서 저항이 낮은 구리를 대신 사용하는 공정으로 발전하고 있으며 모바일 휴대용 기기에 적합한 극미세 저전압 BCD 공정기술 개발로 파워 IC 기능을 포함한 경쟁력있는 시스템 반도체를 구현할 것으로 전망된다.

### 3. 전력반도체 패키징 기술 동향

전력반도체는 일반반도체와 달리 고전압 대전류용 고신뢰성 패키징 기술이 요구된다. 전기적으로 혹은 열적으로 약화된 와이어 본드가 칩과 분리되는 현상으로 인한 칩 오동작과 고전압 대전류 파워소자와 로직회로들이 고집적화 되어 열적 불안정화에 의한 칩 오동작 발생 등이 전력반도체 신뢰성 문제에 이슈가 되고 있다.

와이어 본드의 전기적 특성을 개선할 수 있는 다양한 배선방법이 개발되고 있고 해결방안 중의 하나로 기생 임피던스의 최소화뿐만 아니라 열방출 특성을 크게 개선시킬 수 있는 3D 형태의 일괄 배선 방식에 대한 연구가 진행중에 있고 SiP에는 빠르게 적용되고 있다.

고전압 대전류 파워소자와 로직회로들이 고집적화 되어 열적 불안정화에 의한 칩 오동작에 의한 신뢰성 문제 해결 방안으로 한 패키징에 여러 개의 칩이 있는 SiP 방식이나 와이어 본딩 저항을 줄이기 위한 새로운 플릿 패키징 방식 등에 대한 연구가 진행되고 있다.

### 4. 전력반도체 회로 기술 동향

전력반도체 회로 기술의 주 목적은 한정적인 배터리 전원을 다양한 부하 변동에 능동적으로 대처하여 배터리 전원을 효율적으로 관리하여 배터리 수명을 연장하는 것이고 최근에 주변의 온도, 열, 진동, 압전 등 환경에서 발생하는 에너지를 수확 및 저장하여 사용하는 에너지 하베스팅 및 태양광, 풍력 등의 신재생용 에너지 전력반도체 회로 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[11]-[17].

전력반도체에서 입출력 전압 조정기 레귤레이터는 필수 회로로 선형과 스위칭 모드 레귤레이터로 나눌 수 있다. 선형 레귤레이터 회로에서 효율은 출력 전압/입력전압으로 고정되어 있어서 효율이 상대적으로 낮고 출력 전압도 낮은 응용 분야에 사용된다. 스위칭 모드 레귤레이터 회로는 에너지를 낮은 저항을 가진 스위치로 전달하여 step down, step up, inverter로 동작할 수 있고, 효율도 높아서 대부분의 전력관리 IC에서 많이 사용되고 있으나 노이즈나 리플에 매우 약하다. 일반적으로 스위칭 모드 레귤레이터란 에너지를 입력단에서 출력단으로 전달하기 위하여 에너지 저장 소자로 인덕터(inductor)나 커패시터(capacitor) 혹은 트랜스포머(transformer)를 사용하는 회로를 말하고 인덕터, 커패시터 및 트랜스포머 사양이 전력반도체 회로 기술에서는 매우 중요한 설계 변수 중의 하나이다. 또한 파워 스위칭 소자의 동작 주파수와 전력제어 및 관리 방식도 중요한 설계 변수이다. 일반적으로 전력 제어 및 관리 방식으로는 펄스폭 모듈레이션(PWM)이 가장 널리 사용되고 있고 이 방식은 부하 변동에 따라서 전압 혹은 전류를 모니터링하여 파워 스위칭 소자의 온 오프 비인 듀티 사이클을 조절하여 출력 전압 혹은 전류를 조절하는 방식이다. 최근에는 부하가 적을 때 출력 전압 혹은 전류를 사용하지 않아서 저전력 동작이 가능한 여러 가지 방법의 저전력 모드 회로 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

