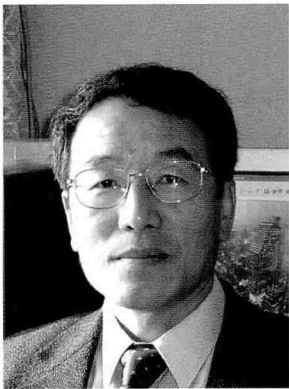


PHOTONICS COLUMN

한국광기술원 LED광원 개발현황

유영문 / 한국광기술원 LED·반도체조명연구사업부 / 부장



현재 조명용 LED 광원모듈의 세계시장규모는 약 200억불로 Osram, GE, Philips 등의 다국적기업이 시장의 70~80%를 독점하고 있으며, 국내업체는 기술력 부족 등으로 세계 시장진입을 못하고 있는 실정이다. 국내시장 규모는 약 6,000억원 규모로 약 80%이상을 Osram, GE, Philips 등으로부터 수입하고 있는 실정이다.

특히, 백색조명용 LED 광원모듈은 세계적으로 기술개발 단계이거나 시장진입 초기로서 동 개발제품의 기술을 국내업체가 이전해 온다면 반도체 조명시장 조기진입 및 세계시장 선점에도 크게 기여 할 것으로 예상된다. 우리나라에서도 차기 LED조명시장을 염두에 두고 한국광기술원을 중심으로 연구에 박차를 가하고 있다. LED/반도

체조명연구사업부가 개발한 2,500 루멘급 백색조명용 LED 광원모듈 시제품의 개발 성공은 백색조명용 LED 광원모듈의 핵심 원천기술 확보에 한 발 더 나아가 결과이며, 시제품 개발결과가 조명제품으로 이어진다면 2010년에는 3,000억원의 무역역조가 개선될 것으로 전망하고 있다. 또한, 국내 최초로 개발된 3mW급 380nm UV(자외선) LED는 위폐감지기, 살균기 등 의료·환경·바이오산업 등에 적용 가능하며, 조명용 백색 LED 제작을 위한 펌핑광원으로 활용이 가능하다. 아울러 20mW 급 380nm UV LED 개발이 완료되는 2008년에는 반도체조명산업과 의료/환경산업 등에 활용되어 약 연 10억불 이상의 수입대체 효과를 가져 올 수 있을 것으로 예상된다. 한국광기술원 LED/반도체조명연구사업부는 다양한 LED 광원 모듈의 연구개발을 통해 원천기술을 확보하고 LED광원 모듈의 국산화에 일익을 담당하고 있다.

1. LED (Light Emitting Diode)산업 현황 및 전망

LED는 전기 에너지를 빛에너지로 바꿔주는 광반도체 소자로서 트랜지스터에 버금가는 기술혁신으로 평가받는 차세대광원이다.

재료에 따라 적외선(IR), 가시광선, 자외선(UV) 등 폭넓게 발광이 가능하며, 특히 적, 녹, 청색(RGB)의 적절한 조합으로 16.7백만개의 총 천연색 구현이 가능하다. 1962년 미국에서 최초로 개발된 LED는 표시기 수준에 머물렀으나, 1990년 이후 기술의 급속한 발전으로 휘도가 향상되면서 사인, 시그널, 디스플레이 등 그 응용범위가 크게 확장되었다.

최근에는 통신, 정보, 의료, 환경 분야에도 활용영역을 확장해 나가고 있으며, 2010년부터는 가정용 일반 조명등도 LED로 대체가능할 것으로 기대되고 있다. 또한, 에너지 절감(백열전등 대비 80%, 형광등 대비 50% 절감), 친환경(무수은, CO₂ 저감, 폐기물 처리용이), 감성적 조명특성으로 인하여 LED는 "21세기의 빛"으로 평가받고 있다.

□ LED의 해외 시장 규모

2005년 LED 세계시장은 40억불로 지난 8년간 연평균 47%의 고성장을 지속중이다.

