

## 1. 서론

모든 빛은 높은 에너지 상태에서 낮은 에너지 상태로 떨어지는 전자(electron)의 발광결합에 의해 발생한다. 일반적으로 조명기술의 발전역사는 전자의 발광결합을 얼마나 더 효율적이고 편리하게 하는가에 관한 묘사이다. 인간의 생활과 밀접한 조명기술은 지난 150년간을 제외하고는 기본 기술의 부족으로 발전 속도가 극히 느려서 대부분의 사람들은 일생동안 눈에 떨어진 조명기술의 발전을 보지 못한 채 생을 마감하였다. 조명기술의 혁신은 1960년대에 전혀 다른 개념의 발광체가 등장하면서 시작되었다. 일부 반도체에서 전기에너지를 받으면 빛에너지로 천이되어 발광한다는 사실은 그 이전부터 관찰이 되었으나 1962년 미국 GE사에 의해 적색 LED(light emitting diode)가 개발되면서 새로운 조명역사가 씌어지기 시작하였다(1). 이후

를 갖는데 칩 사이즈가 작고 지향성 광원이기 때문에 부품 및 모듈의 슬림화가 가능하여 디자인의 유연성이 매우 높다. 이런 장점은 자동차, 건축, 인테리어 등 디자인을 중요시하는 산업에서 빠른 속도로 기존의 전구형 광원을 대체해 가고 있는 실정이다. 전기신호에 대한 응답성도 매우 뛰어나 수십 나노( $\sim 10^{-9}$ )초 단위의 고속응답 속도를 가지므로 on-off 스위칭이 기존 램프에 비해 훨씬 빠르다(백열전구는 0.15초의 스위칭 속도를 갖으며 형광등은 이보다 더 느리다). 이러한 특성은 전광판의 스피디한 동영상을 가능하게 하거나 LCD 백라이트로 채택할 경우 잔상을 없애주는 장점으로 작용한다. LED는 뜨겁지 않은 냉광원이므로 오염물질 및 유해가스 열분해에 의한 일산화탄소 발생이 전혀 없고 무수은 광원이므로 폐기물 처리가 간편한 환경친화적 광원이므로 미래형 광원에 매우 적합한 제품으로 평가받고 있다. LED는 뜨겁지 않은 냉광원

## 특집 II

# LED의 기초와 응용

백종협, 황남, 송상빈, 조용익, 유영문\*

30년 동안 LED의 기술진보는 미미하였으나 1990년대 초부터 중반까지 청색(2), 녹색, 백색 LED가 연이어 개발되면서 충전연색 구현이 가능하게 되었고 이에 따라 응용산업이 급속히 팽창하였다. LED 기술과 성능의 빠른 발전으로 반도체조명산업이 태동되고 있는데 과거 일반 조명등은 대부분 텅스텐 필라멘트를 이용한 백열전구였지만 에너지 효율이 높은 형광등으로 대체되었고 거리의 가로등은 가스 방전등을 채용하게 되었다. 그러나 이러한 모든 조명등은 이제 고휘도 LED에 의해 바뀌는 시기에 놓여있으며 이미 틈새시장에 LED가 활용되고 있다.

LED의 특징은 반도체가 갖는 고유의 물성 특성에 기인한다. 우선 기술적인 측면에서 보면 반도체는 전기 전도성이 그다지 좋지 않고 발광층이 빛을 흡수하는 역할을 동시에 하기 때문에 칩 크기에 제약을 받는다. 현재 상용화된 LED 칩의 경우 보통 0.3 mm~1 mm 정도의 크기

이므로 오염물질 및 유해가스 열분해에 의한 일산화탄소 발생이 전혀 없고 수은을 사용하지 않는 환경친화적 미래형 광원으로 평가받고 있다.

서기 2015년 일반 가정집에서는 침실, 주방, 거실, 서재마다 각기 다른 형태의 조명등을 보게 될 것이다. 침실에서는 아늑하고 따뜻한 색온도를 갖는 조명, 주방에서는 식욕을 돋우고 안전사고를 방지할 수 있는 조명, 거실에는 자유롭고 편안한 분위기의 조명, 서재에는 집중력을 높일 수 있는 조명등이 켜질 것이다. 병원 입원실의 조명등도 환자의 건강과 심리상태를 고려한 특수조명등이 설치될 것이다. 인간의 생활과 연관되어 감정과 분위기를 연출할 수 있는 이른바 감성조명의 시대가 열릴 것이다. 이러한 인간친화적인 조명등은 가정뿐만 아니라, 사무실, 병원, 거리를 모두 채울 것이며 이 모든 것들은 디지털 제어가 가능한 LED에 의해 실현될 것이다.

\* 한국광기술원 LED/반도체조명연구사업부장 ymyu@kopti.re.kr

## 2. LED 소자의 기초와 응용

### 2.1. LED 기초이론

백열전구는 필라멘트의 전기저항에 의한 백열현상을 조명으로 이용하는 방식이고 형광등은 전자와 수은입자의 충돌에서 발생하는 자외선으로 형광체를 여기 시켜 백색 광원을 만들어 내는 방식이다. 이에 반해 LED는 전기에너지를 빛에너지로 변환시켜주는 광반도체를 이용한 광원이다. 이 소자는 기본적으로 p형 반도체와 n형 반도체의 이종접합 구조를 가진다. 고체상태의 발광층에서 전자의 천이에 의해 잉여 에너지가 방출되는데 이것이 광자의 형태를 띤 빛 에너지이다. 이때 방출되는 빛의 파장은 발광층 재료의 종류에 의해 결정되어지며 적외선(IR)-가시광선(visible)-자외선(UV)까지 폭넓은 범위에서 선택 가능하다(그림 1).

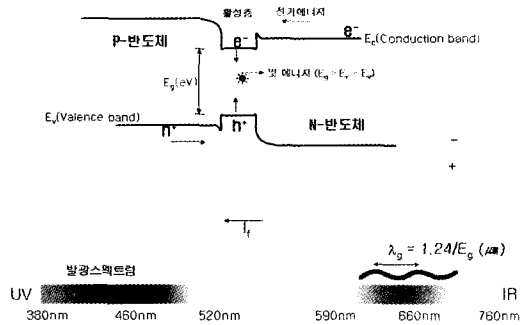


그림 1. 에너지 천이에 의한 빛에너지 방출과 방출된 파장에 따른 색상

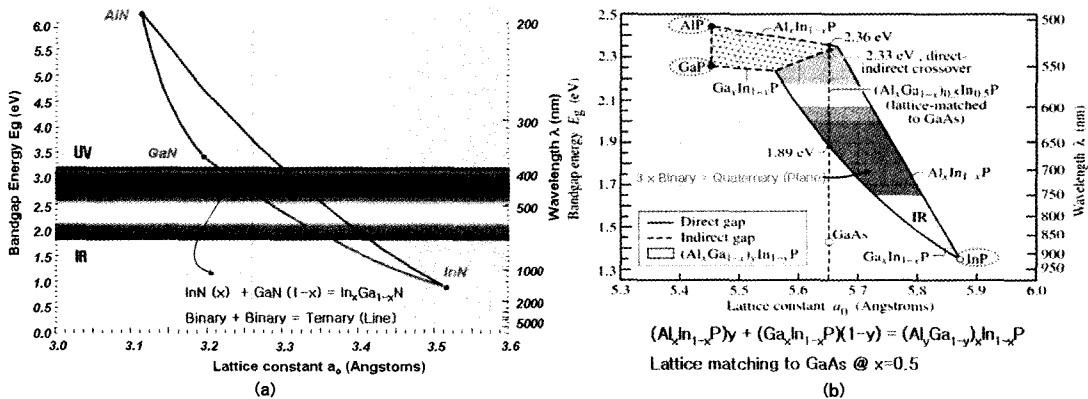


그림 2. (a) GaN 기반 반도체 재료와 (b) GaAs 기반 반도체 재료의 에너지갭과 격자상수

LED 구조에 사용되는 대표적인 재료는 III-Nitride(질화물) 계와 III-V 계열의 반도체 재료이다. 이론적으로는 두 재료가 갖는 발광범위는 매우 넓으나 현재의 기술적인 제약으로 인해 질화물계 LED는 GaN를 기반으로 자외선(UV)에서 녹색까지, III-V LED는 GaAs 기반으로 황색에서 적외선(IR)까지 구현 가능하다(그림 2).

발광파장은 3원화합물 또는 4원화합물로 조성을 제어하여 결정할 수 있는데 기판과의 격자상수와 비슷한 범위에서 조절해야 한다는 한계가 있다. 기본적으로 LED의 성능은 발광층을 구성하는 재료의 발광효율에 결정적으로 좌우되기 때문에 고품위 재료의 성장과 구조설계가 매우 중요하다. 이를 위해 격자구조가 비슷한 기판을 LED 구조의 성장용으로 사용하게 되는데 현재 질화물계 LED용 기판으로는 사파이어 기판과 SiC 기판을 사용하며 III-V 계열의 LED용 기판으로는 GaAs가 사용되고 있다. 적색 및 황색 LED용 격자정합 기판인 GaAs는 성장된 에피층과의 구조적 결함이 거의 없기 때문에 LED 성능은 칩 제조공정에 많이 좌우되는 반면 질화물계 LED는 기판과 에피층간의 격자상수 차이로 인하여 구조적 결함이 많이 발생한다. 따라서 질화물계 LED의 경우 에피성장 기술이 핵심기술이라고 할 수 있다. 한편, 고품위 에피를 위해 동종기판인 GaN가 개발되고 있으나 기술적, 경제적으로 상용화가 미성숙되어 LED에 적용하기에는 시기적으로 이른 감이 있다. 부도체인 사파이어 기판 대신 유사 구조를 갖는 Si(111), ZnO,  $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $\gamma$ -LiGaO<sub>2</sub>, ZrB<sub>2</sub> 등이 개발 중이지만 이 역시 기판제조 기술 또는 에피성장 기술이 실험실 수준에 머물러 있다(그림 3).