전력반도체 회로 기술은 전력을 시스템에 맞게 배분하는 제어 기능, 전력변환 기능, 배터리 보호회

로(PTC) 기능 등의 기본적인 기능 이외에 전원 소스(배터리, 전원 등) 모니터 및 관리 기능, 시스템의 다양한 종류 출력 전원 공급 기능, 고효율 전원 변환 효율 관리 기능 등이 하나의 칩으로 구현되는 전력 관리 IC(PMIC) 회로 기술로 발전하고 있어서 단순히 전력을 조절하고 전달하는 역할에서 에너지효율 제고 및 시스템 안정성과 신뢰성을 좌우하는 역할로 확장되어 가고 있다. 전력관리 IC 기술은 각 애플리케이션에 필요한 전압을 각각의 디스크리트로 해결 하던 것을 원칩화하여 각각의 소자를 원칩화 함으로써 얻어지는 공간 절약의 이점과 코스트 다운으로 배터리 기반의 휴대 정보단말 기기에서 핵심부품으로 부각되고 있다.

갈수록 복잡해지는 애플리케이션의 증가와 단말기에 추가되는 기능들에 대응하기 위해서는 고효율 전력관리 IC 집적화는 점차적으로 심화될 전망이다. 고효율 전력관리 IC는 한 IC 안에 통합하기 때문에 간섭이나 노이즈 성분이 커질 수 있고 많은 파워들이 작은 면적에 모이기 때문에 열 문제가 발생할 수 있어서 효율을 높이기 위해 전력반도체 내에서의 전력손실을 최소로 발생하게 하는 회로 기술 개발이 요구되고 있으며, 특히 휴대용 기기에서의 디자인은 더욱 작아진 폼팩터 안에서 이뤄지기 때문에 세계 유수의 전력반도체 업체들은 에너지 효율 솔루션을 위한 지속적인 노력을 하고 있다.

전력반도체는 디스크리트 개별 부품에서 전력관리 IC라는 통합 솔루션으로 발전하나 설계상의 불가피함이나 적용 애플리케이션의 특성에 따라 개별 디스크리트의 수요도 꾸준할 것으로 전망된다.

최근 모바일 정보기기의 경우 주 전원이 배터리이기 때문에 배터리의 DC 전압을 가지고 기기에서 필요로 하는 다양한 DC 전압을 만들어 주는 기능을 수행하는 전력 변환기와 모바일 기기의 사용효율뿐만 아니라 배터리의 수명 및 사용자의 안전을 위한 보호회로와 그 외에 배터리 용량 감지 회로, 배터리 인증, 배터리 셀 밸런싱 등의 기능을 포함하고 있는 배터리 관리 IC(BMIC) 기능이 하나의 칩으로 구현되는 스마트 파워 관리 IC(SPMIC) 회로 기술이 요

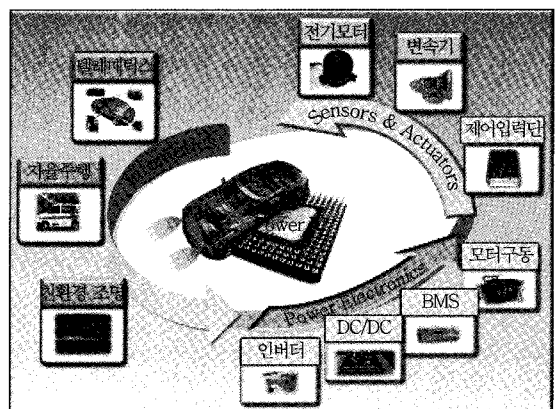
구되고 있다.

휴대기기용 고효율 전력관리 IC 기술은 고성능, 다기능 휴대기기의 다양한 서비스 충족을 위한 전력관리 기능이 매우 중요하여 PMIC와 BMIC 기능을 단일 칩화 하는 추세로 발전하고 있으며 현재는 BMIC의 일부 기능만 추가된 PMIC 제품을 양산하고 있고, 내부 시스템에서 요구하는 다양한 전압을 제공하기 위해 다수의 벅 컨버터, 부스트 컨버터, LDO, 배터리 충전기, 백라이트 구동회로뿐만 아니라 효율적인 전원관리를 할 수 있도록 MCU 및 I2C 인터페이스를 내장하는 등 하나의 PMIC가 시스템 전체의 전원을 관리할 수 있는 통합 솔루션 형태로 개발되고 있다.