휴대폰용 LED 시장이 강세를 보여 왔으며, LCD 및 자동차용 LED 시장의 고속성장이 예상되고, 조명(illumination, lighting) 수요는 2007년 이후 급증이 예상되고 있다. 전세계 LED 공급은 일본 58%, 미국 15%, 독일 15%, 한·중·대만 3국 12% 점유하고, 수요측면에서는 아시아가 전체의 70%를 차지하고 있으며, 백색조명용 LED 광원모듈은 2010년 약 75~120억불의 조명시장을 창출할 것으로 예측되고 있다. (전체 조명시장의 약 10%)

□ LED의 국내시장 동향

휴대폰 키패드에 LED를 채용하면서 국내생산('03년 10,500억원)이 수입('03 8,255억원)을 초과하기 시작하였다.

국내 LED 칩 생산능력은 충분치 않아, 국내 중소 패키지 업체들이 대만 및 일본으로부터 칩을 수입하여 LED모듈을 제조하고 있으며, 우리나라 LED 시장은 휴대폰, LCD, 자동차 등 전방산업의 발달로 국내 시장이 성숙되어 있고, 반도체조명 시장진입 이후 2020년까지 지속적 고속성장이 예견된다.

삼성전기 및 LG 이노텍 등을 비롯한 국내 LED 업체들은 생산량 확대를 위해 시설 증설 투자에 박차를 가하고 있지만, 고휘도 LED 광소자, 고출력 패키지, 고성능 반도체조명 모듈 및 시스템 개발 등 체계적인 국제 기술경쟁력 확보가 절실하다. 일본, 미국 등 기술 선진국뿐만 아니라 대만, 중국 등 후발국에 대규모 국내외 반도체조명 시장을 상실할 우려가 있기 때문에 연구개발투자를 늘리고 있는 추세이다.

산업자원부는 광주 광산업 지역진흥사업 프로그램의 일환으로 한국

광기술원을 설립하였고, 원내에 LED/반도체조명 연구사업부가 조직되었다.

LED 소자 공정라인 구축, 반도체광원 시험생산기술지원 센터 설립, 반도체조명기술센터 설치 등 고급 LED 조명제품 개발을 위해 장비와 인력을 대거 확보하고, 반도체조명 시장의 선도를 위해 국내 30여 유력 LED 제조사들과 한국광기술원을 중심으로 "LED 특허컨소시엄"을 구성하여 원천기술개발, 독자특허 확보 등 국제경쟁력 확보를 위한 기술협력을 강화하고 있다.

□ 세계 조명산업 시장전망

유럽 시장조사기관인 General Industry analysis(2004년) 발표자료 등을 참조하면 세계 조명시장은 약 1,000억불 규모이며, 일반조명에 사용되는 백열등 및 형광등과 같은 광원의 세계 시장 규모는 약 200억불 이상일 것으로 예상하고 있다.

국내 시장의 경우 일반조명 시장은 2조원 규모이며, 그 중에서 광원 시장은 6,000억원 규모로 예상된다.

조명산업은 광원, 등기구, 안정기를 포함하는 각종 조명기기에 관련된 산업으로서 2003년도 기준으로 광원의 경우 약 2,000억원의 무역역조가 발생하였으며, 2010년에는 3,000억원으로 증가가 예상된다. (표1 참조)

▲ 표1 국내 조명산업 무역역조 현황

단위: 천달러

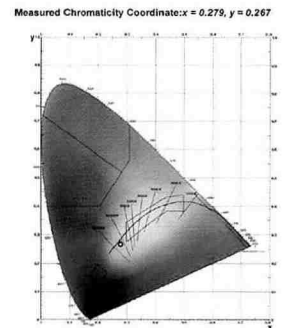
구분	광원		등기구		안정기		계	
	수출	수입	수출	수입	수출	수입	수출	수입
2000년	158,261	237,807	41,874	76,204	25,828	5,582	225,963	319,593
2001년	160,664	297,139	38,649	73,940	27,318	6,524	226,631	377,603
2002년	167,645	321,091	37,693	94,471	19,933	10,947	225,271	426,509
2003년	225,958	437,447	44,971	99,705	20,949	25,533	291,878	532,685