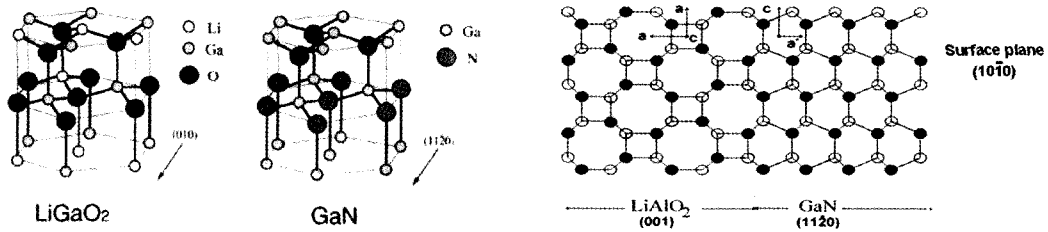
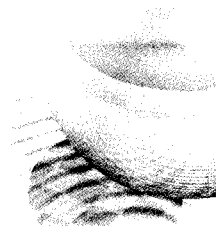


그림 3. Oxide 기판과 GaN 에피층의 격자구조 비교 (GaN 에피구조와 같고 특정 방향으로 격자상수가 거의 일치한다.)

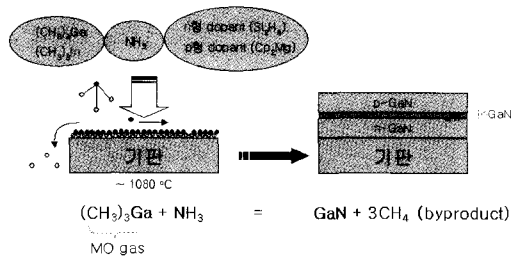


그림 4. 질화물계 LED 성장을 위한 MOCVD 반응 메커니즘

이들 기판들은 사파이어에 비해 특정방향으로 격자상수가 거의 일치하고 도전성 기판 또는 열전도가 좋다는 장점을 갖고 있으며 특허회피 기술이라는 매력을 갖는다. 특히 Si 기판은 저가형 대형기판이라는 것과 우수한 물성 특성의 외 Si 만이 갖는 집적회로 기술과 결합될 경우 또 다른 시장을 창출 할 수 있는 유망한 기판으로 평가되고 있다.

## 2.2. 에피성장 기술

Epitaxy는 epi(on)와 taxy(arrangement)의 합성어로 서 기판위에 동일한 격자구조를 갖는 박막을 물리적 또는

화학적 방법을 이용하여 순차적으로 성장시키는 방법이다. MOCVD(metal organic chemical vapor deposition) 방법은 III족의 MO 가스와 V족의 hydride 가스가 고온에서 반응하여 III-V 고체상태의 화합물반도체를 성장시키는 방법으로서 가스의 종류와 유량을 제어하여 원하는 재료를 박막형태로 성장하게 된다(그림 4).

기판과 에피층의 물리적 성질이 다름에도 불구하고 질화물계 LED의 기술혁신이 일어난 것은 저온 버퍼층 성장 기술에 있었다(그림 5). 이는 500℃ 부근의 저온에서  $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) 핵 생성층(nucleation layer)을 얇게(20~30 nm) 형성한 뒤 온도를 올려 스스로 합체화(3D 성장) 되게 한 후 에피성장의 기본패턴인 계단성장(2D 성장)으로 진행되게 하는 방법으로서 현재는 질화물 에피 성장의 보편적 기술이 되었다[3].

버퍼층 위에 순차적으로 n-층, 활성층(발광층), p-층의 구조를 성장시켜 p-n 다이오드 구조를 형성함으로써 칩 구조가 완성된다. 활성층으로는 효율을 높이기 위해 일반적으로 다중양자우물구조(multiple quantum well: MQW)를 삽입하는데 우물층과 장벽층의 조성 및 두께를 제어하여 원하는 파장을 방출한다. 도핑 원료로는 n-형의 경우 Si이 가장 많이 사용되며 p-형의 경우 InGaAlP계

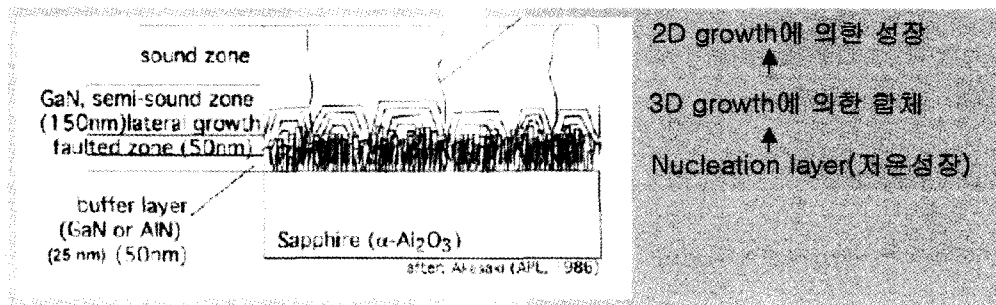


그림 5. 저온 버퍼층 성장의 단계

# LED의 기초와 응용

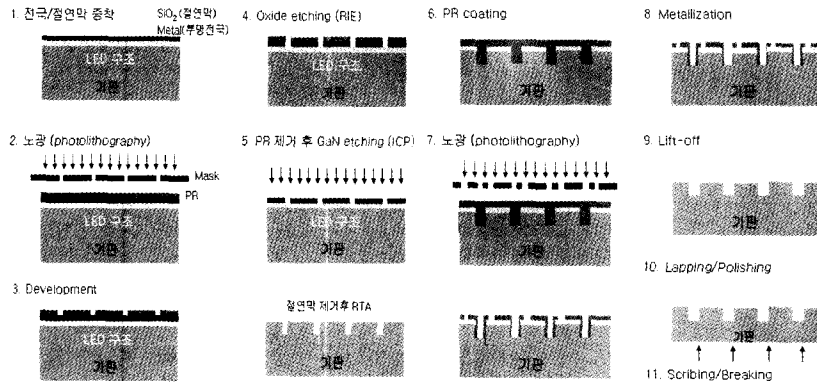
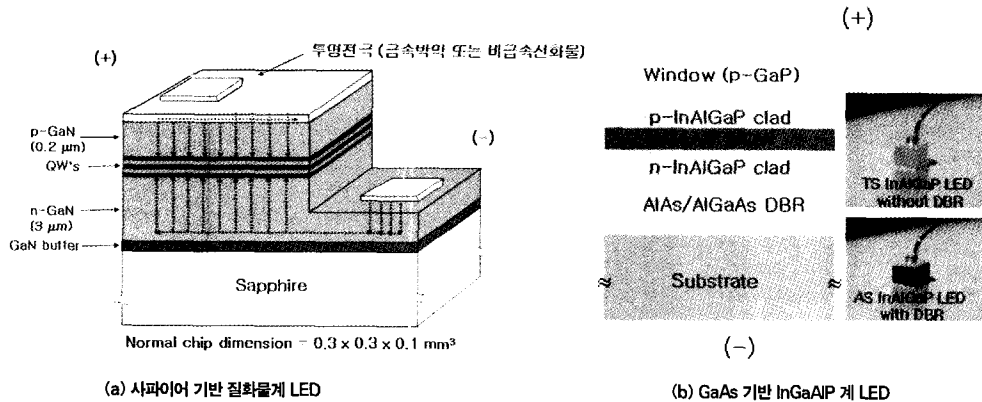


그림 6. 질화물계 LED 칩 제작공정



(a) 사파이어 기반 질화물계 LED

(b) GaAs 기반 InGaIP 계 LED

그림 7. 완성된 LED 칩 기본 구조

재료에서는 Zn, Mg 또는 Te, 질화물계에서는 Mg이 주로 사용되고 있다. 질화물계에서 Mg의 활성화가 충분치 않아 p층 저항이 높은 문제가 있는데 이는 성장분위기 중의 수소가 억셉터 도핑 물질인 Mg과 결합하여 Mg-H 복합체를 형성하며 전기적으로 불활성된 결정이 형성되기 때문이다. Mg-H 결합을 끊어주기 위해 아카사키 교수에 의해 LEEBI(low-energy electron beam irradiation) 방법이 처음 시도되었고 후에 나카무라 박사에 의해 시도된 고온 열처리 방법으로도 큰 효과를 보게 되면서 비로소 청색 LED의 개발이 완성되었다.

## 2.3. LED 칩 제조공정

1mm 이하의 작은 사이즈로 제작되는 LED 칩은 일반적으로 노광(photolithography), 식각(etching), 금속전극 증착(metallization), 후가공 등의 정밀 단위공정을 거

쳐서 완성된다(그림 6).

질화물계 LED에 사용되는 사파이어 기판은 부도체이기 때문에 에피층에서 p, n 전극을 모두 해결해야 하며 p층의 저항이 매우 높기 때문에 투명전극이 필요하다. 반면에 GaAs 기반 LED는 기판이 전도성 재료이기 때문에 상하 수직방향으로 전류를 흐르게 하는 등 두 가지 형태의 LED 칩 구조는 조금 다르지만 최근에는 질화물계 LED에도 기판 분리방법 후 수직형으로 전류를 흐르게 하는 등 비슷한 구조의 공정이 개발되고 있다(그림 7).