차량용 전력반도체 기술은 자동차의 지능화, 편리화 요구에 부응하여 전장의 부품이 증가하는 추세이며 고신뢰성 전력반도체 기술을 요구하고 친환경 절전형 HEV용 고속/고효율 배터리 팩 및 배터리 관리용 전력반도체 회로기술과 다양한 종류의 모터 구동에 필요한 고전압/대전류 파워 스위칭 소자, 파워 스위칭 구동 회로와 모터구동 회로가 내장된 파워모듈이 개발되고 있고[18],[19], (그림 4)는 자동차용 전력반도체 핵심 부품과 응용 분야를 보여준다.

미국, 일본, 유럽의 우수한 산업체 차세대용의 특히 HEV, PHEV, EV, 태양광용의 고압, 대전류용의 산업용 전력 스위치 및 파워 모듈을 대량 생산하고 있다.

에너지 절감 및 친환경 기술로 부각되고 있는 친



(그림 4) 자동차용 전력반도체 핵심 부품

환경 LED용 전력반도체 기술은 일반 조명 및 LED 백라이트용 LED 컨트롤러 IC 제품이 양산되고 있으며 향후 일반 조명용 LED 전력반도체는 컨트롤러와 DC-DC 컨버터가 내장된 고기능 사양으로 발전하고 있다[6].

LED 조명용 컨트롤러 IC 회로는 직렬로 연결된 LED를 구동하기 위한 고전압을 생성하는 부스트 컨버터, LED 백라이트의 밝기를 조정하기 위한 전류원, LED 백라이트의 로컬 디밍, 또는 글로벌 디밍을 제어하기 위한 디밍 제어기, LED의 단락 또는 개방을 감지하는 기능이 내장된 원칩화된 LED 컨트롤러 IC로 발전하고 있다.

현재 LED는 온도에 따라서 출력하는 빛의 색 온도가 변화하면 사용시간, 사용환경에 따른 열화가 발생하여 빛의 세기와 색 온도의 변화를 수반하기 때문에 향후에는 LED의 온도, 열화를 보상하는 회로 개발이 요구되며 현재까지는 이동기기와 노트북 PC, 모니터에서 사용되는 LED 백라이트를 위한 드라이버 위주로 개발되었으나 향후에는 대화면 TV 용 LED 백라이트 드라이버 IC 역시 활발히 진행될 것으로 예상된다.

최근에 친환경 그린 IT 분야의 부각으로 태양광 등의 대전력 신재생 에너지용 에너지 전력반도체 회로 기술에 대한 연구가 어느 정도의 가시적인 성과를 달성하여 일부 상용화 제품이 출시되고 있으나 주변의 열, 진동, 모션 등의 에너지 하베스팅용 에너지 전력반도체 회로 기술은 초보적인 상용화 단계에 있는 상황이다[17],[20],[21].

### 5. 전력반도체 특허 동향

전력반도체 설계기술 분야의 특허는 세계적으로 2001년부터 2006년까지 증가 추세이며, 일본과 미국이 특허를 주도하고 있고 한국은 출원건수/출원인수에서 지속적으로 증가하여 발전기에 위치해 있으면서 휴대기기용 PMIC에 관한 특허는 미국 켈컴, 미국 Maxim, 영국 ARM, 유럽 Freescale, 일본 히타치, 일본 NEC사 등에서 다수 출원과 등록을 하고

있고, 국내에서는 삼성전자가 출원을 주도하고 있으며, 다음으로 현대자동차, 삼성SDI 등의 순으로 특허출원/등록이 많으며 한국전자통신연구원 등의 출연연의 특허 출원/등록도 매년 증가하고 있다.

에너지 분야와 관련된 특허는 배터리 및 관리(battery, management)에 대한 특허가 활발하고, 에너지 하베스트 기술이 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 제어부 기술이 뒤를 잇고 있고 에너지 변환 소자 구동 회로에 대한 특허는 엘지화학, 삼성전기, 삼성SDI 등의 기업체와 한국전자통신연구원 등을 비롯한 국공립 연구소 특허가 다수 보유하고 있으며, 2차 battery management system 및 보호 회로에 관한 특허는 한국전자통신연구원 등을 비롯한 연구소와 삼성전기 등의 기업체 특허가 주류를 이루고 있다.