자료 : KOTIS 수출입 통계자료

2. 개발현황

□ 국내최초 2,500 루멘(lm)급 백색조명용 LED 광원모듈 개발

한국광기술원 연구진은 실내외 간접조명이나 자동차 전조등 등에 응용가능한 2,500 루멘(lm)급 백색조명용 LED 광원모듈을 국내 최초로 개발하였다. 금번에 개발한 LED 광원모듈은 세계 최고수준인 1 칼빈/와트(K/W) 이하의 열저항과 자동차 전조등으로 사용되는 할로겐등을 능가하는 루멘(lm)값을 가지고 있어서 경관조명 및 건축조명이나, 자동차 전조등 등에 활용이 가능한 제품으로 산업자원부가 광산업 육성을 위해 설립한 한국광기술원이 별도의 기술개발 사업비 지원



2,500 루멘급 백색조명용 LED 광원모듈 시제품설명

- LED 광원모듈을 제조하는 방법에는 크게 POB(package on board; 사진 3)와 COB(chip on board; 사진 1) 방식으로 나뉜다.
- 국내 대부분 조명업체들은 제품생산에 필요한 LED를 손쉽게 구할 수 있고, 기술적 접근이 용이하기 때문에 POB 방식으로 제조된 광원모듈을 이용하여 조명제품을 제조하고 있는 실정.
- 하지만, 기술적으로 차별화된 제품을 생산하기 위해서는 고집적화된 COB 방식으로 제조된 LED 광원모듈이 필요
- 고집적화를 통한 COB 방식의 LED 광원모듈을 제작하기 위해서는 방열 설계기술이 핵심기술이며, 이는 고난이도의 애로기술임.
- 금번에 개발 성공한 시제품은 COB 방식을 채택한 LED 광원모듈로서 세계적으로 극소수 기업만이 1,000 루멘급 이하의 제품을 판매 중
- * COB 방식의 백색조명용 LED 광원모듈 생산업체 : 미국 Lamina사, 대만 Edison Opto사 등
- 국내에서 COB 방식으로 2,500 루멘급 백색조명용 LED 광원모듈을 양산화 하는 경우 반도체 조명시장 조기 선점 예상됨.

없이 자체인력과 인프라를 활용하여 개발에 성공하였다.

특히, 2006년말에는 개발된 기술을 응용하여 4,000 루멘(lm)급 백색조명용 LED 광원모듈 완성되어 가정용 형광등을 대체할 수 있는 핵심 기반기술이 확보됨에 따라 2010년에 약 20억불 규모의 백색 조명

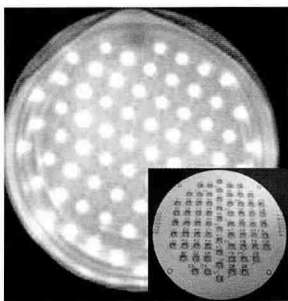


사진1

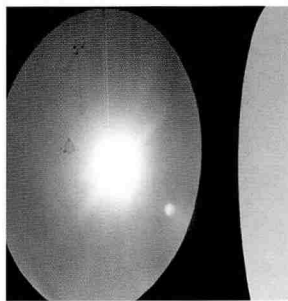


사진2

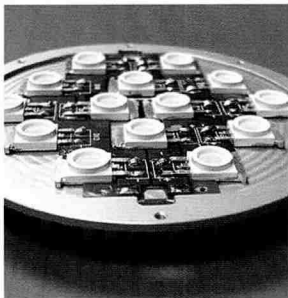


사진3



사진4

용 LED 광원모듈 세계시장을 선점할 수 있을 것으로 예상된다. 현재 지적재산권 확보를 위해 관련특허 2건(국내 1건, 미국 1건)이 출원 중

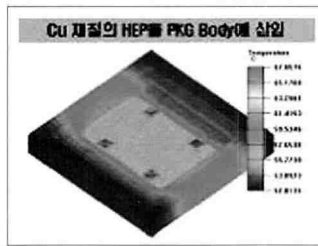
▲ 표2 2,500 루멘(lm)급 백색조명용 LED 광원모듈 시제품과 일반 백열전구 비교

	한국광기술원의 백색조명용 LED	일반 백열전구
총광선속 (lm)	2300	1440
소비전력 (W)	85	100
효율 (lm/W)	27	14
수명(hour)	>20,000	1,000

에 있다.

