

초고순도 SiC 소재 기술 동향

글 _ 이재득
한국산업기술평가관리원

1. 서론

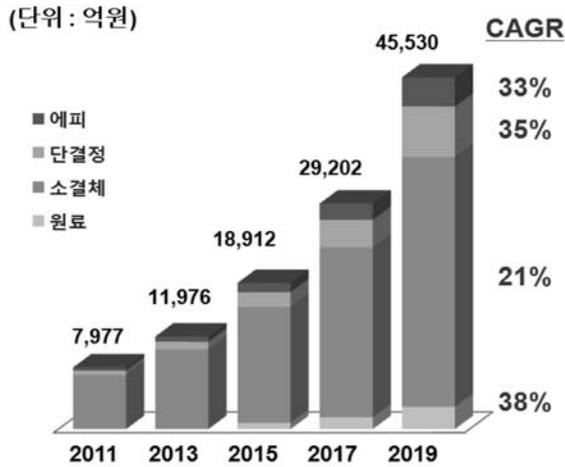
지난 30여년간 탄화규소(SiC) 소재는 기계-구조용 소재로의 응용뿐만 아니라 반도체 또는 LED 소재로의 응용을 위해 선진국을 중심으로 많은 연구가 이루어져 왔다. 국내에서는 주로 학계와 국가연구소를 중심으로 연구가 꾸준히 진행되어 왔으며, 최근 국가 성장 동력 산업인 반도체, 디스플레이, 자동차 산업 및 녹색 산업 부흥으로 미래시장에서 경쟁력을 갖기 위해 확보해야 하는

핵심 소재로써 초고순도 SiC 소재가 중요한 이슈로 떠오르고 있다.

초고순도 SiC 소재는 전기자동차, 하이브리드카 등의 전력소자, 태양광소자의 에너지 변환소자, 에너지 절약이 요구되는 다양한 전자제품 용 전력소자, LED/LD소자 및 고주파 소자를 위한 기판으로 사용이 확대 될 것으로 기대되며 초고순도 SiC 소재 적용에 따른 기판 결함 감소로 인해 소자의 고품질화 및 고효율화에 기여할 수 있다. 응용분야별 제품으로는 반응관, 보트(boat)류, 엷지 링



Fig. 1. 초고순도 SiC 소재의 응용제품.



※ 근거 : Yole Development Silicon Carbide 2010, 한국과학기술정보원
Fig. 2. 초고순도 SiC 소재 세계 시장전망.

(edge ring), 포커스 링(focus ring), 서셉터(Susceptor) 등의 반도체/LED 공정용 초고순도 부품, 저효율 Si 단결정 기관 대체가 가능한 에너지 반도체 소자용 SiC 단결정 및 기존 사파이어 기관을 대체할 수 있는 LED 소자용 기관에 초고순도 SiC 소재가 적용될 수 있다.(Fig. 1)

한편 반도체, 디스플레이, 자동차 및 녹색 산업의 활성화로 초고순도 SiC의 사용이 급격히 증가될 것으로 예상하고 있으나(Fig. 2) 현 시점에서는 대부분의 고부가가치 초고순도 SiC 소재는 기술 선진국으로부터 전량 수입에 의존하고 있기 때문에 정부 차원에서 체계적인 기술 개발 지원을 통해 초고순도 SiC 소재 기술 확보가 필요한 상황이다.

2. 초고순도 SiC 소재별 개발동향

2.1. 초고순도 SiC 분말 소재

국내에서 초고순도 SiC 분말 생산은 이루어지고 있지 않으나, 초고순도 SiC 분말 기술개발은 지식경제부에서 지원한 소재원천기술개발사업을 통하여 3N의 순도를 가지는 반응소결용 SiC 분말을 합성하는 기술을 확보하였다. 핵융합연구소에서는 DC plasma reactor 시스템에서 SiC 소결봉을 플라즈마로 열분해하여 증발 후 응축반응을 하는 플라즈마분해 및 응축 기상합성법을 이용하여

