

# 특집 ─ 국가광화학기술 로드맵 요약본

## 반도체 조명

### 1. 반도체 조명 기술동향

#### 가. 국내 동향

##### ▶ 반도체 조명 소재 (LED)

- 국내의 GaN LED용 기판 소재는 대부분 2, 4 인치 사파이어 기판을 사용하고 있고, 국내 기판 수요의 약 70% 정도를 국산화 하고 있다.
- LED 형광체 소재는, 패키지 업체의 기술 요구는 많은 데도 불구하고 고효율 형광체 소재의 국내 기술력은 낮은 편이다. 형광체 개발을 위한 국가 연구과제는 2009년부터 LED 형광체 관련 연구를 수행하고 있다.
- 패키징용 소재 개발을 위한 연구과제는 2010년부터 수행되고 있고, “3W급 고효율 신광원부품용 350W/mK 방열소재 기술개발” 사업이 2010년 12월부터 수행될 예정이다.
- MOCVD를 이용한 LED 성장의 필수 특수가스인 삼중메틸갈륨(TMG)은 GaN 에피를 성장하는 핵심소재로 국산화를 위한 연구개발이 진행되고 있다.

##### ▶ 반도체 조명 소자 (LED)

- LED 소자기술은 기판, 에피, 칩, 패키징 기술로 분류되며 고효율, 고효율 LED 제조기술과 더불어 최근 LED 수요급증으로 대규모 설비투자가 진행되면서 생산성 향상기술에도 관심이 집중
- LED 용 기판으로 가장 많이 사용되는 사파이어 잉곳은 국내 잉곳 기술의 경쟁이 치열
- LG이노텍, 삼성 LED등 국내 주요 LED 소자기업은 MOCVD 대형화 및 대구경 에피기술에 의한 생산성 향상 기술을 개발하고 있고, 삼성LED, 한국광기술원

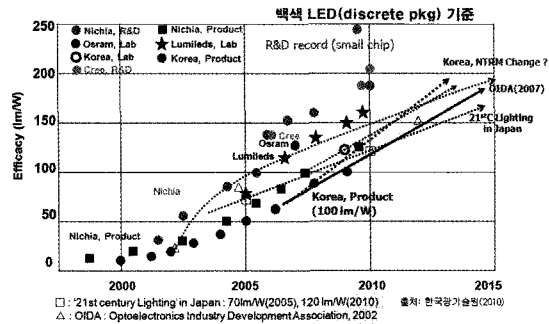


그림 1. 세계 LED 소자기술국내 기술비교

등은 저가형 대구경 Si 기판을 이용한 GaN/Si LED 기술개발 추진 중

- 고효율, 고효율 LED 칩 기술 중 가장 이슈가 되고 있는 수직형 칩 공정 기술은 국내 주요 기업에서 개발되었으나 본격적인 시장투입은 지연

##### ▶ 반도체 조명 (LED)

- 스마트 조명분야는 최근 들어 국내에서도 LED조명에 대한 관심과 기존 조명과의 차별화를 위한 스마트 그리드의 한분야로 조명 시스템을 적용한 사례를 볼 수 있음
- 기존 수송기기용 백열전구 및 방전등은 효율 및 내구성이 낮고 수은 등 유해물질 발생과 디자인 자유도가 낮은 단점이 있으므로 고효율, 내구성 및 디자인 자유도, 방수·방염 등이 우수한 LED의 사용 증가 예상
- 자동차, 선박 등 수송기기 시장은 연간 약 15% 이상 증가가 예상되고 에너지절감 효과가 높은 수송기기용 LED 조명시스템이 개발될 경우 시장 파급효과와 일자리 창출에 기여

반도체 조명

▶ 반도체 조명 평가 및 표준화 (LED)