LED 칩의 성능은 주입된 전기에너지 대비 방출되는 광 에너지의 비로 평가된다. 전기회로의 손실을 제외하고 부품단위의 공정이 이루어지기 전 순수 칩의 성능은 외부양자효율로 표시되며 이는 다음과 같이 표시된다.

$$\text{외부양자효율} = \text{내부양자효율} \times \text{광 추출효율} \times \text{전류 주입효율}$$

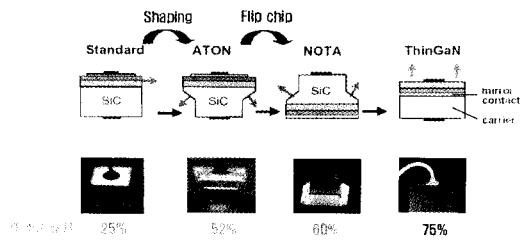


그림 8. 칩 공정에 따른 광 추출효율. 자료: 오스람유도반도체

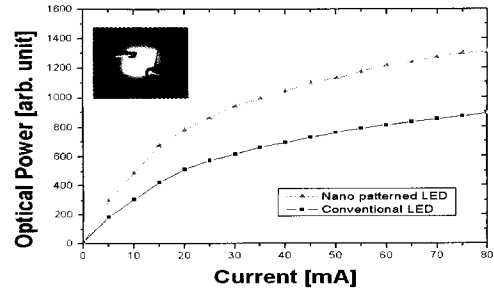


그림 9. 나노패턴이 형성된 LED의 휘도 증가. 자료: 한국광기술원

내부양자효율은 에피성장 단계에서 결정되는 인자로서 성장되는 재료의 결합방지와 물질의 순도가 중요하게 작용한다. 전류주입효율은 외부 전원으로부터 반도체 내부로 전자가 주입되는 효율로서 에피성장과 전극공정에 동시에 좌우되는 인자이다. 광 추출효율은 칩 내부에서 발생된 광자를 외부로 최대한 탈출시키기 위해 중요하게 고려되는 인자이다. 광 추출효율을 향상시키기 위해서 칩 shaping, 플립칩, 수직형 칩 공정 등 여러 가지 방법들이 시도되고 있는데 결국 내부에서 발생하는 광자들을 외부로 최대한 추출시키기 위한 목적이다(그림 8). 최근에는 나노공정 기술을 접목하여 높은 효율을 보여주는 결과들도 발표되고 있다(그림 9).

### 3. LED모듈의 기초와 응용

고효율 LED 모듈 패키징은 LED 광원을 용도에 맞게 유효광원으로 최적화하는 기술로서 패키지 크기를 최소화하며 제조원가를 낮출 수 있는 공정기술을 필요로 하고 있다. LED 모듈 패키지 설계는 열해석에 따른 패키지 구조 및 방열설계, LED 광원의 방향 및 배광 조절을 위한 광학 설계로 이루어진다. LED 모듈의 기본적인 패키지 형태는 그림 10과 같이 SMD(Surface Mount Device)와 COB(Chip on Board)로 구분되며 고출력 고집적 LED 모듈은 COB 패키지 형태가 주종을 이루고 있다. 이러한 LED 모듈 패키지는 그림 11과 같이 기본적인 다이본딩 및 와이어 본딩 공정 후에 몰딩 과정을 거쳐 광원모듈로 완성된다. 특히 봉지제 몰딩 공정은 광특성을 고려한

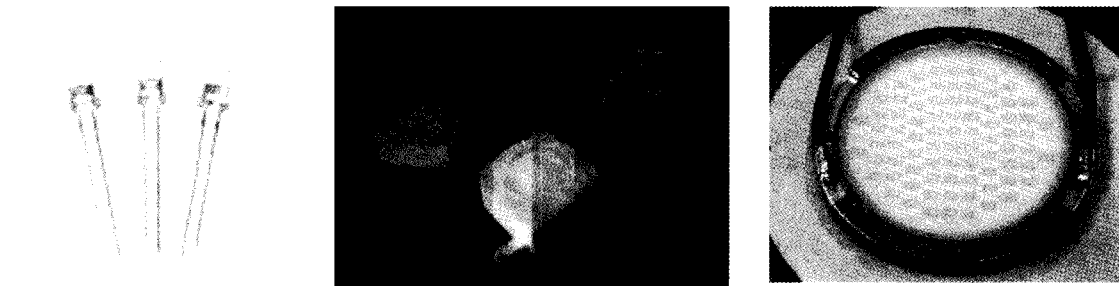


그림 10. LED 모듈 패키지 종류: 램프형(左), SMD형(中), COB형(右)

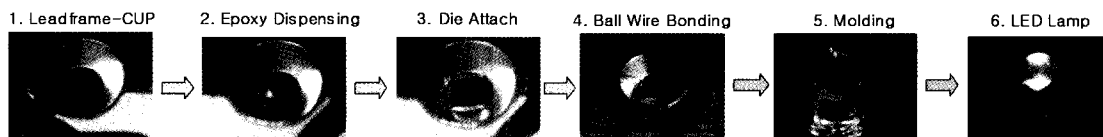


그림 11. LED 램프형 패키지의 기본 흐름도

# LED의 기초와 응용

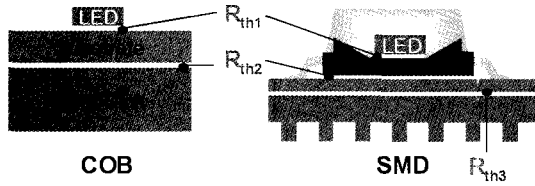
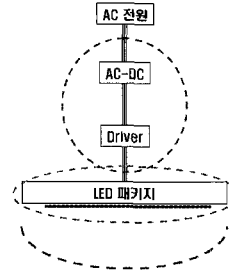


그림 12. COB와 SMD 패키지 비교



효율 (%)	최고	최저
전기	90	80
열	90 (65°C)	85 (100°C)
광학	85	75
전체	69	51

그림 13. LED 모듈 패키지 설계 효율

LED 광원모듈 패키지만의 공정으로 형광체를 배합 적용한 광색조절 기능 및 배광조절을 위한 기본 광학계 구조 형태를 갖도록 한다. COB 패키지는 SMD패키지보다 그림 12에서와 같이 기본적인 패키지 구조에서 열전달 면이 적은 방열구조로 연결되어 있어 열특성이 20% 이상 개선할 수 있다는 장점이 있으나, 다양한 응용분야에 따라 램프(1W급 이하의 신호용), SMD(1~5W급 가전용), COB(5W급 이상의 고출력 조명용) 타입의 패키지 들이

LED 모듈의 패키지 특성에 따라 적용되고 있다. LED 광원 모듈 패키징 기술은 LED 칩의 광속을 패키지 상태로 시스템에 적용할 수 있도록 제작하는 것으로 LED 광원 모듈의 패키지 설계 효율은 LED 칩을 기준으로 전기, 열, 광학적인 구동조건에 따라 그림 13과 같이 50~70%정도 활용할 수 있다.

최근에 발표된 가장 높은 효율의 LED는 Nichia사에서 개발한 150lm/W급의 LED이며 이 광속효율은 실험실

표 1. COB 패키지 형태의 LED모듈 응용제품 및 주요성능.

제조사	제조국	대표적 COB 패키지	주요성능	비고	참조
Lamina Ceramics	미국	BL-2000	108lm (white light 5500K)	LTCC-M (CTE: 6ppm/°C)	(4)
Innovations in Optics	미국	LumiBright	203lm @ 2.15A 20° or 41°	Non-imaging CPC	(5)
StockerYale	미국	COBRA	175,000lux@8.3W 125mm line	고속스캔용	(6)
TIR Systems	캐나다	LEXEL	0-1000lm/35W 2700K~6500K	50,000 hours no degradation	(7)
Enfis	영국	UNO	360lm/18W 0.7cm <sup>2</sup>	Power Package: 5W/cm <sup>2</sup>	(8)
Osram OptoSemiconductors	독일	Ostar	420lm/15W (lens) 6 LEDs	Golden Dragon (SMD)	(9)
Opto Technology	독일	Shark	250mW (50 UV LEDs)	TIR lenses & CPC reflectors	(10)
Vossloh-Schwabe Optoelectronics	독일	LJ series	370lm/12W 60 LEDs	12 X 300 mm <sup>2</sup> 30lm/W	(11)
Tridonic Atco	오스트리아	Power LED EOS	840lm@0.7A 30 X 30 mm <sup>2</sup>	12 white HP LEDs	(11)
Sololuce	이태리	Power Giant	560lm/15W 5 X 28 mm <sup>2</sup>	16 large-area HP LEDs	(12)
NeoPac	대만	NeoBulb	500lm/20W 0.49 cm <sup>2</sup>	16 HP LED sMicro-heat pipe	(13)
Lednium/Optek	호주	Turtle	250lm/10W 33 X 33 X 8mm <sup>3</sup>	3D packaging	(15), (16)

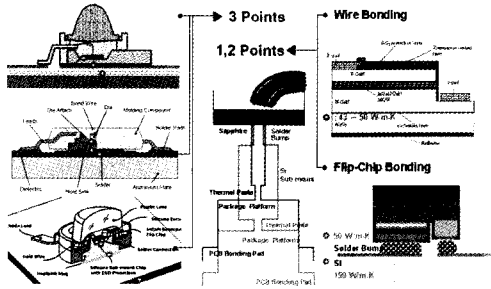
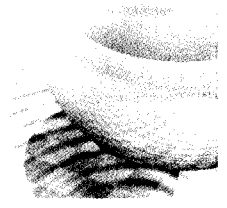


그림 14. 패키지 및 칩 구조에 따른 열 영향 저해 요소

수준의 수치로서 이러한 LED 칩들은 2년여 간의 양산화 공정을 거쳐 상용화된다는 것을 감안할 때 2010년경에는 75~105lm/W의 LED 모듈이 상용화 가능할 것으로 사료된다. 이러한 LED 모듈 COB 패키지의 응용제품별 제조현황 및 성능은 표 1과 같다.