Table 1. SiC 원료 및 파우더의 국내 기술개발 현황

구분	기술명	개발단계	개발내용	개발주체
초고순도 TEOS	초고순도 TEOS 정제 기술	상용화	반도체공정용 TEOS ·프린터 토너용 TEOS	테크노세미캠 석경AT
초고순도 SiO ₂	초고순도SiO ₂ 제조 및 분석 기술	상용화	·프린터 토너용 구형 SiO ₂ 분말개발	석경AT
고순도 SiC 분말	탄소환원법에 의한 고순도 SiC 분말 합성 기술	기술개발	·PP급 합성공정 ·5N급 SiC 분말	엘지 이노텍
nm급 고순도 SiC 분말	nm급 고순도 파우더 합성 기술	기술개발	·열플라즈마 방법에 의한 10nm 크기 4N급 SiC 분말 합성 기술 개발	한국세라믹 기술원
고순도 고품위 SiC 분말	임도제어가 가능한 고순도 SiC 합성 기술	기술개발	·Modified sol-gel 공정을 이용한 4N급 SiC 분말 합성 ·0.1~100um 임도범위의 고순도 SiC 분말 합성 기술 개발	한국과학기술 연구원

20~30nm의 SiC 나노분말을 제조하는 기술을 개발 중에 있다.

현재 국내기업에서 유일하게 LG이노텍이 silica 환원법을 이용한 5N급 SiC 분말제조공정 개발에 성공하여 대량생산을 겨냥한 pilot 생산 시험과 순도를 높이기 위한 시험을 진행 중에 있다.(Table 1)

해외의 경우 주로 일본 중심으로 분말 개발 및 양산화를 시도 중(6N급 초고순도 SiC 분말)이고 그 외 Cabot Corporation사(미국)에서 5N급 SiC 분말을 생산 중이며 초고순도 SiC 제품을 생산하고 있는 일본회사(스미토모, 이비덴, 아시아 글라스, Bridgestone, 소화전공 등)에서는 초고순도 SiC 분말을 자체 생산 또는 위탁 생산하여 전량 자사 제품 제조에 사용하고 있다.(Table 2) 특히 Bridgestone사는 1984년부터 기술개발 투자를 시작하여 1995년 경에 6N급 SiC 분말 제조기술 개발을 완료하였으며 현재 양산화 기술을 개발중이다.

한편, 대부분의 국가에서 초고순도 SiC 분말은 국가전략소재로 수출 규제 품목으로 지정되어 있으며, 따라서 초고순도 SiC 분말의 독립적인 유통경로가 없는 상황이라 시장 예측도 쉽지 않지만 LED 및 에너지 반도체 시

Table 2. 초고순도 SiC 분말 해외 기술개발 현황

기술명	개발단계	개발내용	개발주체
직접탄화법 (direct carbonization)	상용화	·고순도 Si + 고순도 C → SiC ·반응온도 : 1300~1600°C (β-SiC)	Kyocera (日)
탄소환원법 (Carothermal reduction)	상용화	·SiO ₂ + 3C → SiC + 2CO ·열분해반응 : 2,200°C	Carborundum (美)
졸-겔법 (Sol-gel법)	상용화	·TEOS + Phenolic Resin → SiC ·열분해반응 : 1,600°C	Bridgestone (日)
Organosilicon법	기술개발	·CH ₃ SiH ₂ CH ₂ SiH ₃ → SiC ·열분해반응 : 750°C	Shin-Etsu (日)