- LED 조명의 평가 항목으로 성능 지수, 고장 분석, 신뢰성 평가, 표준화 등이 있으나 일반적으로 소비전력 (W), 광속(lm), 효율(lm/W), 수명(h) 등으로 표현하는 것 이외에 확립되어 있는 것이 없으며 표준화도 현재 활발히 진행중에 있다.
- LED 조명 평가 검토 사항에서 일반조명의 요건을 살펴보면, 소비전력, 광속, 광속유지율, 발광효율과 검토와 배광분포(균제도), 색좌표, 색온도, 연균연색지수, 감성, 중량, 수명, 가격, 경제성이 고려되어야 한다. LED 조명 상황의 경우 대체조명과 차이 나는 배광 분포, 급격한 광속 감퇴율, 불안정한 수명분포, 방열성능 그리고 광생물학적 안전성을 고려하여 성능 지수, 고장 분석, 신뢰성 평가를 통한 LED 조명 평가와 LED 조명 표준화를 해야한다.

▶ 반도체 조명 소재 및 소자 (OLED)

반도체 조명 소재 (OLED)

- OLED 소재기술은 OLED 소자 유기재료, 봉지 재료, 투명전극 및 기판 재료로 분류될 수 있으며, OLED 소자 재료는 다시, 전자 수송층 재료, 정공 수송층 재료, 전자/정공 주입층 재료, 형광재료 및 인광재료, 형광 및 인광 호스트 재료 등으로 구분됨.
- 가장 핵심이 되는 유기재료는 각각의 역할에 따라 알맞은 HOMO 및 LUMO 레벨을 가져야 하며, 열적/전기적 안정성이 우수해야 함. 전자 또는 정공 수송층의 경우는 각각 높은 전하 이동도를 가져야 함.
- 고효율화를 위해서는 인광형 발광재료를 활용하여, 여기자(exciton)의 75%에 해당하는 삼중 여기자(triplet exciton)를 활용하는 것이 효과적임.
- 봉지 기술 개발의 경우는, 재료와 공정이 별도로 연구되는 것이 아니라, 상호 밀접한 연관속에 개발되고 있음. 봉지재료로서는 고밀도, 고순도, 무결점(defect-free)이며 step-coverage가 좋은 박막을 구성하되, 증착시간이 너무 길거나 복잡하지 않아 양산성이 좋은 공정이어야 함.

반도체 조명 소자(OLED)

- OLED 소자기술은 발광소자, 집적화 및 봉지, 투명전극 및 기판 기술로 분류될 수 있으며, '친환경, 에너지

저감, 감성조명, 컨버전스'라는 미래 조명의 네가지 키워드를 만족시킬 수 있는 기술로 예상되며 많은 관심을 받고 있음.

- OLED을 이용한 디스플레이 장치 등이 본격적으로 상용화되면서, 수명 등에 대한 우려가 상대적으로 약화되고, 차세대 반도체 조명으로 개발하기 위한 노력이 탄력을 받고 있음.

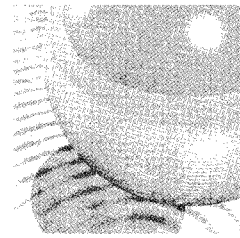
나. 국외 동향

▶ 반도체 조명 소재 (LED)

- 사파이어 기판은 일본, 미국, 러시아가 대부분을 공급하고 있고 특히 대구경 기판가공 기술에 있어서는 특정 기업의 독과점이 가속화되고 있다.
- 6인치급 사파이어 잉곳의 경우 세계적으로 2-3기업만이 독점생산(미국 루비콘, 러시아 모노크리стал)
- 고효율 및 저가격화 양방향으로 기판 기술이 개발되고 있고 고효율의 경우 격자 결함이 적은 기판, 저가격화의 경우 대면적 기판 적용 방향으로 연구가 진행됨.
- 형광체는 모재로 sulfide의 경우 안정성 문제, oxide의 경우 낮은 효율 문제 때문에 nitride 연구에 집중하고 있고 active ion 으로서 Ce3+, Eu2+(Yellow), Eu3+, Mn2+(red) 등을 대상으로 연구되고 있음.
- 사이아린 질화물 형광체를 이용한 LED는 온도가 상성하여도 발광효율저하와 색온도변화가 적은 장점이 있어 조명 및 LED BLU용 형광체로 시장이 확대가 예상됨.