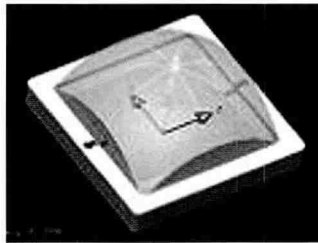
□ 국내 최초 3mW급 380nm UV(자외선) LED 개발

한국광기술원 LED소자팀 연구원에 의해 국내 최초로 반도체조명용



백색 LED 제작에 응용되는 UV(Ultraviolet · 자외선) LED의 3mW(밀리와트 · 1천분의1W)급 380nm(나노미터 · 10억분의1m) UV LED 칩이 개발되었다.

금번 개발에 성공한 UV LED 칩은 RGB 형광체의 펄핑효율이 좋은 400nm(가시광선과 자외선경계 파장) 미만 파장에서 발광(發光)하는



칩으로 성능은 세계최고인 일본 니치아화학(주)의 제품 성능과 대등한 수준이다.

UV(Ultraviolet · 자외선) LED는 400 nm 미만의 파장을 갖는 질화물계 재료를

이용한 발광다이오드로서 응용범위가 매우넓은 LED칩이다. (* 응용제품 : 위폐감지기, 살균기, 공기/수질 정화기, DNA 검출기, 고분자 응고기, 단거리 비밀통신 모듈 등)

UV LED는 Al(알루미늄) 첨가에 따른 양자효율 저하와 소자 내부의 광흡수 손실을 줄이기 위한 박막성장법이 핵심 기술로 세계적으로도 개발이 미진한 제품으로 우리나라에서는 삼성종합기술원과 LG전자기술원에서 백색 조명용 405nm 청자색 LED를 개발한 바 있으나 400nm 이하의 UV LED는 이번이 최초이며, 이 기술로 인하여 300

▲ 표3 380 nm UV LED 시제품 측정치

항목	측정치	항목	측정치
소비전력 (W)	5.36	연색성	78
총광선속 (lm)	71.71	발광효율 (lm/W)	13.37
색온도 (K)	5,136	지향각 (°)	131

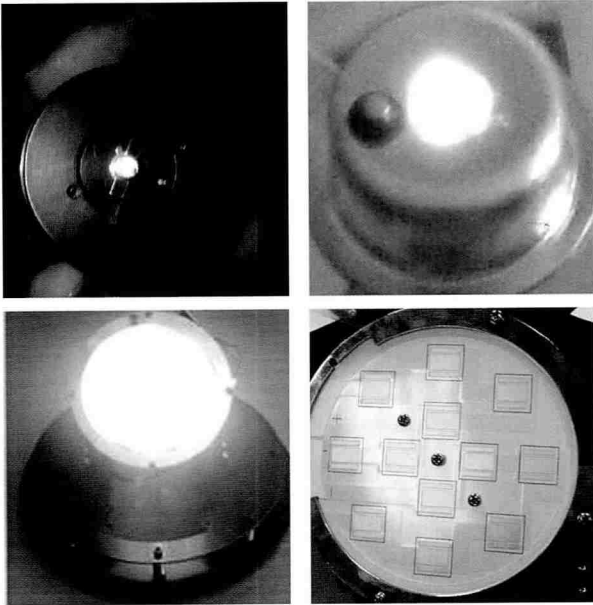


사진5. 한국광기술원이 개발한 380 nm UV LED 및 이를 기반으로한 백색 조명용 LED 광원모듈 시제품

nm 미만의 deep UV LED 기반기술이 확보되었으며 관련특허 3건이 출원되었고 6개의 특허를 출원 신청 중이다.

□ 고출력 카메라 Flash용 LED 모듈

한국광기술원에서 개발된 카메라 flash용 LED 패키지는 5.0x5.0x2.8mm로 매우 작은것이 특징이며, 카메라의 유효화각 범위 내의 유교광 비율이 50% 이상 증가되고, 향후에는 디지털 카메라의 Flash용으로 사용 가능한 LED모듈이다.