### 3.1. LED모듈의 열설계

고출력 발광 다이오드는 900cm<sup>2</sup> 넓이 및 31W/cm<sup>2</sup>의 열 선속을 가진 중앙연산장치(CPU)와 같은 일반 미세전자 소자에 비하여 3.5배, 일반 백열전구의 5,000배 이상의 열 선속을 가진다. LED 칩의 궁극적인 목표인 200lm/W에서 외부 양자 효율은 50% 수준에 불과하며 이는 1W의 고출력 광원에 있어서 50% 이상이 열 에너지로 전환되어 LED 시스템 외부로 방출을 시켜야 한다. 그러나 양자우물구조로 이루어진 능동층(active layer)에서 발생된 열이 원활히 방출되지 않으면, 온도가 증가하게 되고, 캐리어(carrier)들의 격자 산란(lattice scattering)이 증가하게

된다. 이에 따라 전자의 이동도와 순방향 전압과 전류의 크기를 감소되며, 정공과의 결합과 재결합이 감소하게 되므로, 광 출력의 저하 및 파장 이동의 주요 원인이 된다. 따라서 LED 내의 양자우물 구조로부터 최대의 빛을 추출하기 위해서는 접합 온도(junction temperature)를 일정 이하로 관리하기 위한 방열 대책이 필요하다. 그림 14는 패키지 및 칩 구조에 따른 열 방출 영향 요소에 관한 그림이다. 패키지와 PCB에서 열전달 효율에 영향을 미치는 요소로서, LED 내에서는 에피 성장을 위한 캐리어 웨이퍼(carrier wafer), 플립칩 및 공용(eutectic) 접합부, 서브마운트의 구조와 접합 방법 및 재료이며, 패키지에서는 LED 칩과 패키지의 접합부, 패키지의 재료와 구조, 패키지와 PCB의 접합부 및 PCB의 재료와 구조이다. 열 방출 특성을 높이기 위해서는 LED의 전극 구조에 따라 패키지 및 모듈의 구성 재료와 구조에 대하여 전도성과 열전도도를 특성화 하여 단위 시간 당 열의 방출량을 최대화 할 수 있다. 그러나 열전도도가 높은 재료는 열팽창 정도의 크기가 증가하게 되어 열팽창 계수 비정합에 의한 신뢰성 문제가 발생할 가능성이 높다. 그림 15와 같이 패키지내의 금속 슬러그와 고열전도성 접합체의 열팽창 계수가 5배 이상 차이가 나고, LED가 주기적으로 구동하게 되면 금속 슬러그의 냉각 및 가열 속도가 접합체 보다 빠르게 변화하게 되어 열적 피로(thermal fatigue)가 누적 되고, 열응력으로 인한 접합부의 떨어짐(De-bonding) 또는 변형(creep)에 의한 깨짐(crack) 등이 발생하게 된다. 또한 탄망 온도가 낮은 저온 무연 솔더 또는 유연 솔더를 이용한 공용 접합은 소성 변형을 증가 시키는 원인으로서 금속 접합된 LED의 금속 패드에 깨짐을 전파하게 되며, 결

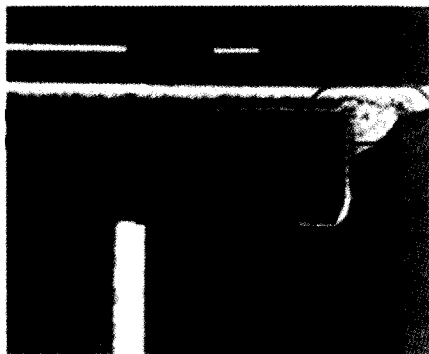


그림 15. 열적 피로에 의한 변형(creep) 및 파손(crack)

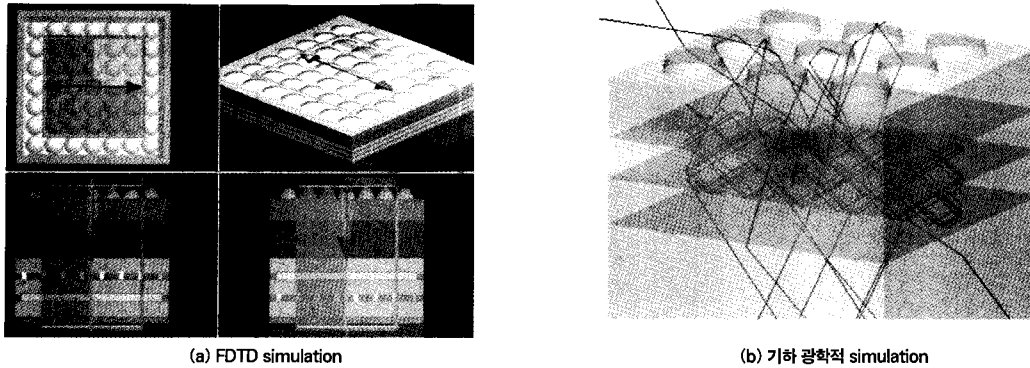


그림 16. LED 광원 패키지의 simulation 실험

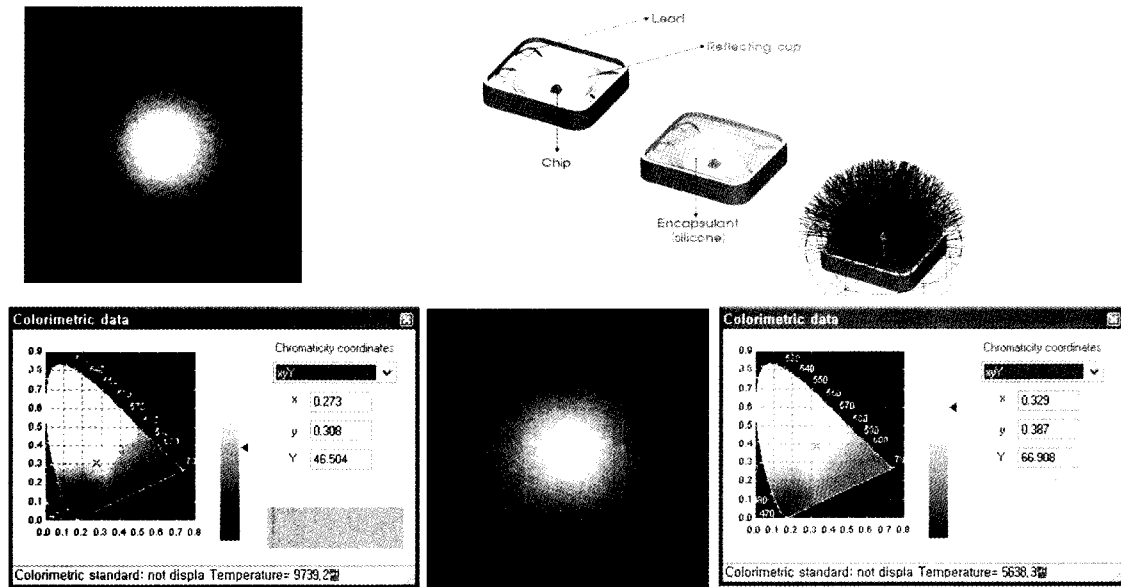


그림 17. LED 모델링 및 형광체 simulation 결과

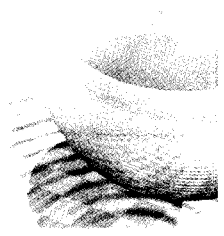
국 LED 칩을 파괴하는 원인이 된다. 따라서 고효율의 광추출을 위해서는 LED에서 발생된 열이 포화되지 않도록 열 저항을 낮추는 것이 최우선이지만, 열 방출 경로상의 고열전도성 접합 구조와 매질의 특성에 따른 열 피로 누적에 의한 응력에 의한 패키징 및 패키지 손상을 고려해야 한다.

### 3.2. LED모듈의 광학설계

LED의 효율이나 성능을 다양한 형태로 이야기 할 수 있지만 결과적으로 보면 광효율 향상이라는 목표로 귀결 지

어 지게 된다. Chip에서의 광추출 향상을 위한 patterning, shaping의 기하학적 모델링이 마이크로 또는 서브 마이크로 영역에서 수행되어지고 있고, 패키지에서도 봉지 물질의 기하학적 형태나, 고 굴절률 봉지재의 개발, 고 반사율을 갖는 패키지 재료의 선정, 패키지 형태의 최적화를 통한 최적의 광학성능을 목표로 개발이 진행되고 있다. 그러나 기존의 기하 광학적 입장에서 바라보던 광의 입장이 LED와 같은 반도체 광원의 적용에 따라 microscope한 영역으로 급속도로 진행되어 감에 따라 그림 16과 같이 기하광학의 한계들이 드러나고 있다. LED의 제작공정이 갈수록 복잡해지고, micro 영역을 넘어서 nano scale로 진행





되어짐에 따라 연구의 방향도 기하광학의 범주를 벗어나 파동 광학적 접근을 하지 않을 수 없게 하고 있다. 실제로 광추출 효율 향상을 위해 적용하고 있는 PSS(Patterned Sapphire Substrate)나 PC(Photonic Crystal)와 같은 경우에 그 크기가 수 마이크로에서 나노사이즈에 이르고 이에 대한 설계와 평가를 위해 기존의 기하 광학적 입장에서 평가는 그 효용가치를 잃고 있다. 이를 보완하기 위해 최근에 LED에서도 전자기파의 입장에서 평가하는 연구들이 활발히 수행되고 있다. 이에 대한 연구는 좀 더 정확하고 효율이 향상된 LED의 설계에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

백색광원을 구현하기 위해 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 청색 LED + 황색형광체의 최적화를 위해 고효율 형광체의 개발과 더불어 형광체의 back scattering과 같은 광효율 감쇠 효과를 최소화하기 위해 그림 17과 같이 패키지 재료의 광학적 후처리에 대한 simulation 및 실험 결과들도 발표되고 있다.

LED의 용도가 기존의 조명을 빠른 속도로 대체해 감에 따라 그 용도에 맞는 LED 패키지의 구조는 매우 중요한 의미를 갖고 있다. 이를 위해 좀 더 작은 size 내에서 높은 효율을 얻을 수 있고, 원하는 광학 사양을 만족하는 패키지의 구조적인 설계와 재료의 개발이 병행 되어야 할 것이고, 이를 뒷받침 할 수 있는 신뢰성이 확보된 공정기술 또한 LED 신조명 구축에 필수적인 요소가 될 것이다.

