

## 백색 LED의 신기술 동향



홍창희  
전북대  
반도체 물성연구소 교수

### 1. 서론

오늘날 반도체 기술의 획기적인 발전에 의해서 마침내 에디슨의 탄소 필라멘트 백열전구를 대체할 수 있는 “반도체 필라멘트”라 불리는 고효율 백색 LED(light emitting diode)가 차세대 조명광원으로 급부상하고 있다. 이와 같은 이유는 2006년 7월 1일부터 EU의 RoHS에 의해 수은등 6개의 중금속을 포함한 물질의 수입규제가 들어가며, 2011년 7월 1일부터는 형광등과 같이 수은이 들어가는 광원의 사용을 규제하기로 잠정 협의를 한 바가 있어서, 수은 사용을 하지 않는 여러 대체 광원 중 LED 광원이 가장 현실적으로 접근할 수 있는 광원이기 때문이다. 만일 2020년까지 반도체 LED 조명이 대체 광원으로서 50%정도를 대체된다면 세계 총 소비전력의 25%정도가 절약될 것으로 예상되며, 이에 따라 반도체 조명을 위한 고품위 LED Bulb 구현을 위한 기술의 개발은 21세기를 맞이하여 에너지 절약과 지구 환경을 보호하려는 녹색 환경운동을 충족시킬 수 있는 미래지향적 기술로서 일본, 미국을 비롯하여 대만, 중국까지도 국가 주도 프로젝트를 실행 중에 있다.

메모리에 사용되는 실리콘 반도체와는 달리, 빛을 낼 수 있는 화합물 반도체는 1962년 Holonyak이

GaAsP 적색 LED를 처음으로 개발한 이후, 주로 단순 표시기로 사용되었던 저휘도 LED의 발광효율이 화합물 반도체 공정 기술의 눈부신 발달로 인해 휘도가 매 18-24 개월 마다 2배씩 증가되어서 고휘도 LED, 나아가서는 고효율 LED의 출현이 가능하게 되었다. 또한 노벨상에 버금가는 큰 업적이라고 평가 받을 수 있는 질화물 반도체의 고휘도 청색 LED의 개발 성공이 1993년 말 일본 니치아 화학의 슈지 나카무라에 의해 이룩된 바 LED로 빛의 삼원색을 구현하게 되었고, 이어서 청색 LED에 YAG 형광체를 결합하여 만든 백색 LED 개발은 LED조명을 현실적으로 가능하게 만든 획기적인 발명이라고 할 수가 있다[1].

이러한 LED를 이용한 반도체 조명이 새롭게 부각되고 있는 이유를 살펴보면 무엇보다도 우선 고휘도 적색 및 등황색 LED 성능 지수가 이미 형광등 수준을 넘었고, 고휘도 백색 LED의 경우에는 실질 수준에서 CCFL(Cold Cathode Fluorescence Lamp) 수준의 성능을 보이고 있기 때문이다. 또한 무엇보다도 기존의 조명기기보다 저 전력, 10만 시간의 장수명, 그리고 뛰어난 내구성 및 견고성, 나아가서는 다양한 집적화 및 정교한 디자인이 가능하여 빛이 필요한 다양한 분야에서 LED 응용이 가능한 점이다[2]. 따라서 저효율의 백열전구와 다가오는 형광등에서의 수은 사용 금



지에 따른 대체 조명 광원으로서는 LED 전구의 응용 실현이 현실적으로 가능한 시대가 도래 하게 되었다.