Table 3. 반도체/LED 장비에 사용되는 SiC 제품 국내 기술개발 현황

구분	기술명	개발 단계	개발내용	개발주체
내부식용 탄화규소	Dummy wafer 및 edge ring용 반응소결 탄화규소	상용화	·성형체 조성 및 성형공정 최적화 ·소결 조건 최적화 ·미세구조 균질화 기술	(주)이노씨라
				SKC솔믹스(주)
반도체공정 히터용 탄화규소 소재	고온 저항 반응소결 탄화규소 소재 개발	기술 검토	·성형체 조성 및 성형공정 최적화 ·전기저항 제어 기술 개발	(주)이노씨라
반응관용 반응소결 탄화규소	대형 반응소결 탄화규소 제조공정 개발			한국과학기술 연구원
LED 공정용 탄화 규소	초고순도 대형 가압소결 탄화 규소 소재개발			·초고순도 벌크 제조공정 개발 ·대형 가압소결 공정 개발

장의 활성화에 따라 향후 연평균성장률 38% 정도로 급 성장할 것으로 전망된다.

2.2. 차세대 반도체/LED 핵심공정용 초고순도 SiC 소재

종래의 반도체 시장은 웨이퍼의 대구경화 및 반도체칩의 고집적화 등으로 인해 저가격화가 두드러지게 나타나고 있으며, 특히 높은 수율 및 초고집적 반도체 공정을 개발하기 위한 실리콘 웨이퍼의 대구경화(450mm) 및 고순도화의 진행이 가속화될 것으로 예측된다. 이와 더불어 반도체 공정에 적용되고 있는 고온용 부재와 부품들 역시 대구경화/초고순도화의 요구수준에 맞도록 그 이상의 순도를 갖는 초고순도 SiC 대형 부품들을 요구하고 있다. 그러나 국내 반도체부품 기술과 시장은 아직 요구수준에 미치지 못하여 국산화율이 5% 미만으로 매우 낮으며 기술 선진국에서 전략 소재로 취급/관리 되고 있어 수급이 용의치 않아 국내의 경우 원천기술 확보 및 관련 기술 개발에 있어서 많은 제약을 받고 있는 상황이다.

SiC 소결체 제조를 위한 대표적인 상용화 공정으로 반응소결 공정과 가압소결 공정을 들 수 있다. 반응소결 공정은 카본 또는 카본과 탄화규소로 이루어진 성형체에 용융된 실리콘을 모세관 압력으로 침윤시켜 이 과정에서 용융실리콘과 카본의 고온반응을 통해 SiC를 제조하는 기술로 1,450~1,600°C 온도 범위에서 기공이 없는 치밀한 구조의 SiC 소결체를 짧은 시간내에 제조할 수 있으며,

반응소결 후 성형체의 치수, 형상이 유지되어 최소한의 가공만으로 원하는 형태의 SiC 제품을 제조할 수 있다. 이러한 장점 때문에 반도체 공정 장비용 부품으로 각광을 받고 있다. 반도체 공정용 반응소결 SiC 제품을 생산하고 있는 국내 업체로는 SKC솔믹스(주)와 (주)이노씨라가 대표적인데, 이들 기업들은 각각 대형 성형기술과 반응소결 기술들을 보유하고 있으며 현재 국내 반도체 업체에 적용하고 있다.

가압소결 SiC의 경우 기존에는 SiC 분말에 소결조제를 첨가하여 고압하에서 고밀도의 제품을 제조해왔다. 그러나 LED 공정부품에 적용하기 위해서는 기존에 고밀도 구현을 위해 첨가했던 금속 소결 조제의 제거가 반드시 필요하며 현재 소결조제를 첨가하지 않고 고밀도 제품을 상용화한 국내 기업은 아직 전무한 실정이다. LG 이노텍(주)의 경우 소결조제를 첨가하지 않고 고밀도 제품을 제조할 수 있는 기술개발이 거의 완성단계에 도달하여 LED 공정용 초고순도 SiC 부품으로 적용될 수 있을 것으로 예상된다.(Table 3)

해외의 경우 일본 Toshiba ceramics사에서 TPSS grade 제품을 상용화하였고, 미국의 Saint-Gobain사, 독일의 Maicom-Quarz GmbH사는 최고 300mm 실리콘 웨이퍼용 대구경 SiC 부품을 생산하고 있다. 그러나, 이들 기업의 소재는 순도면에서 아직 초고순도에 미치지 못한다. 오직 일본 Bridgestone사만이 고순도 SiC 부품 제조 기