## 4. LED 조명 설계 및 응용

### 4.1. LED의 기본 특성

미래 조명 기술은 광원의 고효율 및 장수명화와 소형·박형화를 실현하여 조명기구와 일체화를 이루어 심플하고 인간의 심리생리적 요소를 감안한 Smart lighting을 구현하는 기술로 발전하고 있다. 이러한 광원의 발전 요소를 구비하고 있는 신광원으로는 무전극방전램프, CNT, LED OLED 등이 있으며, 현재 150lm/W의 고효율을 실현하고 소형·박형화가 유리한 LED가 미래 광원으로 주류를 이룰 것으로 예상하고 있다[17].

이러한 LED를 기존 광원과 비교하면 다음과 같은 특성이 있다.

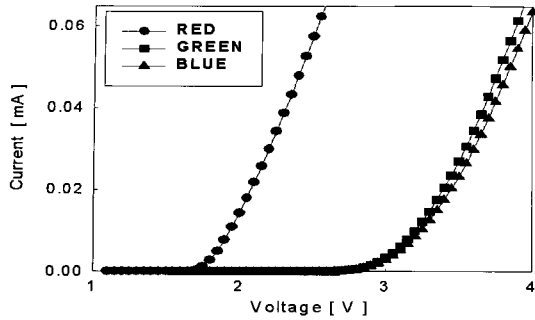
- (가) 광변환 효율이 기존 광원 보다 높으며, 에너지 소비량이 매우 적음(백열전구의 10분의 1, 형광등의 2분의 1)
- (나) LED크기가 소형이고 전력소비가 매우 적으며 제어 방식(DC구동)이 단순하여 복잡한 구동회로가 필요하지 않기 때문에, 광원 및 시스템의 소형화, 박형화, 경량화를 이룰 수 있음
- (다) 다른 광원과 달리 필라멘트나 전극이 없기 때문에 수명이 장수명이고 충격에 강하고 안정적이기에 반영구적으로 사용할 수 있음(약 10만 시간의 수명시간)
- (라) 방전등처럼 수은이나 방전용 가스를 사용하지 않기 때문에 환경친화적임
- (마) 고체발광으로서 열 및 가스방전 발광이 아니기 때문에 예열시간이 필요 없으며 점·소등 속도가 매우 빠름(수 10<sup>9</sup>초)
- (바) 안정적인 직류 점등방식으로 소비전력이 적고 반복성 펄스 동작이 가능하며 시신경의 피로를 감소시킬 수 있음
- (사) 서로 다른 광색과 특성을 가진 LED를 조합하여 다양하고 다이나믹한 광원의 모양과 광색을 표현할 수 있음(인텔리전트 조명 광원으로 사용 가능)
- (아) 단점 : 높은 휘도에 의한 눈부심 발생, 주위온도 및 자체발생에 열에 취약, 좁은 배광, 기존 광원에 5배 이상의 높은 가격

### 4.2. LED의 동작 특성

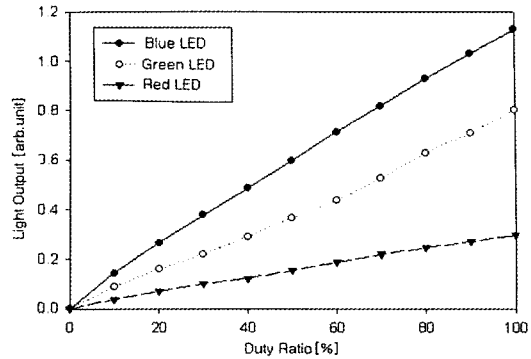
#### (가) 전기적·광학적 특성

LED는 각각의 종류에 따라 조금씩 다른 전압·전류 특성을 가지고 있다. 그러므로 LED를 최적의 환경에서 동작시키기 위해서는 LED 동작특성에 따라 전류를 조절하여야 한다. 그림 18(a)는 표시용 LED의 전압에 따른 전류변화를 나타내고 있으며, 적색 LED(AlGaInP)의 구동 전압이 청색과 녹색 LED(InGaN)의 구동전압에 비하여 낮고 전압의 변화에 따른 전류변화가 청색과 녹색 LED에 비하여 크다. 또한 LED의 재료나 제조 방법에 따라 다른 특성을 갖고 있으며, 순방향전압은 적색 LED 1.9 V, 황색 LED 2.1 V, 녹색과 청색 LED 3.0~4.0 V이다. 백색 LED는 청색 LED에 황색 형광체를 사용하기 때문에 보

# LED의 기초와 응용



(a) LED 동작전압에 따른 전류 특성



(b) PWM Duty비율에 따른 광출력 특성

그림 18. LED 전기적 · 광학적 특성

동 동작전압이 청색 LED와 유사하고, 황색 LED는 적색 LED에 형광체를 채용하여 사용하기 때문에 적색 LED와 유사하다.

LED의 광학적 특성은 전압에 대한 광출력 특성은 전류에 비례하여 광출력이 변화하기 때문에 전압-전류 곡선과 비슷하게 나타나며, 적색 LED의 광출력은 다른 광색 LED보다 동작전압의 변화에 대하여 상당히 급격하게 변화한다. 그리고 LED 동작전압에 대한 광출력은 일정전압까지는 비례적으로 증가하지만 일정한 전압이상이 되면 전압이 증가하여도 광출력이 감소하게 되며, 그 이상의 높은 전압이 인가되면 LED가 파괴되거나 본래의 특성이 손상된다[18].

LED의 광출력을 제어하는 데 있어서 주로 동작전류를 제어하여 광출력 제어를 실현하지만, 동작전류에 대해 광출력 변화가 선형적으로 변화하지 않고 동작전류를 제어하기 위해서는 복잡한 구동회로가 구성되어야 하는 단점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여, LED에 일정전압을 인가하고 여기에 PWM(Pulse Width Method, 펄스폭변조) 방식의 Duty 비율을 제어하여 광출력을 제어하면 그림 18(b)와 같이 정확한 광출력이 제어된다.

## (나) 온도특성

일반적으로 LED는 온도가 높을수록 광출력이 저하되는 특성을 가지고 있으며, 이는 일반 방전등과 백열전구의 특성과 반대이다. 이것은 높은 주위 온도와 동작전류에서는 반도체의 접합온도(Junction Temperature)가 증

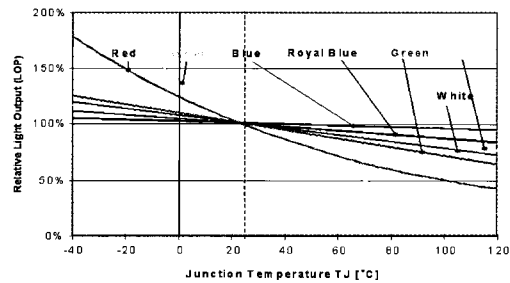


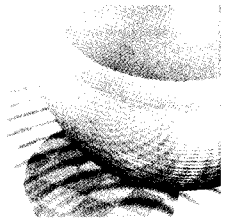
그림 19. 고휘도 LED의 접합온도에 따른 광출력 특성

가하게 되어 전자와 정공의 재결합이 활성화되어 빛에너지가 적어지기 때문이다. 그림 19는 접합온도에 따른 각각의 LED 광출력 특성을 보여주고 있다. 광출력의 온도의존성은 AlGaInP LED(즉 청색과 녹색, 백색)보다 InGaN LED(적색과 황색)가 비교적 적게 나타난다.

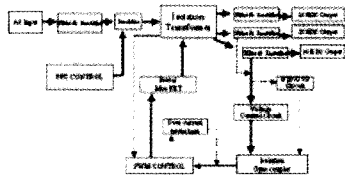
따라서 요즘 일부 LED 시스템은 주위온도 변화에도 일정한 광출력을 나타낼 수 있도록 LED에 흐르는 전류를 조절하는 보상회로를 포함하고 있다.

## (다) 수명특성

현재 조명용 광원의 램프 수명은 측정 샘플의 초기 광속의 70%이하로 감소되었을 때의 시간을 말하며, 지시용 광원의 램프 수명은 초기 광속의 50%이하로 감소되었을 때의 시간을 말한다. LED는 50,000~100,000 시간 이상의 수명을 나타내고 있어서, 기존 광원의 10,000 시간 이하의 수명에 비해 월등한 성능을 나타내고 있다.



### ■ 고효율 구동회로 설계



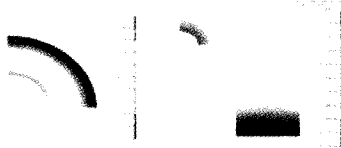
고효율 소영화

### ■ 목표배광을 위한 광학계 설계 [Photopia]

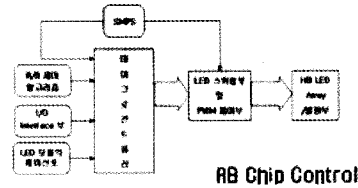


광학 배치, 렌즈/반사판 설계

### ■ 신뢰성 확보를 위한 열 설계 (ICEPAK)

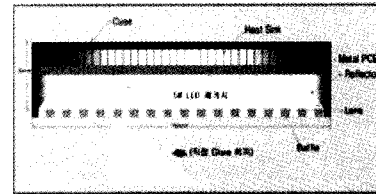


### ■ 색온도 제어 알고리즘 및 회로 설계



RB Chip Control

### ■ 통합 Module 구조 설계



양산시 소영화, 저가격화

**시제품 제작  
신뢰성, 성능 평가**

그림 20. LED 조명 설계

## 4.3. LED 조명 설계

LED 조명 제품 설계의 구성요소는 그림 20에 보이는 바와 같이 목표배광을 위한 광학계와 신뢰성 확보를 위한 방열이 실현되는 조명기구 설계와, 고효율 실현을 위한 구동회로와 LED의 다양한 광색 및 색온도를 구현하기 위한 제어회로를 실현하기 위한 회로설계가 필요하다.