## Ⅲ. 친환경 절전형 전력반도체 시장 동향

### 1. 전력반도체 시장 동향

STM일렉트로닉스, NXP, TI, National Semiconductor, Maxim, Analog Devices, Linear Technology, Infineon, Fairchild, 비세이 인터테크놀로지, 산요, 히타치, 도시바 등 우수한 미국, 일본, 유럽의 반도체 회사들이 전력 스위치 소자/드라이버, 스위칭

〈표 3〉 국내 전력반도체 분야별 기술 현황

분야	기술현황
DDI	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 맵그나킴반도체 60V급 0.35<math>\mu</math>m BCD 공정으로 DDI 양산</li> <li>· 동부하이텍 60V급 0.35<math>\mu</math>m BCD 공정으로 DDI 양산</li> <li>· 중소형 DDI의 시장점유율이 매우 높고 현재 가격 경쟁이 치열함</li> </ul>
PMIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실리콘마이텍스, 실리콘웍스 등에서 단순한 기능의 PMIC 제품 양산</li> <li>· 휴대단말기와 노트북용 Buck/Boose DC-DC 컨버터 제품이 위주</li> <li>· 국내 수준은 초보단계</li> </ul>
BMIC	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내에서는 보드형태의 BMIC 혹은 BMS 제품양산</li> <li>· 텍스콘테크놀로지는 휴대단말기용 2차 리튬전지 BMIC 양산</li> <li>· 파워로직스 및 텍스콘테크놀로지는 HEV용 BMS 연구</li> </ul>

Regulator & Converter, PMIC, BMIC, Motor 드라이버 IC, Display & Lighting 드라이버 IC 등 다양한 종류의 전력반도체 제품들을 양산하고 있다.

<표 3>은 국내 전력반도체 분야별 기술 현황을 보여준다. <표 3>에서와 같이 국내 전력반도체 산업은 현대/기아 자동차에서 삼성 등과 협력하여 차량용 반도체를 개발중이고 실리콘웍스, 실리코마이티스 등 fabless 설계 전문업체들과 매그나칩반도체와 동부하이텍 등 파운드리 서비스 전문업체들 중심으로 DDI와 단순한 기능의 정보단말기용 PMIC 전력반도체 제품을 양산하고 있고, 벡스콘테크놀로지 와 파워로직스 등에서는 휴대단말용 2차 리튬전지

BMIC를 보드형태로 양산하며 HEV용 BMS를 연구 중이며 전력반도체 IC의 대부분은 수입에 의존하여 대일 및 대미 무역 역조 가속화에 기여하고 있다. 현재 국내 전력반도체 시장은 90% 이상을 일본, 미국 수입에 의존하고 있어서 친환경 절전형 전력반도체 기술 개발이 시급히 요구되고 있다.

<표 4>는 미국, 일본, 유럽, 한국 등 국내외 주요 전력반도체 업체별 주요 업무와 국적을 보여준다.

2008년 전력반도체 시장은 (그림 5)와 같이 335억 달러 규모이며 이는 세계 반도체 시장규모 2809억 달러의 12%를 차지하지만 메이저업체가 차지하는 시장점유율은 50% 정도이고 군소 업체들이 나