Table 4. 반도체 제조공정용 SiC 제품의 해외기술 개발 현황

구분	기술명	개발 단계	개발 내용	개발주체
반도체 공정 히터용 소재	고순도 저저항 탄화규소 소재	상용화	·서브마이크론 SiC와 나노 SiC의 혼합분말을 사용하여 초고온에서 가압소결 ·순도: 3N ·반도체용 SiC heater 소재	스미토모 오사카 시멘트 (일본)
			·초고온에서 가압소결 ·반도체용 SiC heater 소재 ·순도: 6N ·파괴강도: 600 MPa	Bridgestone (일본)
고온 반도체 공정용 탄화규소 소재	고순도 CVD 탄화규소 소재	상용화	·LP-CVD 공정으로 제조 ·순도 > 6N ·Dummy wafer용 소재	미츠이사 /아사이글라스 (일본)
	고순도 가압소결 탄화규소 소재		·초고온 가압소결공정 ·순도 > 6N ·비저항: $2 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ ·열전도도: 230 W/mK ·Dummy wafer, CVD equipment parts (susceptor, disk, ring)	Bridgestone (일본)
		기술 검토	·나노 SiC 분말 사용 초고온 가압소결 ·순도: 6N ·열전도도: 160 W/mK ·반도체용 서셉터(susceptor)로 응용 검토	스미토모 오사카 시멘트 (일본)
	고순도 반응소결 탄화규소 소재	상용화	·베타 SiC/Si 복합재료 ·순도: 6N ·파괴강도 : 420 MPa ·열전도도 : 180 W/mK ·확산로 반응관/보트류 ·susceptor, Ring, various container ·Si wafer handling jigs	Bridgestone (일본)
	·알파 SiC/Si 복합재료 ·순도 : 5N ·파괴강도 : 450 MPa ·열전도도 : 175 W/mK ·CVD SiC coating 후 확산로 반응관/보트류		코발린트 (일본)	
	·알파 SiC/Si 복합재료 ·순도 : 4N ·파괴강도 : 220 MPa ·열전도도 : 225 W/mK ·CVD SiC coating 후 확산로 반응관/보트류		Saint-Gobain (미국)	

술을 보유하고 있어 고순도 β -SiC 분말을 사용하여 Purebeta-R grade 초고순도 반응소결 SiC 및 Purebeta-S grade 초고순도 가압소결 SiC 제품을 생산 중이다.(Table 4)

2.3. 에너지반도체 소자용 SiC 단결정 및 에피 소재
에너지반도체소자는 1947년 트랜지스터의 출현으로 반도체 시대가 도래한 이후 MOSFET, IGBT 등으로 변화발전

Table 5. 다양한 SiC 단결정 성장방법

구분	Sublimation	HT CVD	VLS*	Hetero-epitaxy	LPE
Growth rate	200~400 μ m/h	~300 μ m/h	100 μ m/h	50 μ m/h	500 μ m/h
Growth temperature	2200~2500 $^{\circ}$ C	2200 $^{\circ}$ C	1100 $^{\circ}$ C	1350 $^{\circ}$ C	1460~1800 $^{\circ}$ C
Polytypes	4H, 6H	4H, 6H	3C	3C	4H, 6H
Major Company	Cree, Dow Corning(미국) Nippon Steel(일본) Bridgestone(일본) SiCrystal(독일)	Air Liquide (프랑스) Taiyo Nippon (일본)	CRHEA (프랑스)	Hoya(일본)	Sumitomo (일본)

*VLS : Vapor-Liquid-Solid

Table 6. 국내 단결정 웨이퍼의 기술 개발 현황

구분	기술명	개발 단계	개발내용	개발주체
단결정 wafer 성장	승화재결정법 (PVT법)	기술 검토	·2인치 6H-SiC 웨이퍼 개발 ·3인치 4H-SiC 웨이퍼 개발	네오세미테크(주)
		기술 검토	·2인치 6H-SiC 웨이퍼 개발	(주)SKC