## 2. 고휘도 및 고출력 백색 LED구현 기술 동향

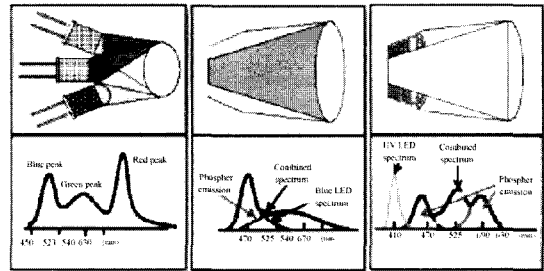
일반적인 LED의 동작원리를 살펴보면 단자 간에 전압을 가하면 전류가 흘러 p-n접합 부근 혹은 활성층에서 전자와 홀의 결합에 의해 빛을 방출하는 소자를 말한다. 이러한 LED는 반도체의 고유특성인 에너지 밴드갭의 변화에 따라 다양한 색(파장)의 구현이 가능하다. 따라서 GaN 경우에는 에너지 밴드갭이 3.4 eV로 AlN는 6.2 eV, InN은 현재 0.7eV~1.9eV사이로 알려져 있다. 이러한 물질을 2원계 혹은 3원계 물질을 성장하여 활성층으로 사용한다면 deep UV에서 가시광선은 물론 적외선 까지도 구현이 가능하다. 현재는 적색 및 등황색 LED의 경우에는 InGaAlP 양자 우물 구조의 활성층을 사용하고, 청색 및 녹색 LED의 경우에는 InGaN 양자 우물 구조의 활성층을 사용하게 된다[3].

고휘도 LED와 고출력 LED의 차이는 우선 출력과 Lumen 정도로 편의상 분류를 할 수가 있다. 물론 이 분류가 표준화가 되어 있지는 않다. 현재 백색 LED의 출력이 높아짐에 따라 조명 용어가 LED에 적용되고 Photometry와 Radiometry의 측정 단위가 서로 혼용되고 있다. 고출력 LED이라 함은 1 W급 혹은 10lm이상의 LED를 말하며 그 이하의 값을 가진 경우에는 고휘도 LED로 구별한다. 그러나 사실상 사용목적에 따라 아직 확실히 구별되게 사용되고 있지 않는 것이 현실이다. LED의 성능 지수는 주어진 전기 파워에 대해 LED에서 빛이 나와 눈에 느끼는 광속의 양을 측정하여 현재 lumen/W로 표시된다. 사실상 단위 소자가 고휘도가 되어야만 고출력 LED 구현이 가능하다. 고휘도가 안 될 경우에는 전기 파워를 높일수록 칩에 열이 발생하여 발광 효율을 급격히 감소시키게 된다. 따라서 LED 성능 지수를 높이는 연구가 치열하게 전개되고 있다.

우선 이러한 백색 LED의 조명 광원 구현을 위해 시도되는 제작 방법을 고찰하여 보자. 현재 백색 LED를 구현하는 방법으로는 크게 세 가지로 구분 할 수가 있다. 첫 번째로는 빛의 삼원색인 적색, 녹색, 청색(R·G·B) 삼색의 LED칩을 한 패키징에 조합하여 함께

구동하는 형태이다. 두 번째로는 청색 LED를 여기광원으로 사용하고, YAG(Yttrium Aluminum Garnet)의 노란색(560 nm)을 내는 형광체를 접목시킨 형태와 세 번째로는 UV LED에 R·G·B의 형광체를 접목시키는 방법으로 나누어 질 수가 있다. 백색 LED에서는 고 성능 지수(lm/W)이외에 또 다른 조건을 갖추어야 하는데 이는 색 좌표와 상관 색 온도(CCT: correlated color temperature), 그리고 색 연색성 계수(CRI:color rendering index)를 들 수가 있다. 물론 색 온도에 따라 색 좌표가 변하게 되지만 조명의 사용 목적에 따라 색 온도는 매우 중요하게 된다.

우선 R·B·G 삼색의 LED칩을 사용하는 경우에는 구동회로가 3개가 필요하므로 현재는 총천연색 전



(a) 적색LED + 녹색LED + 청색LED (b) 청색 LED + YAG 형광체 (c) UV LED + R·G·B 형광체

그림 1. 백색 LED 구현방법.

광판이나 건축 조명과 같은 특수조명에 사용되고 있다. 두 번째로서 청색 LED에 YAG 형광체를 사용하는 방법은 기술적 면이나 가격적인 면에서 상당히 경쟁력 있는 방법이나 LED의 청색과 형광체의 노란색과의 파장 간격이 넓어서 색 분리로 인한 섬광효과(Halo effect)로 인해 색 좌표가 동일한 백색 LED의 양산이 어렵고, 또한 조명 광원에서 중요한 변수인 CCT와 CRI의 조절도 비교적 어려운 편으로 알려져 있다 [4]. 이에 따라 적색 혹은 오렌지색을 내는 형광물질을 첨가하여 발광 스펙트럼을 넓혀서 이러한 단점으로 보완하여서 초기 제품에서는 CCT가 day light와 같은 6500 K 정도, CRI가 80미만이었으나 현재는 CCT도 Warm White 계열의 3000 K 미만으로 조절이 가능하여 졌으며 CRI도 90이상을 만들 수가 있다. 대표적인