<표 4> 국내외 전력반도체 업체 현황

업체	주요 업무	국적
Infinion Technologies	· 2008년 세계 전력반도체 1위를 차지하고 13.2억 달러 매출액(9.7% 점유율) 달성 · 자동차 안전관련 전자제품 분야 집중 · 에너지 효율성, 통신, 보안 등 반도체와 시스템 솔루션을 제공하는 기업	· 독일
TI(Texas Instrument)	· TI사는 2007년까지 시장의 15%를 점유하면서 줄곧 1위 고수 · TI는 저코스트 및 고성능 통합 솔루션을 제공하는 쪽으로 진행중	· 미국
STMicro-electronics	· 전력반도체 분야의 선도기업으로 효율성 및 전력밀도의 향상에 부응하는 토크솔루션 제공 · 아이서플라이 2006년 보고기준으로 파워 컨버전부분 세계 1위 공급	· 스위스
Fairchild	· 후발주자로서 단점을 타개하기 위해 단품 제품에 주력 · IT 산업 핵심 분야의 다양한 고객에서 전력관리, 배전, 정류, 소비전력 최소화 등의 솔루션을 제공	· 미국
IR (International Rectifier)	· 1947년 설립된 IR사는 전력반도체 기업 중 가장 역사가 깊음 · IR코리아는 1993년 설립됐으며 전력 낭비를 줄여주는 디지털·아날로그 및 혼합신호 IC, 고성능 회로 부품, 집적된 전력 시스템과 부품들을 생산 공급함	· 미국
National Semiconductor	· 전력관리 제품군인 파워와이즈(PowerWise)를 통해 엔지니어들에게 손쉬운 디자인 툴 제공 · 새로운 프로세스와 토폴로지를 지원하기 위한 지속적 ID 개발	· 미국
Maxim	· Maxim은 휴대폰에 필요한 파워를 대부분 갖고 있는데 싱글칩을 사용할 경우 그에 대한 단품 솔루션도 갖고 있음 · 기존 전력을 낮추고 전력실행시 손실을 줄여 전력변환 효율이 높은 저전력 시스템 개발에 주력	· 미국
Rohm	· 일본 반도체 전문 기업인 Rohm은 LCD TV 백라이트 인버터, 모터 드라이버, 스위칭 전원 등의 브리지 회로에 사용하는 고성능, 고내압 전력 반도체 'F' 시리즈를 개발	· 일본
Vishay Intertechnology	· 세계적인 디스크리트 반도체 및 수동 부품 제조업체	· 미국
NXP Semiconductor	· 필립스전자의 사업본부에서 독립하여 2006년 출범 반도체 분야에서 50년 이상의 기술혁신 경험 · 자동차 안전관련 전자제품 분야 집중	· 네덜란드
Freescall	· 프리스케일코리아는 2007년부터 전력 효율이 뛰어난 아날로그 및 전원관리 제품군을 확대 · 세계 1위 자동차 반도체 공급 회사답게 엔진관리시스템 등을 포함한 파워트레인 시스템 주력 · 강력한 시장 노하우와 검증된 솔루션으로 네트워크, 컴퓨팅, 무선통신, 차량 등 국내시장을 적극 공략할 계획	· 미국
동부하이텍	· 위탁생산(파운드리) 외에 직접 시스템 반도체를 제조해 판매하는 사업에 진출 · 2008년 10월에 미국 ADI와 일본 산켄에 수탁가공 형태로 아날로그반도체를 공급함 · LDI는 기존 칩보다 크기를 30% 이상, 제조공정을 25% 이상 단축 · 0.35μm급 BCDMOS 공정기술을 활용해 다양한 회로를 하나의 칩에서 구현하는 기술 개발	· 한국

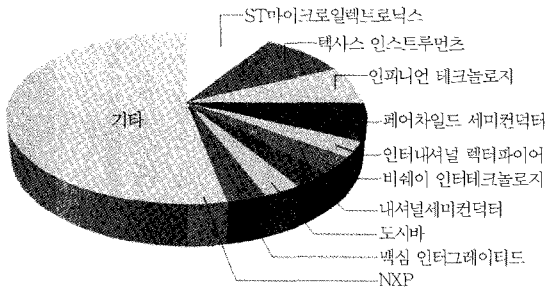
(뒷장에 계속)



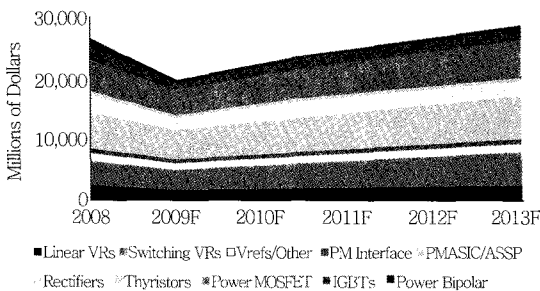
(계속)