▶ 반도체 조명 소자 (LED)

- 원천특허를 보유하고 있는 니치아 화학, 도요다 고세이, 필립스 루미레즈, 크리, 오스람 등 Big 5 기업이 기술을 독점, 세계 LED 시장을 주도하고 있고, Big 5 기업을 중심으로 기술라이센스 및 LED 선도업체인 니치아, 도요타 고세이 등을 축으로 한 기술선도업체, 미국, 독일의 기술선도업체와 기술동맹을 체결하여 독자적으로 움직임
- 조명 응용을 위해 멀티칩 및 대면적 칩을 실장하기 위한 고방열 패키지가 다양한 소재와 공정을 기반으로 연구되고 있음
- 세계 각국은 LED에 관심을 가지고 국책사업 차원에



서 직접적으로 육성하고 있음

### ▶ 반도체 조명(LED)

#### 자동차용 LED 조명(전조등 위주로 작성)

- 현재 고급차를 중심으로 실내외 조명을 LED로 교체하고 있으며, 실내조명의 경우에는 계기판, 독서 등, 바닥등, 도어등 등에 상용화가 급속히 진행되고 있음. 특히 실내 전반조명에 대해서는 다양한 광색의 LED를 사용한 감성조명을 구현하여 안정성과 편안함 등을 구현하고 있음

#### 선박용 LED 조명

- 미국의 Ocean LED사가 주요 원천기술 및 특허를 다량 보유하고 선박 실내 감성 조명 및 기계 및 설비실내의 친환경적이고 고효율인 LED 조명을 사용하고 있으며, 호화 유람선 및 고부가가치 요트 등의외형 감성조명으로 널리 적용되고 있고 이에 대한 기술개발이 활발히 이루어지고 있음

#### 철도/항공용 LED 조명

- 철도, 항공, 선박의 경우 사용된 LED 조명 시장은 한정적이지만 고신뢰성이 요구되는 특수 제품이므로 고부가가치 시장을 형성함

### ▶ 반도체 조명 평가 및 표준화 (LED)

#### 국제 표준화 현황

- 국제 표준화 현황 및 동향을 살펴보면 조명분야(IEC TC34) 국제 표준화회의에서 컨버터의 안전, 성능 및 모듈의 안전 표준을 2006년, 2008년에 각각 제정, 2009년에는 안정기 내장형 LED램프의 안전과 성능에 대한 국제표준이 진행 중이며 우리나라와 GE등에서 가속수명시험법을 통한 시험 기간에 대한 단축을 요구해 왔음.

### ▶ 반도체 조명 소재 및 소자(OLED)

#### 반도체 조명 소재(OLED)

- 미국의 Universal Display Corp. (UDC)는 인광재료를 쓰는 인광발광형 OLED 소자 및 관련 재료 기술에 원천 특허를 가지고 있으며, 최근에는 이를 잉크젯화

할 수 있는 기술 개발에도 성공하여 지적 재산을 확보함.

- OLED 내부에서 생성된 빛은 대부분이 기판이나 유기/ITO 전극층에 갇히고 전면부로 출광되는 부분은 약 18% 정도에 그치는 것으로 알려져 있어, 렌즈어레이 필름이나 산란층 등 광학 필름 기술 개발이 매우 필요 할 것으로 예상됨.

#### 반도체 조명 소자(OLED)

- 미국, 유럽, 일본 모두 OLED을 차세대 고체 조명으로 산업화하는데 있어 주도적 역할을 담당하고자, 범국가적 지원을 통해 전략적이고 과감한 투자를 진행 중임.