하여 현재 8,000A에 12kW의 전압저지능력을 나타내고 있다. 그러나 전력반도체 소자용 기존 실리콘 소재의 경우 물성적 한계에 직면하여 고전압, 저손실 등 새로운 이슈에 대응할 소재가 필요한 실정이다. 반면 SiC 전력반도체 소자는 실리콘 전력반도체 소자에 비해 매우 우수한 물질특성을 가지고 있어 고전압 전력소자로서 가능성이 매우 클 뿐만 아니라 전력변환 장비의 크기를 획기적으로 줄일 수 있고 300 $^{\circ}$ C 이상의 고온 환경에 직접 노출되어도 작동이 가능하여 제어의 신뢰성 및 정확성, 빠른 응답성, 그리고 이를 통해 실리콘 소자 대비 54% 이상의 에너지를 절감할 수 있다. 전력반도체용 SiC 웨이퍼 제조기술은 Homoepitaxy가 가능하고 전류를 확산할 수 있는 SiC 단결정 성장 및 기판 제조 기술과 그 기판위에 전력반도체 소자를 구동할 수 있는 활성층을 성장하는 SiC 에피 웨이퍼 제조기술로 나눌 수 있다.

SiC 단결정 성장방법 중에 기존의 실리콘 단결정 성장에

서 사용되는 것과 같은 화학양론비가 동일한 액상으로부터 단결정을 성장시키는 액상성장법(Congruent Melt Growth)으로는 원론적으로 단결정 성장이 불가능하기 때문에 다양한 방법들이 개발되었다. 알려진 단결정성장법은 승화법(Sublimation), 용액성장법(Liquid Phase Epitaxy, LPE) 등의 용액성장법과 고온기상증착법(High Temperature CVD, HTCVD) 등이 있다. 이중 가장 대표적인 방법으로 승화법이 있으며 현재 양산되는 대부분의 SiC 웨이퍼는 승화법을 개량한 PVT법(physical vapor transport)으로 제조하고 있다.(Table 5) 국내에서는 현재 네오세미테크(주), (주)SKC에서 2인치의 6H-SiC wafer, 3인치의 4H-SiC wafer에 대한 기초기술 개발 완료하였으나 고부가가치화가 되기 위한 무결함 2인치, 4인치 및 6인치의 4H-SiC wafer의 개발은 아직 전무한 수준이다.(Table 6)

해외에서는 Cree와 Dow Corning(미국), 신일본제철과 Bridgestone(일본), SiCrystal(독일) 그리고 Norstel(스웨덴) 등

Table 7. 해외 단결정 웨이퍼의 기술 개발 현황

구분	기술명	개발 단계	개발 내용	개발주체
SiC 웨이퍼	승화재결정법 (PVT법)	상용화	·2인치 이상의 웨이퍼 생산	DowCorning(미국), 신일본제철(일본), Bridgestone(일본), SiCrystal(독일), Norstel(스웨덴)
		개발중	·4인치 웨이퍼 개발	
		상용화	·4H SiC(2inch, 3inch, 4inch)생산 ·6H SiC(2inch, 3inch, 4inch)생산	Cree(미국)
	가공/표면처리 기술	기술 보유	·Scratch-free ·Low roughness: RMS≤1 Å	Novasic(프랑스)
			·자체적 가공 및 표면처리 기술 보유	Cree(미국)
	고온화학증착법 (HTCVD법)	개발 완료	·경시변화(시간에 따라 공정조건이 변화) 특성이 없음, ·PVT법보다 10~100배 높은 고순도화가 달성가능 ·4H SiC(4inch)생산	Okmetic AB (스웨덴)
			·2인치 이상의 웨이퍼 생산	Tankeblue(중국)