### 4.3.1. LED 조명기구 설계

LED를 조명 용도에 효율적으로 적용하기 위하여 조명 공학적 목표배광을 설정하고, 이를 실현하기 위한 광학설계 및 광효율 극대화 기술이 필요하다.

이러한 최적의 목표배광을 실현하기 위한 광학설계 요소 기술은 다음과 같다.

- 반사판, 글로브(globe), 확산 시트 등의 광 설계기술
  - 직간접 조명을 위한 조명설계 기술
  - 광학적 특성 분석 및 개선 기술
  - 색도 및 눈부심 등의 조명공학적 특성 연구
  - 조명렌즈/반사판 개발(LED 조명 등기구 개발)
- 또한 LED가 조명용으로 사용하기 위하여 대용량화가

필요하며, 이는 LED 자체 발열량의 증가로 LED 발광효율을 저하시키고 수명을 감소시킨다. 따라서 LED 조명기구 설계에 있어서 방열 구조의 개선이 매우 중요하다.

이러한 방열 구조를 개선하기 위해서는 LED와 방열판과의 접착 열저항을 최소화해야 할 것이다. 따라서 방열 단면적이 최대화 될 수 있는 조명기구 설계가 이뤄져야 하며, 전도된 열이 빠른 시간에 냉각될 수 있는 구조를 형성하여야 한다.

### 4.3.2. LED 구동회로 설계

LED가 조명분야에 적용되면서 LED의 특성에 부합하는 구동회로에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 LED 패키지 및 모듈의 효율과 수명이 기존 광원보다 높더라도 LED 특성에 부합하는 회로가 적용되지 않으면 그 장점이 부각되지 못하게 되고, LED의 감성조명을 실현하고 다양한 기능성을 추가하기 위해서는 구동회로의 설계가 매우 중요하다. 따라서 LED의 특성에 부합하고 조명 환경에 부합되는 회로를 설계하는데 있어서 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

(가) LED 동작 개수 결정 : LED 조명제품의 사이즈

# LED의 기초와 응용

및 광출력과 전력을 고려하여 설계

(나) LED 인가전압의 형태 : AC, DC, 구형파, 삼각파 등

(다) LED 어레이(Array) 회로 구조

- 직렬구조(LCD BLU 등 디스플레이에 주로 사용)
  - 각각의 LED에 일정한 전류가 공급되어 LED 어레이의 균일한 휘도 발생
  - 하나의 LED가 소실될 경우 전체 LED 어레이가 소등
- 병렬구조(배터리를 이용한 조명분야에 주로 사용)
  - 각각의 LED에 일정한 전류가 공급되지 않아 LED 어레이의 불균일한 휘도 발생
  - 하나의 LED가 소실될 경우 전체 LED 어레이에 영

향이 없음

- 직병렬구조(일반조명에 주로 사용)

- LED 동작전압과 전류를 고려하여 설계할 경우, 직렬구조와 병렬구조의 장점 부각

(라) LED 동작 제어 방식

- 정전류제어 방식

- 초기 동작시 LED 접합온도가 낮으므로 낮은 전류가 LED에 인가
- 동작 시간 경과후 자체 발열량에 의해 접합온도 상승하여 높은 전류가 LED에 인가
- 광출력은 LED 접합온도에 반비례하여 동작시간 및 온도에 따른 광출력 변화 적음

## 수송기기조명

- 자동차/기차 조명
  - : 독서등, 지시등, 실내등, 전조등
- 선박항공조명
  - : 항공장애등, 소형등명기, 탐조등



## Mobile/LCD BLU

- 소형 LCD BLU
  - : Mobile Phone, Camera, PMP, Notebook 등
- 대형 LCD BLU
  - : 모니터, TV 등



## 디스플레이

- LED 전광판
- Sign 조명
  - : LED Strip, Lighting Bar, Channel letter



## 수송기기조명

- 자동차/기차 조명
  - : 독서등, 지시등, 실내등, 전조등
- 선박항공조명
  - : 항공장애등, 소형등명기, 탐조등



## Mobile/LCD BLU

- 소형 LCD BLU
  - : Mobile Phone, Camera, PMP, Notebook 등
- 대형 LCD BLU
  - : 모니터, TV 등

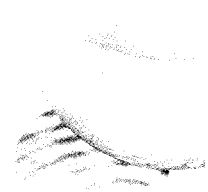


## 디스플레이

- LED 전광판
- Sign 조명
  - : LED Strip, Lighting Bar, Channel letter



그림 21. LED 응용 분야 및 적용 사례



- 오랜시간 점등동작하는 실내등, 독서등 등에 사용
- 정전류제어 방식 : 동작시간 및 온도에 따른 광출력 변화가 큼
- 동작시간 및 온도에 관계없이 항상 일정전류 제공
- 초기 동작시 LED 접합온도에 비례하여 높은 광출력을 나타냄
- 동작시간 경과후 자체 발열량에 의해 접합온도 상승하여 낮은 광출력을 나타냄
- 짧은 동작시간을 나타내는 경광등, 인체감지센서, 섬광등, 화장실등 등에 사용
- (마) 온도 보상
- 정격전류를 인가하는 LED 조명기기가 고온 동작시에 광출력 감소와 색좌표 및 색온도 변화가 발생하여 온도보상회로가 채용되어야 함
- 최근에는 온도 특성에 유리하도록 PWM 제어를 실시하여 Duty 비율 변화
- (사) 디지털 제어(주로 PWM 제어)
- 다양한 광색 LED의 광출력을 변화시켜 광색 및 색온도 제어를 통한 감성조명 실현

#### 4.4. LED 응용 분야

LED의 효율의 향상과 기능성 조명의 실현으로 다양한 분야에 LED가 적용되고 있으며 미래 반도체조명 사회를

이끌어 나갈 것으로 예상되며, 이러한 LED 응용분야를 구분하면 다음과 같다(그림 21).

- (가) 일반조명 : 실내외조명기기 및 기타 응용 부분
- (나) 대형 TFT LCD TV용 LED BLU 모듈 부분
- (다) 수송기기용 실내외 LED모듈 : 자동차 전조등, 해상용 등명기 등
- (라) 대화면 고휘상도 대면적 LED 정보디스플레이 및 사인 모듈
- (마) 모바일 기기용 LED BLU 및 LED 프로젝션 디스플레이
- (바) LED 의료 및 농업용 조명 모듈 및 시스템 개발
- (사) LED를 이용한 에너지 절감형 조명모듈 및 시스템 : 태양광 시스템, 디지털 원격제어시스템 등과의 결합을 통한 에너지 절감 효과 극대화

### 5. 반도체조명제품 표준화

#### 5.1. 표준화 배경

21세기는 반도체조명기술 혁신의 시대이며, 2015년 까지 반도체조명사회 구축이 완료될 것으로 전망하고 있으며, 현재 LED 조명제품이 다양해지고 있기 때문에 LED 조명제품의 응용 분야가 확대 될수록 반도체조명 제품의

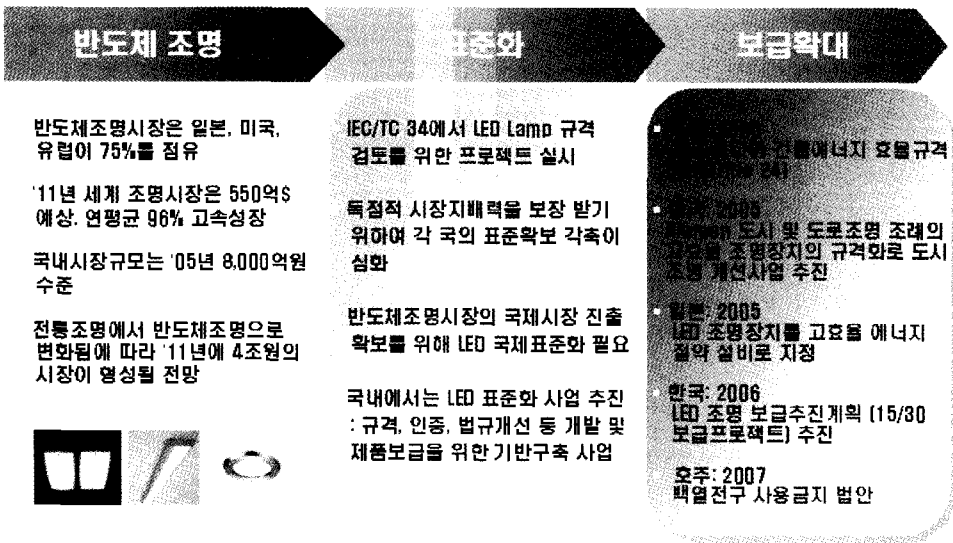


그림 22. 반도체조명 표준화 동향

표 2. Division2에서 검토중인 LED 모듈관련 기술위원회

TC	TC Title
TC2-50	Measurement of the optical properties of LED clusters and arrays
TC2-58	Measurement of LED radiance and luminance
R2-36	Measurement requirements for solid state light sources

사양을 명확히 규정짓는 측정기술 등 표준화가 점점 더 중요시되고 있다.

지속적인 LED 효율의 향상에 힘입어 기존 조명을 LED로 대체하고자 하는 노력이 국내외적으로 이뤄지고 있다. 이런 이유로 LED 개별 소자 혹은 모듈에 대한 성능 평가는 당연한 과제가 되었으며, LED의 광도 및 복사도 관련 측정은 생산, 개발, 및 연구 현장에서 이뤄지고 있다. 그러나 LED의 기존 광원과 다른 여러 특성으로 인해 누구누가 언제든지 재현할 수 있는 정확한 측정을 하는 것은 사실 어려운 일이다.