## 2. 반도체조명 산업현황

### ▶ 반도체 조명 소재 (LED)

- LED용 사파이어 기판 소재의 세계시장은 2010년 3,850억원에서 2018년 2.4조원으로 성장할 것으로 예측되며, 국내 시장의 경우 2018년 약 9000억원의 시장을 창출할 것으로 예상됨(2010년 WPM 사업보고서)
- LED용 형광체 소재는 2010년 약 1060억원 정도로 형성되고 있고, 연평균 성장률 15%로 성장할 것으로 예측됨.
- LED 광원을 이용한 BLU 등 디스플레이 소재 시장 성장으로 향후 5년간 평균 봉지재는 23%, 접착제는 13%, 리드프레임용 수지는 12%, 고방열 소재는 60% 정도의 성장률 예측됨

### ▶ 반도체 조명 소자 (LED)

#### (가) 국내시장 현황 및 전망

- 국내 LED 소자생산은 모바일 시장을 중심으로 2003년에서 2008년까지 년 40% 이상의 성장을 지속해왔으며, 2009년부터는 디스플레이용 LED BLU가 새로운 성장축을 형성하고 있음
- 우리나라는 최근 LED BLU 생산의 확대에 따라 국내 생산이 국내수요 보다 부족하여 미국, 일본, 대만 등으로부터 2008년 기준 13억 달러의 LED 관련제품을

반도체 조명

수입하는 무역적자국임

- 우리나라 LED 시장은 휴대폰, LCD TV, 자동차 등 전방산업이 발달해 있어 국내 시장이 성숙되어 있고, 2012년 이후 반도체조명 시장이 크게 성장할 것으로 전망되므로 LED 산업은 2020년까지 지속적 고속 성장이 예견됨

(나) 국외시장 현황 및 전망

- 현재까지 LED시장은 mobile용 LED가 주도하고 있었으나, 2006년 이후 포화상태에 이르렀고, mobile용 LED시장은 향후 수년 동안 하락할 것으로 예상됨
- Mobile용 LED 이후 차량용 및 중대형 LCD BLU 시장으로 이동이 예상되고, 가장 큰 시장으로 기대되는 LED 조명 시장은 2012년을 기점으로 본격적으로 형성될 것으로 예상됨
- 2009년 이후에도 LED 시장은 견조한 성장세를 유지할 것으로 예측되며, 2015년에는 메모리반도체 시장에 버금가는 수준으로 성장할 것으로 예상됨

▶ 반도체 조명 (LED)

(가) 국내시장 현황 및 전망

- LED조명은 기존의 빛에서 진화하여 21세기 생활 혁명을 주도할 수 있는 핵심 산업
- 일반조명용 LED시장은 '12년부터 급성장할 전망이며, 우리나라 조명산업이 성장하려면 IT기술과 디자인을 접목한 고부가가치 제품을 창출하여 저가형 제품 및 고품격 제품에 대한 경쟁력을 갖추어야 함
- LED 조명기기 시장이 기존 조명기기를 대체하며 시장창출이 빠르게 진행되고, 이에 힘입어 부품소재분야인 LED 광소자분야도 연평균 34.9%의 높은 성장세를 나타낼 것으로 예상됨
- 국내에서는 실외 LED 디스플레이를 중심으로 제품을 출시하는 업체들은 다수 있으나, 전기 절감형 LED 조명 네트워킹 기술 개발은 아직 미흡한 실정임
- 국내 LED 부품 및 조명제품은 무역수지 적자를 기록하고 있음. LED 조명제품은 수출과 수입 모두 크게 감소하고 있고, 무역수지 적자가 2007년 7.6억 달러에서 2009년 3.7억 달러로 줄어들었음