〈표 4〉 국내외 전력반도체 업체 현황

업체	주요 업무	국적
매그나칩반도체	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2008년 4월 0.18<math>\mu</math>m 및 0.35<math>\mu</math>m BCD 공정 기술 개발 완료</li> <li>· 2008년 12월에 홍콩의 반도체 유통 전문 회사인 아이이엘(EIL)과 전력반도체 제품에 대한 유통 계약 체결</li> <li>· 2009년 3월 LCD TV의 광원인 백라이트유닛(BLU)에 쓰이는 40V급 MOSFET 5종 출시</li> <li>· 주요 전력반도체업체가 6인치 웨이퍼를 사용하고 있는데 비해 가격경쟁력이 큰 8인치 웨이퍼를 사용</li> <li>· 0.18<math>\mu</math>m aBCD 공정은 모바일 헤드셋용 전력반도체에 적합하며, 0.35<math>\mu</math>m aBCD 공정은 높은 전압과 파워 특성을 갖는 LCD TV, 노트북용 LED 구동 칩에 적용됨</li> </ul>	· 한국
LS산전	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2005년 말부터 국책과제를 통해 전력반도체 모듈사업에 본격적으로 뛰어듦</li> <li>· 2009년 3월에서 오는 2012년까지 그린비즈니스 분야에 2000억 원 이상 투자계획을 발표함</li> <li>· 그린비즈니스 분야 매출을 2015년 2조1000억 원으로 늘릴 계획</li> <li>· 전력반도체 모듈 사업은 산업현장에서 쓰이는 수백 kW급 전력을 제어하는 IGBT를 이용한 제품임</li> <li>· 그린 카 전장품, 전력반도체 모듈, 연료전지, 발광다이오드(LED), 에너지저장 건물분야를 집중 육성</li> </ul>	· 한국
실리콘마이터스	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 벤처기업으로서 쉽지 않은 전력 관리반도체 상용화에 성공</li> <li>· 2007년 6월 개발에 본격 착수, 1년 4개월만에 디스플레이용 PMIC 첫 상용화를 시작으로 시장 본격 진출</li> <li>· 디스플레이용 PMIC는 디스플레이 화질에 영향을 주는 DC/DC 계통의 60V급 전원 제어반도체임</li> <li>· 디스플레이용 PMIC는 동부하이텍의 0.35<math>\mu</math>m급 복합고전압소자 공정기술을 적용, 생산됨</li> </ul>	· 한국



(그림 5) 2008년도 세계 전력반도체 시장 점유율



(그림 6) 세계 전력반도체 시장 전망

머지 50% 시장을 나눠가지고 있어서 절대강자가 없는 시장이다[2].

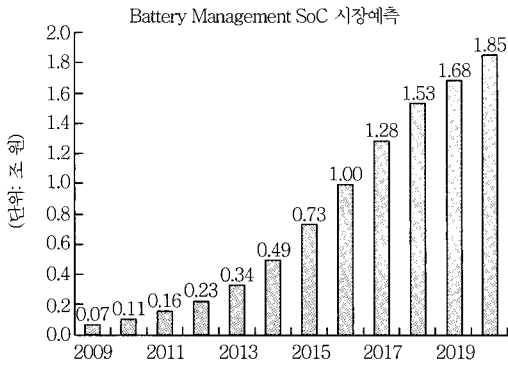
2008년 PMIC의 세계시장은 40억 달러 규모지만 다양한 유비쿼터스 제품들의 발전에 따라 2013년에는 56억 달러 그리고 2018년도에는 90억 달러 정도의 시장이 형성될 것으로 전망된다.

세계 전력반도체 시장은 (그림 6)과 같이 2008년 260억 달러, 2009년 200억 달러, 2010년 230억 달러, 2011년 250억 달러, 2012년 260억 달러, 2013년 280억 달러로 연평균 9%로 성장할 것으로 예측된다[22].

## 2. 자동차용 전장 시장 동향

갈수록 첨단 안전장치와 편의장치 등이 자동차 분야에 접목됨에 따라 다양한 차량 전자장치를 제어하기 위한 차량용 전력반도체 기술이 미래 경쟁력을 좌우하는 핵심요소 기술로 위치하고 부각되고 있다. 자동차에서 전장부품이 차지하는 원가 비중이 2005년 20%, 2010년 37%, 2015년 40%까지 늘어날 전망이다. 이 중 전력반도체가 차지하는 비용은 대략 30% 정도로 추정되며 자동차를 구성하는 부품의 비중 변화로 전자장비가 전체 재료비에서 차지하는 비중은 2000년 7.4%, 2008년 15%의 비중을 차지하며, 향후 10년 이내에 일반 자동차 가격의 40% 이상을 전자부품과 반도체부품이 차지할 것으로 전망되고 있다.