제품으로는 Luxeon의 Warm White LED, 도요다 고세이사의 TG True White Hi LED, 니치아의 Warm White LED를 들 수가 있다. 그러나 적색 형광 물질 때문에 CRI를 더 높이는 데는 한계가 있는 것으로 알려져 있으며 CCT와 CRI과의 사이에서 Trade-Off가 이루어져야 한다. 또한 CCT가 낮게 되면 대부분 lumen도 낮아지게 된다. 이에 따라 새로운 형광체 물질 개발과 형광체의 양자효율을 높이는 연구가 현재 매우 활발히 이루어지고 있다.

세 번째 방법인 UV LED에 삼색 형광체를 사용하는 방법은 전극방전에 의해 254nm 혹은 185nm의 자외선으로 형광등 램프의 구현하는 방법과 매우 비슷한 방법으로서 UV LED위에 RGB의 다층 형광 물질을 도포하면, 백열전구와 같은 아주 넓은 파장 스펙트럼을 갖게 되어 우수한 색 안정성을 확보 할 수가 있다. 또한 CCT와 CRI를 어느 정도 마음대로 조절 할 수가 있어서 조명용 LED광원을 구현을 위한 가장 우수한 방법으로 대두되고 있다. 그림 2와 같이 GaN 관련 에피 특성상 400nm 파장의 Near-UV 영역에서 최대 외부 양자효율이 43%가 됨을 보이고 있어 에피 측면에서는 Near-UV LED가 가장 좋은 형광체 여기 광원임을 알 수가 있다. 그러나 파장이 짧아지면 형광체를 여기 시키는 에너지도 커지므로 400nm 미만의 LED 연구도 매우 활발한 편이다. 최근 니치아 화학의 LED는 365nm에서 400mW이고 LED 외부발광 효율이 24%되는 것을 발표한 바 있다. 그러나 LED의 파장이 짧아진다고 다 좋은 것은 아니다. 우선 에피 구조에서 결정 결함에 따른 광출력 감소가 심하게 이루어지며, 형광체에서 짧은 파장에서 긴 파장으로 변환될 시 에너지 감소가 일어나는 Stokes Efficiency가 커진다는 문제가 생긴다. 그럼에도 불구하고 현재 발표되는 백색 LED의 Figure of Merit를 분석하여 보면 여기 광원으로서 UV LED가 Blue LED보다 훨씬 좋은 것을 알 수가 있다. 따라서 고품위 고풍출력 UV LED 개발이 하나의 중요한 과제임에는 틀림이 없다.

현재 단일 패키징을 이용하여 1W급과 5W급 까지 구현되어 있는 상황이며, 이는 각각 30lm과 120 lm 급에 해당한다. 이러한 여러 개의 고풍출력 백색 LED를 이용하여 최근에는 1000 lumen급 LED 전구의 구현을 니치아와 오스람 등에서 보고하고 있다[2]. 국내에서

는 서울 반도체가 Z-Power 백색 LED 상용화 제품을 개발하여 약 8W에서 약 150lm급 성능을 시판하고 있다.

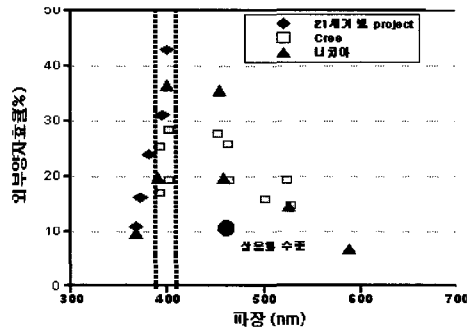


그림 2. 파장에 따른 외부양자 효율.