(나) 국외시장 현황 및 전망

- '09년 이후 노트북 PC, LCD TV의 백라이트(BLU)용으로 수요 급증하고 있고, '12년까지 BLU 수요가 시장 선도예상되며 '15년 이후 백색 LED 조명이 시장을 견인할 것으로 전망
- LED 조명 세계시장 규모는 2006년에 2억 10백만달러에서 2011년 9억 98백만달러로 증가하면서 연평균 성장율이 36.6%에 이를 전망으로, LED 응용분야 가운데 LED조명이 차지하는 비중 또한 2006년 5.8%에서 2011년에는 11.9%로 6.1% 증가할 전망

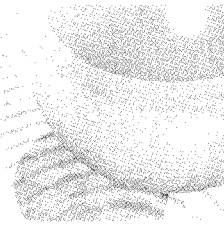
▶ 반도체 조명 (OLED)

(가) 국내시장 현황 및 전망

- 궁극적으로 저가화가 될 가능성이 높으면서도, 수은 함유 등의 문제가 없이 고효율화를 구현할 수 있으므로, 차세대 그린 친환경 조명으로서 OLED 조명에 대한 수요는 점차 확대될 것으로 예상됨.
- 지경부는 2013년을 기점으로 OLED 조명을 가정에 보급할 수 있도록 OLED 조명 사업화 기술 개발 프로젝트를 추진할 계획을 밝히며, 상용화에 강력한 의지를 보임.

(나) 국외시장 현황 및 전망

- 온실가스 배출 규제, 중금속 사용 규제 등과 관련하여 백열등과 형광등은 점차 그 사용이 규제될 것으로 예상되며, 친환경 고효율이 가능한 LED나 OLED와 같은 반도체 조명 소자로 대체되어 갈 것으로 예상됨. 특히 면조명이 가능하고 대면적 제조가 상대적으로 용이한 OLED의 수요가 급증할 것으로 기대됨.



### 3. 반도체조명 기술로드맵

WG별 산업 로드맵 : 중분류

분야	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
반도체조명 소재(LED)	Si 기판을 이용한 대면적 LED 핵심기술개발									
	열안정성 및 신뢰성이 우수한 집합용 링광채 개발 고효율 LED용 차세대 기판기술 개발									
반도체조명 소자(LED)	8인치급 대구경 예비			8인치급 대구경 예비			12인치급 대구경 예비			
	250nm급 UV LED WLP LED 고효율 RGB LED < EQE 75%									
반도체 조명(LED)	자동차용 LED head lamp, 선박용 조명시스템 개발									
	항공기용 실내외 LED 조명시스템 개발 스마트 센서 LED 조명시스템 개발 고성능 LED 조명시스템 개발									
LED 평가 및 표준화	LED 조명기구의 고장 진단 및 분석 기술									
	LED 조명기구의 광생물학적 안정성 시험 기술 LED 조명기구의 규격 및 시험 인증 기술									
OLED 소재 및 소자	광추출률 향상기술 개발(1.5x)			광추출률 향상기술 개발(2.0x)			광추출률 향상기술 개발(2.5x)			
	OLED 고효율형색인광재료개발(10cd/AID) 고효율형색인광재료개발(20cd/A) 고효율형색인광재료개발(30cd/A) 소재 및 소자 고속 고품위 성장막 기술 (100nm <sup>2</sup> /day) 고속 고품위 성장막 기술 (100nm <sup>2</sup> /day) 고속 고품위 성장막 기술 (1μm <sup>2</sup> /day) 저비용 대면적 대응 제조 기술 (4-5세대, 85% 90nm/sq) 저비용 대면적 대응 제조 기술 (6-7세대, 85% 50nm/sq) 저비용 대면적 대응 제조 기술 (8세대, 85% 30nm/sq)									