최근 각국의 반도체조명사회 진입경쟁 가속화에 따라서 기술개발, 표준화, 특허분쟁, 시장쟁탈전이 일어나며 해외 경쟁국의 반도체조명보급 촉진 및 사회제도적 환경정비에 따라서 반도체조명사회의 조기진입으로 기술개발 의욕고취, 세계시장 점유의 경향이 뚜렷하게 나타나고 있으며, 한 발 앞서 미국, 일본, 중국에서는 LED 조명의 보급 확대를 위해서 국가차원에서 정책을 실시하고 있다[19, 20].

## 5.2. 표준화 필요성

반도체조명선진국 진입을 위해 향후 기업이윤 창출과 국가 경쟁력 향상을 이끌어 낼 수 있는 방안으로 반도체 조명 제품의 광학특성 측정법 및 성능평가법의 선두개발 및 제품 표준화가 대단히 중요하며, 향후 발전가능성이 높은 반도체 조명산업의 핵심기술 선점을 위한 반도체 조명 표준화 기반구축이 필요하다.

또한 우수 국산기술의 국제표준 제안을 위해서 전략적인 국제표준화 협력이 필요하며, 반도체조명시장의 국제 시장 진출확보를 위해 LED 국제표준화를 리드할 필요성이 있다. 세계 반도체조명 시장에서 경쟁력을 갖춘 산업 육성과 시장진입을 위하여 시급히 LED제품의 국내 보급이 이루어져야 하며, 이를 통해 반도체조명 선진국을 타국 보다 먼저 건설하여야 국산 LED제품이 세계시장에서 성능 및 가격 경쟁력 우위를 확보할 수 있다. 이러한 시대적 요구에 적극적으로 대응함과 동시에 국책기술개발투

자비 효율적 활용을 수반하면서 반도체조명 제품 표준화 로드맵에 따른 반도체조명 표준화 기반구축을 이루어 나갈 필요성이 있다.

## 5.3. 국내외 LED 표준화 현황

단일 LED에 대한 광학특성 측정법의 표준화는 국제조명위원회(CIE)의 Division 2(광학 복사의 물리측정)에서 LED 관련 기술위원회를 구성하여 운영하고 있으며, 표시용 단일 LED가 대상이 되고 있었으나, LED가 조명분야로의 응용이 활발해짐에 따라서 최근에는 LED 모듈을 대상으로 표준화를 추진하고 있다. 단일 LED 광도측정법 표준으로서 CIE 127이 사용되고 있으며, 이와 더불어 LED 시장의 급속한 성장과 함께 LED 광학특성 측정법의 표준화도 ISO/IEC와 공동으로 추진 중에 있다. 표 2에 CIE에서 진행 중인 LED 모듈의 기술위원회를 나타낸다.

현재 LED 및 반도체조명 표준화는 일본에서 가장 활동적으로 진행되고 있으며, LED 제품 표준화를 위해서 LED 소자, 패키지 및 조명업체가 적극적으로 동참하여 일본 국내 표준화뿐만 아니라 세계 표준화를 주도하기 위하여 활동을 전개하고 있다.

### 5.3.1. LED 표준화 컨소시엄

기업이윤 창출과 국가경쟁력 향상을 이끌어 낼 수 있는 반도체조명 선진국 진입을 위한 반도체조명 표준화 기반구축사업으로 우선적으로 반도체조명제품의 규격화 및 성능평가법 표준화를 목적으로 '06년 LED 표준화 컨소시엄사업을 수행하게 되었다. LED 표준화의 시급성 때문에 사업기간 1년으로 시작된 본 사업은 한국광기술원 주도로 산·학·연·관의 20개 기관이 참여하였으며 효율적으로 사업을 추진하기 위하여 3개의 Working Group과 평가법 개발기관으로 나누어 추진하였다. 표준화사업의 중요성이 인식되어 '07년부터 5년간 국가예산이 반영되어 체계적인 반도체조명 표준화사업을 추진할 수 있게 되었고 현재는 64개 업체가 표준화컨소시엄에 가입한 상태

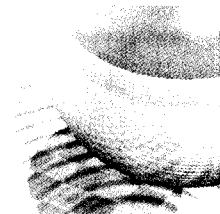


그림 23. 반도체조명 표준화 로드맵

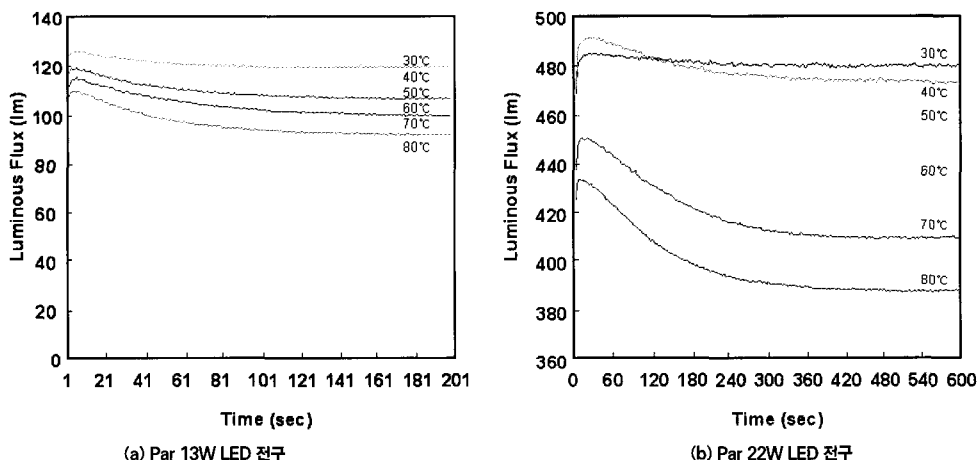


그림 24. 주변온도에 따른 광속 변화

이며, 그림 23과 같은 표준화 로드맵에 따라서 추진할 예정이다. 다음은 '06년 LED 표준화 컨소시엄사업 성과에 대해서 간략히 기술하였다[21].

국내에서도 LED 조명기구가 제작되어 판매되고 있으나 관련 규격이 없기 때문에 국내 보급 및 판매에 지장을 초래하고 있다. LED는 기존의 백열전구나 형광램프, HID램프 등과 발광원이나 구조가 다르기 때문에 종래의 광학특성 측정방법을 그대로 적용할 수 없으며, 아직 LED 조명기구 성능평가방법의 표준에 대해서는 전문한 상태이다.

규격에는 반도체조명제품의 보급을 위해서 LED 광원의 광학, 열적 특성, 수명 평가법을 포함하여 LED 조명을 사

용할 경우 눈부심의 평가방법을 고려한 항목별 기술기준을 제시하였다. 시판용 LED 램프 및 자체 제작한 LED 램프를 사용하여 기술기준을 작성하였다. 특히, LED 램프의 광학특성은 그림 24와 같이 전구본체의 온도가 80°C 이상 상승하게 되면 광속이 더욱 감소 될 것으로 예측되고 초기광속의 30% 이상 감소하게 되면 LED 전구의 수명이 되기 때문에 LED 전구본체의 온도가 80°C 이상 상승되지 않도록 방열 설계를 하여야 하는 것을 알 수 있다.

LED는 기존 광원과 다른 광학적 성질을 가지고 있어, 측정에 있어 여러 가지 어려움을 발생시킨다. 이를 해결하기 위해서 국제조명위원회에서는 1997년에 LED 측정

# LED의 기초와 응용

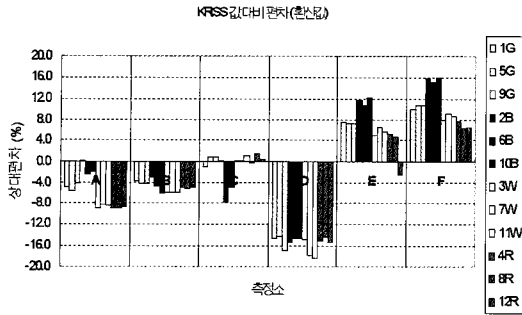


그림 25. 비교속련도 시험 결과

과 관련한 권고 문서를 제정하였다. 특히, CIE는 표준 LED를 필수적으로 사용할 것을 권장하고 있어, 권고문서 CIE 127:1997는 이러한 표준 LED를 구비하고 있다는 가정 하에서 쓰인 것이 사실이다.

표준과학연구원에서 개발된 표준 LED의 특징은 속성 과정동안 LED의 상대광도와 접합전압을 기록함으로써 LED 광출력의 노화곡선과 온도의존성을 동시에 평가하고, 평가된 의존성으로부터 온도효과를 보상하도록 하는데 있다. 표준 LED를 이용하여 비교속련도 시험한 결과를 그림 25에 나타내었다. 총 6곳의 측정소가 12개 LED에 대해서 측정한 평균 LED 광도(CIE-B 조건)값의 주관 기관 대비 편차를 보여주고 있다. 표준 LED를 이용하여 국내 5기관, 국외 1기관이 참여하는 평균 LED 광도 및 전광선속 측정 비교속련도 시험을 수행한 결과 각 측정기관의 KRISS 값 대비 편차는 최대 16%정도를 나타냈다.