이 PVT법을 이용해 2인치 및 4인치 이상의 SiC 단결정을 제조하는 기술을 보유하고 있다. 특히 현재 미국 Cree사가 세계시장의 55% 이상을 점유하고 있으며, 2010년에는 6인치 단결정 웨이퍼 시제품을 출시하기도 하였다. 그러나 PVT법은 결정성장 속도가 시간당 1mm 정도로 낮은 편이며 성장 중 경시변화가 발생하는 문제점이 있다. HTCVD법은 경시변화가 없고 C/Si의 비율의 제어가 상대적으로 용이하며, 아직 기술성숙도가 낮지만 이론적으로 PVT법에 근접한 결정성장속도(1mm/h 이상)를 얻는 것이 가능한 유망한 방법이다.(Table 7)

고효율, 고성능의 전력 반도체소자의 성능은 SiC 에피박막의 두께, 도핑농도 등에 의해 결정되며 특히 에피박막의 품질에 의해 소자의 신뢰성이 결정된다. 또한 가격 경쟁력을 얻기 위해 무결함 6인치 단결정 웨이퍼 개발이 필요하다. 특히, SiC 단결정 웨이퍼 내의 아주 작은 결함들조차도 부품의 오작동에 이를 수 있기 때문에, SiC 단결정 웨이퍼를 기반으로 한 소자가 전기자동차, 하이브리드카, PV 등의 에너지소자 시장으로 진입하기 위해서는 기존의 Si 반

도체의 생산성 및 신뢰성에 버금가는 정도의 제품신뢰성이 필요하다. 하지만 대구경 단결정 웨이퍼 및 저결함 에피박막 구현이 어려워 이를 극복하기 위한 노력들이 진행되고 있다.

현재 국내에서는 서울대 및 한국전기연구원에서 에피 박막 기판을 적용한 소자 결함에 관한 원천기술에 대한 연구가 진행되어 왔으며, 2010년부터 지식경제부에서 지원하는 WPM 사업을 통해 LG이노텍 주도로 본격적인 기술개발이 추진되고 있다.

미국의 경우에는 20년 이상의 in-house 연구경험을 보유한 NASA를 주축으로 개발이 진행되어 왔으며 NASA는 최초의 대면적 SiC Epitaxy 성공, 최초의 수 kV SiC 정류기를 시연하였고 대전력 산업분야, 방위산업 분야, 반도체 산업분야의 많은 기업체(Westinghouse, Northrop-Grumman, Motorola, GE, Cree, Advanced Technology Materials, Inc., Kulite Semiconductor, Boston Microsystems, Sienna Technologies, Spire Coporation 등)들이 관심을 보이고 있는 실정이다.(Table 8)



Table 8. 에피박막 소자용 Wafer 공급원 및 해외기술수준

구분	개발 단계	기술 개발 내용	개발주체
에 피 박 막	상용화	·SiC epi-wafer 4인치급	Cree (미국)
			SiCED(독일)
			Semisouth(미국)
			Acree(스웨덴)
			Dow Corning (미국)
			LPE(이태리)
	·SiC epi-wafer 3인치급	Bridgestone(일본)	
		신일본제철(일본)	
		ESiCat(일본)	

초고순도 SiC 소재를 적용한 SiC 에너지반도체 소자는 Si 소자 대비 인버터와 컨버터의 에너지 효율을 대폭 개선하여 전력손실을 줄일 수 있는 장점을 갖고 있다. 예를 들면 가전 기기의 경우 에어컨 적용 시 70% 절감, 산전 기기의 경우 스위칭속도 4배 향상, 전력손실 50% 절감이 가능하다. 신재생 에너지의 경우 부피 14% 축소, 에너지 효율 99.08%까지 증대가 가능하며, 그린카의 경우 부피/무게의 70% 축소 및 연비를 10% 정도 개선(200kg/년 CO₂ 감소)시킬 수 있는 미래 친환경 시대의 핵심 디바이스로 주목받을 것으로 예상된다.