WG별 세부기술 로드맵 : 소분류

분야	기술구분	기술구분			중요도	비고
		기술구분	기술구분	기술구분		
반도체 조명(LED)	대면적 기판	8인치 차세대 기판	8인치 실리콘 기판	12인치 실리콘 기판	중	필수품 80%
		YAG/AlGaIn 발광체	실리콘 발광체	유사물 발광체	중	고온 효율 및 제2차원 성장 50% 증진
반도체 조명 소자(LED)	고출력 기판	8인치 SiC	8인치 GaN		중	8인치 및 12인치
		국내 17%/년	0.57%/년	107%/년	중	시장관용을 위한
반도체 조명 소자(LED)	시장규모	국내 4%/년	20%/년	28%/년	중	해외 시장 확대
		대구경예비	8인치급 대구경예비	12인치급 대구경예비	중	수출 > 50%
반도체 조명 소자(LED)	RGB full color LED	효율 > 80% 고효율 RGB LED 칩	효율 > 70% 고효율 RGB LED 칩	효율 > 75% 고효율 RGB LED 칩	중	EQE > 75%
		세계적 WLP 공정 상대 효율 90%	세계적 WLP 공정 상대 효율 90%	세계적 WLP 공정 상대 효율 100%	중	패키지 평가 30% 향상
반도체 조명 소자(LED)	UV LED	254nm UV LED 효율 > 1%	254nm UV LED 효율 > 1%	254nm UV LED 효율 > 10%	중	고출력 UV LED
		국내 54%/년	92%/년	134%/년	중	시장관용을 위한
반도체 조명 소자(LED)	시장규모	국내 182%/년	263%/년	419%/년	중	해외 시장 확대

WG별 세부기술 로드맵 : 소분류

분야	기술구분	기술구분			중요도	비고
		기술구분	기술구분	기술구분		
반도체 조명(LED)	수출률 조향	자동차용 LED 조명 시스템	선박용 LED 조명 시스템	항공기용 LED 조명 시스템	중	항공기용 LED 조명 시스템
		스마트 조명	고출력 조명 발광 패키지 개발	스마트 센서 조명 시스템	고성능 조명 시스템	중
반도체 조명(LED)	Eco-IT 조명	고효율 고전압형 백색 LED	고효율 RGB LED	VLC 네비게이터	중	200 lm/W 이상
		시장규모	국내 0.3%/년	17%/년	37%/년	중
반도체 조명(LED)	OLED 조명 및 소자	광추출률 향상 기술	50% 향상 (8% 광추출률 대비)	100% 향상 (특정 기술)	중	주요 부품 (50%/년)
		양자 양자 재료	10 cd/A, 10khrs	20 cd/A, 30khrs	30 cd/A, 50khrs	중
반도체 조명(LED)	고속 성장 기술	100 μm <sup>2</sup> /day, 10 nm/min	10 μm <sup>2</sup> /day, 30 nm/min	1 μm <sup>2</sup> /day, 50 nm/min	중	대면적 WLP (1 μm <sup>2</sup> /day)
		저비용 대면적 대응 제조 기술	95%, 9 ohm/A, 4-5세대	85%, 5 ohm/A, 5-6세대	80%, 3 ohm/A, 6세대 (100nm <sup>2</sup> /day)	중
반도체 조명(LED)	시장규모	국내 0.3%/년	1.6%/년	9.5%/년	중	8세대 대응 기술
		해외 6.5%/년	12%/년	160%/년	중	

WG별 세부기술 로드맵 : 소분류

분야	기술구분	기술구분			중요도	비고
		기술구분	기술구분	기술구분		
반도체 조명(LED)	신뢰성	복합평가분석기술 표준화	광학광학평가 기술 수명평가 표준화	계통분석/고장분석 표준화	중	표준화
		생물학적 안전성	저비용 대면적 LED 평가법	양자 안전성 평가법	중	안전 기준 평가
반도체 조명(LED)	규격 및 시험인증	LED 발광 특성 측정	성능, 광공포	의도용, 특수 조명	중	국제 안전 시험 인증 기술
		시장규모	국내 1%/년	1%/년	1%/년	중
반도체 조명(LED)	시장규모	국내 1%/년	1%/년	1%/년	중	해외 시장 확대