○ 카메라 Flash LED 패키지 모듈 사양

- 초소형 슬림 패키지 5.0 x 5.0 x 2.8 mm
- 고출력 광학 설계 패키지
- 45 렉스(lux) 이상의 플래쉬 조도
- 색온도 조절 가능 (4000K~6000K)

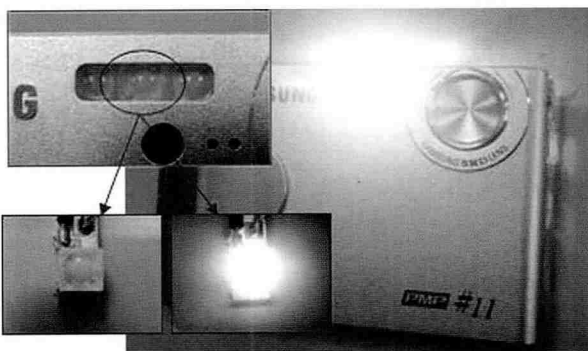


사진6. 디지털카메라에 적용한 카메라 Flash LED 패키지 모듈 시제품

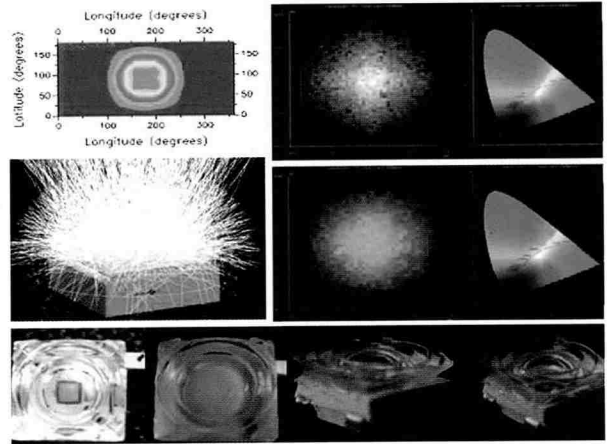


사진7. 카메라 Flash LED 패키지 모듈 시제품의 특징 및 측정치

관련 용어설명

○ 루멘(lumen; lm) : 광원으로부터 방출되는 빛의 양. 예를 들어 자동차 전조등으로 사용되는 할로겐등은 2,000 루멘 이상이며, 가정용 형광등은 3,000 루멘 이상임.

○ 반도체조명 산업 : 기존의 백열등이나 형광등 대신 LED를 광원으로 삼아 조명제품을 만드는 산업. 따라서 기존의 조명산업과 구별하기 위해 신조명산업이라고도 함.

○ LED 광원모듈 : LED를 조명용 광원으로 사용하기 위해서는 반드시 모듈화 기술이 필요하며, 그 핵심기술은 패키지 재료를 바탕으로 한 방열설계 기술로 LED 광원모듈은 LED를 이용한 조명제품을 만들기 위해서 꼭 필요한 핵심 부품.

○ 열 저항 : 방열설계 기술의 수준을 나타내는 척도로서 물리적 단위는 켈빈/와트(K/W)로 나타냄. 작은 값을 가질수록 기술 수준이 높으며, 본 시제품의 열저항 값인 1 K/W는 세계적 수준임.

○ 루멘/와트(lm/W) : 광원의 전기 에너지를 빛 에너지로 변환하는 에너지 효율. 가정용 형광등의 경우 90 lm/W 이상이 되어야 고효율로 인정되어 상품화 가능하며, 2006년도 말에 개발이 완료되는 4,000 루멘급 LED 광원모듈의 경우 50 lm/W정도의 효율

○ RGB : 적녹청색(red, green, blue)

○ UV(자외선) : 인간의 눈에 보이지 않는 100 nm~400 nm 범위의 빛의 파장

○ nm(나노미터) : 10억분의 1 미터 (10⁻⁹ m)

○ mW(밀리와트) : 광원의 출력 단위 (1000분의 1 와트)

○ lm/W(루멘 퍼 와트) : 광 효율을 나타내는 단위로서 가해준 단위 전력 당 방출되는 광의 세기