### 5.3.2. Energy Star Program

표 3. 시판용 LED 램프의 특성값 오차

Photometric based on LM-79 for Complete luminaires 25° C ambient temperature	Light Output (lm)	Luminaire Efficacy (lm/W)	Correlated Color Temperature(K)	Color Rendering Index
CTPT 06-01 Downlight (manufacturer published, luminous efficacy=40(m.W))	193	12.82	3012	70
CTPT 06-02 Under cabinet Light (manufacturer published, luminous efficacy=55(m.W))	166	16.07		
CTPT 06-03 Downlight (manufacturer published, luminous efficacy=45(m.W))	298	19.3	2724	67.3
CTPT 06-04 Downlight (manufacturer published, luminous efficacy=36(m.W))	114	11.6		

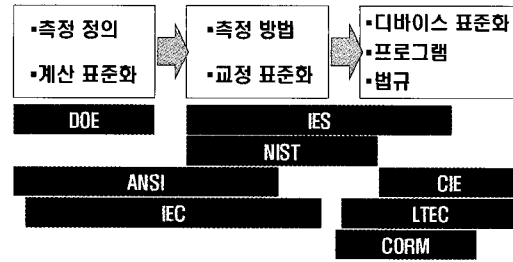
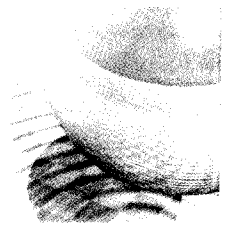


그림 26. Energy Star Program

미국에너지부(DOE)에서는 시판되고 있는 LED 램프의 특성값을 측정한 결과 표 3과 같이 제조사가 제시한 값과 측정값과의 오차가 너무 많이 발생한다는 것을 지적하였고 이러한 측정오차가 LED에 대한 신뢰감을 저하시킴으로서 반도체조명제품의 보급에 걸림돌이 될 수 있다고 판단하여 반도체조명제품의 특성 값은 Energy Star Program을 통해서 개발된 표준화된 방법으로 측정하도록 추진하고 있다. 또한 표준화 범위는 측정정의부터, 측정방법, 교정, 디바이스, 프로그램 그리고 조명제품의 보급을 위한 법규까지를 포함하고 있으며, DOE가 주관하여 그림 26에 나타낸 바와 같이 표준관련 연구소 및 국제 표준화 기관이 참여하고 있다[22].





## 5.4. 각 국의 반도체조명 보급 정책

### 5.4.1. 캘리포니아 에너지 효율 조례 (미국)

미국에서는 2005년 10월부터 신축 주택 조명의 50% 이상은 고효율 조명을 사용해야 하는 California 건물 에너지 효율 규정(Title 24)를 적용하여 전기소모량을 연간 180MW 절감하겠다는 정책을 추진하고 있다. 이 내용에는 효율이 40lm/W(600 lumens) 조명기구 사용을 의무화하였으며, 백열등 또는 할로겐등은 배제, CFL 또는 LED만을 한정하였고, 구체적인 에너지절감도 제시하였다.

### 5.4.2. 에너지 수급 구조개혁 촉진 稅制개정(일본)

일본에서는 제1차 석유파동과 제2차 석유파동 그리고 걸프전쟁을 통하여 에너지소비증가율이 가장 높은 업무가정부문의 설비에 대해서 고효율 에너지절약설비로 지정한 제품에 대해서는 세제 혜택을 주는 세제개정을 추진하였다. LED 조명장치를 고효율 에너지절약 설비로 지정하여 설비취득가격의 30%를 특별변상 또는 중소기업에 대해서는 취득가격의 7% 세금공제 혜택을 부여하는 에너지수급 구조개혁 촉진 稅制개정으로 LED 조명을 보급함으로써 1.6배의 에너지 절약을 목적으로 하고 있다.

### 5.4.3. 도시조명을 위한 에너지 절약 법규(중국)

중국의 에너지 절약 전략으로 2010년까지 조명을 LED로 교체하여 50% 에너지 절약을 추진하고 있으며, 그 일환으로「도시 및 도로조명조례」의 고효율 조명장치의 규격화를 근거로 4개 지역을 대상으로 시범사업을 실시하고 있다.

### 5.4.4. LED조명 15/30 보급프로젝트(한국)

2015년까지 LED 조명 비중을 30% 달성하겠다는 프로젝트로 LED조명을 30%까지 보급하여 초기시장형성을 지원하고 보급 확대에 따른 가격인하를 유도하여 2015년까지 30% 보급시 에너지는 4백만 TOE를 절감할 수 있고 금액으로는 1조6천억원에 이를 것으로 추정하고 있다. 세계적으로 LED 조명 보급률은 1% 내외로 추정되며, 우리나라는 주요 선진국에 비해 보급률이 저조한 편이다. 교통신호등(28.6%)를 제외할 경우 문자형간판(5%), 백열전구 대체(3%), 할로겐 대체(1.5%), 유도등(1%) 정도로 미미한 상황이다.

국내 LED조명 기술개발 수준에 맞게 품목별 보급을 추

진하도록 하며, 국내 LED개발수준은 30lm/W이고, 현재 기술수준에서 보급이 가능한 유도등, 할로겐 대체조명 등의 지원은 '07년부터 본격 추진하며, 보급방식은 보급초기단계, 시장육성단계, 시장성숙단계별로 구분하여 일정 기간 자금 지원 후 최저효율제를 통해 시장기능에 따라 보급 되도록 추진할 예정이다.

## 5.5. 결론

본고에서는 반도체조명의 국내외 표준화동향과 각 국의 반도체조명제품 보급 추진 현황을 중심으로 소개하였다. 각 국의 반도체조명 표준화 동향에서 알 수 있듯이 LED 선진사의 우수한 기술력, 특허장벽 위에 표준화 장벽이 부가되는 경우 국산제품의 해외시장 진출이 매우 어려워질 것이므로 LED 표준화 기술개발 및 국제 표준화 활동을 통하여 국산기술 및 관련 업체 보호가 시급하다. 우선적으로 국내 LED 측정일치도 향상을 위한 측정방법의 표준화 구축이 이루어져야 된다. 또한 반도체조명제품의 품목별 국산우수기술의 특허가 포함된 규격작성 및 인증체계를 구축하여 값싼 국외제품의 유입을 차단함으로써 국내 업체를 보호함과 동시에 국내 수요창출을 위한 제도적인 개선이 필요하다. 향후 5년간 체계적인 표준화를 추진하기 위해서는 산·학·연·관의 적극적인 참여가 필요하며, 반도체조명제품의 수요창출을 위하여 LED 표준화 사업을 적극적으로 추진할 것이다.

## 참고문헌

- (1) Nick Holonyak Jr., et al. Appl. Phys. Lett., 1962, 82
- (2) Shuji Nakamura et al. J. Appl. Phys., 1993, 32, L8
- (3) I. Akasaki et al. J. Cryst. Growth 1989, 209
- (4) <http://www.laminaceramics.com/>
- (5) <http://www.innovationsinoptics.com/>
- (6) <http://www.stockeryale.com/>
- (7) <http://www.tirsys.com/>
- (8) <http://www.enfis.com/>
- (9) <http://www.osram-os.com/>
- (10) <http://www.optotech.com/>
- (11) <http://www.vs-optoelectronic.com/eng/index.ph>
- (12) [http://www.tridonic.co.at/kms/static\\_nav/index.php](http://www.tridonic.co.at/kms/static_nav/index.php)
- (13) <http://www.sololuce.biz/index2.htm>
- (14) <http://www.neopac-lighting.com/>

# LED의 기초와 응용

- (15) <http://www.lednium.com/>
- (16) <http://www.optekinc.com/vled.html>
- (17) Arturas Zukauskas, et al., Introduction to solid-state lighting, 2002
- (18) E. Fred Schubert, "LIGHT-EMITTING DIODES," 2003

- (19) Strategies in Light Conference, San Francisco, 2005
- (20) 平成18年度税制改正について 経済産業省, 2006
- (21) LED 표준화컨소시엄 보고서, 산업자원부, 2007
- (22) Strategies in Light, Strategies Unlimited, 2007

## 약 력



**유영문**

학력  
1974~1981 고려대학교 재료공학과 학사  
1981~1983 고려대학교 재료공학과 석사  
1987~1994 고려대학교 재료공학과 박사

경력  
2001~ 현재 한국광기술원 LED/반도체조명연구사업부장  
2006~ 중국과학원 명예교수  
2006~ 신조명(반도체광원)산업 기반구축사업 운영위원장  
2004~ 반도체광원시험생산지원사업 운영위원장  
2004 부품소재통합연구단 디스플레이 2분과 위원회 위원  
2004 광주-전남지방중소기업청 지역협동기술향상 추진협의회 운영위원  
1984~2001 한국화학연구원 책임연구원  
1995~1996 일본 도호쿠(東北)대학 금속재료연구소 객원연구원

e-mail: ymyu@kopti.re.kr

## 약 력



**백종협**

학력  
1985~1991 고려대학교 학사 및 석사  
1996~1999 고려대학교 박사

경력  
2002~ 현재 한국광기술원 LED 소자팀장  
2001~2002 Nova Crystal Inc, Member of Technical Staff  
1999~2000 UC San Diego 박사후연구원  
1991~1999 한국전자통신연구원 선임연구원

e-mail: jhbaek@kopti.re.kr

## 약 력



**황남(黃南)**

학력  
1985~1994 오레곤주립대학교 학사, 석사 및 박사(전자공학)

경력  
1994~2002 한국전자통신연구원  
2002~2006 Institute of Microelectronics, Singapore  
2006~현재 한국광기술원, LED모듈팀장

E-mail: nhwang@kopti.re.kr

## 약 력



**송상빈**

학력  
1987~1994 전남대학교 전기공학과 학사  
1994~1997 전남대학교 전기공학과 석사  
1998~2006 전남대학교 전기공학과 박사

경력  
1997~1998 LG산전(주) 자동차 Unit 연구원  
2000~2001 (주)루멘텍 대표이사  
2001~2005 (재)한국항로표지기술협회시험검사소 부장  
2005~현재 한국광기술원 반도체조명기술센터 부센터장

E-mail: sbsong@kopti.re.kr

## 약 력



**조용익**

학력  
1984~1991 전남대학교 화공과 학사  
1993~1998 동경농공대 재료공학과 석사 및 박사

경력  
1998~2000 아사히유리 중앙연구소 특별연구원  
2000~2002 전남대학교 공업연구소 전임연구원  
2002~2003 세종대학교 공업연구소 전임연구원  
2003~현재 한국광기술원 기술혁신팀장

E-mail: yicho@kopti.re.kr