3. 결론

초고순도 SiC 소재는 국가 기간 산업인 반도체/디스플레이/IT 산업뿐만 아니라 하이브리드/전기자동차, 태양광 발전, 스마트 그리드 등 친환경 녹색 산업에서 요구되는 핵심 소재로써 향후 반도체 및 LED 산업의 대구경화, 선풍미세화, 고효율화를 위한 혁신적인 공정의 도입이 예상되며 그에 따라 특성이 뛰어난 초고순도 SiC 소재사용이 급격히 증가할 것으로 기대된다. 또한 에너지 반도체 소자용 기판 재료로서 초고순도 SiC 재료는 뛰어난 물성으로 향후 친환경 자동차, 신재생 에너지 소자용 컨버터로 SiC 반도체 사용이 확대되어 신규시장 형성이 가속화 될 것으로 예상된다. 이에 따라 미국에서는 2005년부터 DoD(Department of Defense)에서 Dow Coming에 Fund를 제공하여 SiC 원료 및

에피소재 개발을 추진중이며, 일본도 2010년부터 도요타, 미쯔비시, 히타치 기업연합이 연 90억엔 규모의 프로젝트를 통해 고효율 SiC 기반 인버터 개발을 추진 중에 있다.

해외선진국의 이와 같은 기술개발 투자에 대응하기 위하여 국내에서는 지난 2010년 9월부터 지식경제부에서 WPM 사업을 통해 2018년까지 7N(99.99999%)급 초고순도 SiC 분말부터, 반도체 공정용 SiC 소재, SiC 기판 및 에피 웨이퍼를 개발하기 위한 연구 Project를 지원하고 있는데, 이는 매우 적절한 조치로 판단되며 기술개발 성공을 통해 세계시장을 선점할 수 있도록 국가적인 차원에서 지속적으로 지원해야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 조경선, 윤성호, 정훈, 채수호, 임광영, 김영옥, 박상환, "반도체 제조공정용 SiC 소재 기술", *세라미스트*, **12** [1] (2009).
2. 김은동, "SiC 반도체 기술현황과 전망", *전기전자재료학회지*, **14** [12] (2001).
3. 방옥, 김은동, "SiC 단결정 성장기술", *전기전자재료학회지*, **15** [6] (2002).
4. 김정규, 이원재, 신병철, 구갑렬, "SiC 단결정 성장방법 및 응용분야", *전기전자재료학회지*, **20** [5] (2007).
5. 김상철, "SiC 전력반도체 기술개발 동향", *전력전자학회지*, **14** [1] (2009).
6. Yole 2009보고서, Nikkei EElectronics 2009년 7월
7. Microwave synthesis of phase-pure, fine silicon carbide powder. No33 (2005).

8. 반도체 제조공정용 SiC 소재기술. KIST. (2009).
 9. S. S. Hwang, S. W. Park, J. H. Han, K. S. Han, and C. M. Kim, "Mechanical Properties of Porous Reaction Bonded Silicon Carbide," *J. Kor. Ceram. Soc.*, **39** [10] 948-54 (2002).
 10. H. Fujiwara, K. Danno, T. Kimoto, T. Tojo, H. Matsunami, *J. Cryst. Growth*, **281** [370] (2005).
 11. F. Dahlquist, H. Lendenmann, M. Ostling, *Mater. Sci. Forum*, **353** [727] (2001).
 12. Z. Zhang, E. Moulton, T. S. Sudarshan, *Appl. Phys. Lett.*, **89** 081910 (2006).
 13. Y. Khlebnikov, I. Khlebnikov, M. Parker, T. S.

Sudarshan, J. Cryst. Growth., **233** [112] (2001).

●● 이재득



- 1996년 아주대학교 전자공학 학사
- 1998년 광주과학기술원 정보통신 공학석사
- 2002년 광주과학기술원 정보통신 공학박사
- 2002년~2005년 LG이노텍(주) 선임연구원
- 2005년~2009년 한국부품·소재산업진흥원 선임연구원
- 2009년~현재 한국산업기술평가관리원 선임연구원