2010년 지능형 자동차의 시스템 관련 세계 시장은 439억 달러 규모에 달할 전망이고, 그 중 자동차용 반도체 시장은 2010년에 233억 달러로 전망되



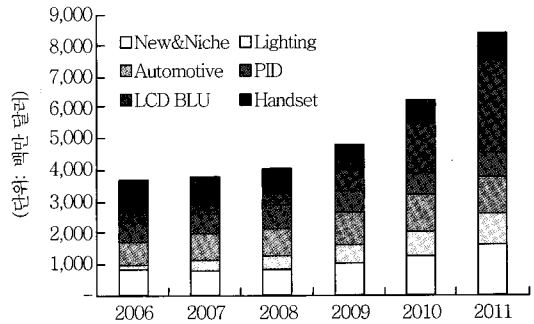
(그림 7) HEV용 BMS 시장 전망

며, 2010년 지능형 자동차 국내 시스템 시장은 17억 달러에 이르고 생산은 30억 달러에 달할 것으로 전망된다. 차량용 반도체시장은 2008년 192억 달러에 달하며, 2004년 이후 연 7%씩 성장해 왔고, 2011년까지 연 성장률이 10%로 전망되는 유망분야이며, 차량용 반도체 디바이스별 2007년 매출현황을 보면 아날로그 IC가 61.8억 달러, 마이크로컴포넌트 IC가 52.4억 달러, 디스크리트가 17.8억 달러, 로직 IC가 15.5억 달러, 센서 및 액추에이터가 10.1억 달러, 메모리 IC가 8.4억 달러의 순이다[18].

차세대 친환경 자동차로 인식되는 HEV 및 EV용 BMS SoC 시장은 (그림 7)과 같이 2015년 이후 급격히 확대될 것으로 예상되며 HEV용 BMS SoC 전세계 시장은 2010년 1100억 원 규모로, 연평균 성장률 47%로 2015년 7300억 원이 될 것으로 전망된다[23].

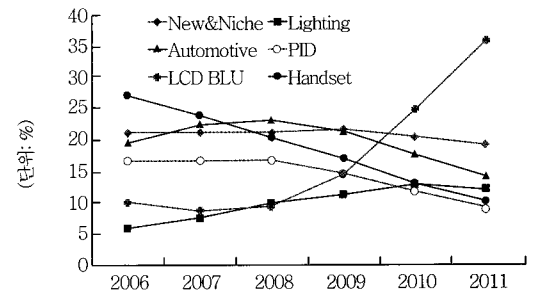
### 3. LED 시장 동향

LED 기술은 에너지 절감 및 친환경 기술로 부각되고 있으며 향후 일반 조명을 대체할 수 있는 LED 조명, CCFL 대체용 LED, 그리고 BLU용 전력반도체 시장은 (그림 8)과 같이 매우 크게 성장할 것으로 예상되며, LED 조명이 전체 일반 조명 시장의 30% 이상을 점유할 것으로 예상되는 시기는 2016년으로 예상되며, 650V BCDMOS 제품이 개발되는 2012년도는 LED 전원 IC 시장은 23억 달러와 가정용 AC 전원을 사용하는 전압안정기 시장 37억 달러



<자료>: DisplayBank, 2008. 8.

(그림 8) LED 시장 전망



<자료>: DisplayBank, 2008. 8.

(그림 9) LED 응용분야별 시장

시장 규모로 전망된다.

LED 응용분야별 시장 성장률 전망은 (그림 9)과 같이 LED BLU, 자동차가 차지하는 비중이 가장 크고, LED 시장규모는 연평균 성장률 18.2%로 2009년 45억 달러에서 2011년 84억 달러가 전망된다[5].

## IV. 결론

친환경 절전형 전력반도체 기술은 에너지를 절약하고 제품을 축소하기 위하여 전력공급 장치나 전력 변환 장치에 응용되어 단순히 전력을 조절하고 전달하는 역할에서 에너지효율 제고 및 시스템 안정성과 신뢰성을 좌우하는 역할로 확장되어 가고 있고, 최근 에너지 위기와 환경규제 강화 및 친환경, 녹색성장 등의 이슈가 대두되면서 친환경 절전형 부품/소재 개발에 대한 연구가 많이 요구되는 상황이다. 이에 고효율/친환경의 경쟁력 있는 제품 개발 및 녹색 성장을 주도할 수 있는 친환경 절전형 전력반도체

기술개발은 선택이 아닌 필수적이다.

● 용어해설 ●

**전력반도체 기술:** 전력용 파워스위칭 소자와 제어 IC로 구성되어 전자기기에 들어오는 전력을 그 전자기기에 맞게 전력을 변환, 분배 및 관리하는 기술

**BCDMOS 공정 기술:** 고전압 대전류 파워소자는 DMOS, 고속 아날로그 소자 및 회로는 Bipolar, 일반 로직 소자 및 회로는 CMOS로 구현하여 파워 소자와 일반 로직 소자가 원칩화 가능한 BCD(Bipolar-CMOS-DMOS) MOS 공정 기술

약어 정리

BCDMOS	Bipolar CMOS DMOS
BLU	Back Light Unit
BMIC	Battery Management Integrated Circuit
BMS	Battery Management System
DDI	Display Driver Integrated Circuit
DMOS	Double diffused drain MOS
EV	Electric Vehicle
GaN	Gallium Nitride
GTO	Gate Turn-off Thyristor
HEV	Hybrid Electric Vehicle
I2C	Inter-Integrated Circuit
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
LDMOS	Lateral DMOS
LED	Lighting Emitting Diode
MCU	Micro Controller Unit
NPT	Non-Punch Through
PMIC	Power Management Integrated Circuit
Si	Silicon
SiC	Silicon Carbide
SiP	System In Package
SJ	Super Junction
SOA	Safe Operation Area
TDMOS	Trench DMOS

참고 문헌

[1] <http://www.etnews.co.kr>, “그린에너지 특집기사,” 2009. 7. 30.

[2] <http://www.etnews.co.kr>, “전력용 반도체 특집 기사,” 2008. 5. 27.

[3] “Green 반도체 개념 및 기대효과,” ETRI 정책보고서, 2008. 8., pp.1-34.

[4] 박승창, “Green IT 기술의 최근 산업화 동향,” 주간기술동향, 통권 1410호, 2009. 8., pp.29-41.

[5] 황규석, 황보승, 정주현, 이영환, “LED 조명 시스템 기술,” 주간기술동향 통권 1403호, 2009. 7., pp.13-27.

[6] <http://www.fairchild.com>

[7] N. Ikeda, S. Kaya, J. Li, Y. Sato, S. Kato, and S. Yoshida, “High Power AlGaN/GaN HFET with a High Breakdown Voltage of over 1.8 kV on 4 inch Si Substrates and the Suppression of Current Collapse,” *Proc. of ISPSD 08*, May 2008, pp.287-290.

[8] Claudio Contiero et al., “Roadmap Differentiation and Emerging Trends in BCD Technology,” *In Proc. of ESSDERC*, Dec. 2002, pp. 275-282.

[9] 권오경, “전력용반도체의 최신기술동향 및 발전 전망,” 전자부품, 2009, pp.26-29.

[10] <http://tsmc.com>

[11] <http://www.ti.com>

[12] <http://www.infineon.com>

[13] <http://www.freescale.com>

[14] <http://www2.imec.be>

[15] <http://www.maxim-ic.com>

[16] <http://www.national.com>

[17] S. Chalasani and J.M. Conrad, “A Survey of Energy Harvesting Sources for Embedded Systems,” *Proc. of IEEE SoutheastCon08*, Apr. 2008, pp.442-447.

[18] “차량용 전자부품(Automotive Electronics) 시장 및 기술분석,” ETRI 정책보고서, 2008. 6., pp. 1-68.

[19] 이현동, “하이브리드차량에 적용된 전력전자 기술,” 전력전자학회지, 제12권, 2007. 10., pp.17-23.

[20] “Energy Harvesting and Storage for Electronic Devices 2009-2019,” IDTechEx 보고서, 2009.

[21] Austin Harney, “Smart Metering Technology Promotes Energy Efficiency for a Greener World,” *EE Times*, Aug. 2009,

[22] “Power Management Market,” iSuppli 보고서, 2009. 3.

[23] <http://www.sem.co.kr>