### 3. 조명용 백색 LED의 구현

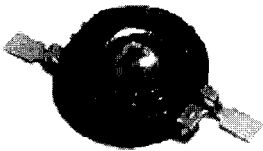
조명기기의 대표적인 백열전구는 오래 켜져 있을 때에는 만질 수 없을 만큼 뜨겁다. 이는 그만큼 열선, 즉 눈에 보이지 않아 조명에 기여하지 못하는 적외선이 나옴을 의미하며, 전력이 낭비되어 조명효율이 나쁨을 나타낸다. 실제로 입력 전력에 대해 가시광 에너지의 변환율은 약 10%이고, 적외선 방사는 약 70%를 보이고 있다. 형광등도 실제로 UV 및 가시광선으로 변하고 전류를 증가하더라도 증가율이 물리적으로 제한되게 되어 있다. 그러나 LED는 이에 반하여 반도체로 구현되어 입력 전류에 대해 적외선 방사는 전혀 없고, 다만 15%의 빛과 85%의 열로 변환하게 되며 전류를 증가할수록 열방출만 해결된다면 넓은 범위에서 광출력을 어느 정도 계속 증가시킬 수가 있다 [4]. 따라서 고효율을 위해서는 LED 칩에서 빛을 최대한으로 적출하는 것과 고전류 구동 시 열을 효과적으로 방출하는 기술이 최대 이슈가 된다.

현재 백색 LED는 발광효율, 열 방출, 신뢰성 등의 기술 확보를 위해서는 아직도 해결해야 할 문제점이 많이 갖고 있다. 우선 일반적인 LED는 기본적으로 약 0.3 x 0.3 mm<sup>2</sup>의 크기를 갖고 있으며 이에 따른 단위 칩 당 광속(Flux)이 작고 제한이 있다. 따라서 높은 lumen을 낼 수 있는 LED의 대면적 및 고전류 구동할

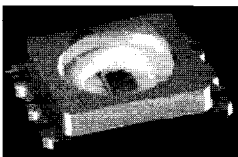


수 있는 칩의 개발이 절실히 필요하다. 현재 1W급 LED에서는 칩의 크기가  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  이고, 300-350 mA 정도의 전류 구동을 하고 수십 lm의 광속을 내고 있다. 5W급 LED에서는  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  대면적 칩을 4개를 사용하고, 전류를 700-1000 mA로 구동하여 120 lumen 까지 구현 되고 있다.

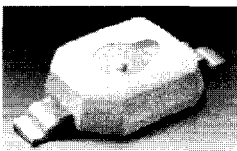
이러한 대면적 LED에서 좀 더 많은 광속을 얻기 위해서는 고 전류 구동 시 전류 밀도가 편중되는 현상을 제거하기 위한 전극 설계 기술과 열 방출을 쉽게 하기 위한 패키징 기술이 중요 기술로 대두되고 있다. 종래의 5  $\phi$  램프 에폭시 몰딩하고는 차원이 다른 방법으로 접근을 하고 있으며, 칩에서 빛의 적출과 열 방출 효과를 높이기 위한 반사기를 포함하는 패키징 공정 기술 개발이 함께 이루어지고 있다. 그림 3과 같이 대표적인 고효율 LED 패키징 기술로는 Lumileds사의 Luxeon 패키징 기술과 Cree社의 Xlamp 7090, 7094, 4550과 같은 패키징 기술, 그리고 오스람의 Power TOPLED, Dragon등의 기술이 있으며, 오스람은 5-50W급의 Compact Light Source도 구현하였다.



(a) Luxeon



(b) Xlamp 7090



(c) Dragon

그림 3 고효율 LED 패키징.

그림 4는 일본 니치아 화학의 고효율 백색 LED Bulb를 보여준다. 니치아 화학은 하나의 패키지 당 30W에서 1000 Lumens의 성능을 백색 LED Bulb를 구현하였는데, 이는 백열전구 60 W가 약 900 Lumens, 할로겐램프가 60 W에서 1100 lumens 정도, 그리고 CCFL 16 W에서 약 1200 Lumens를 나타내고 있는 상황을 비교해 보면 백열전구와 할로겐램프 보다는 분명히 경쟁력이 있다고 볼 수가 있다. 그러나 형광등 수준을 넘기에는 부족하기 때문에 이에 따른 몇 가지 개선되어야 할 사항이 있다.

우선 백색 LED의 발광효율을 높이는 것이다. 결국에는 외부 양자 효율을 높여야 되는 것인데 현재 일본의 야마구치 대학 주관 21세기 빛 프로젝트의 1단계 결과를 보면 약 43% 수준까지 발표하고 있다. 이것을 lm/W 수치로 살펴보면 니치아 화학에서 실험실 수준에서 이미 50 lm/W의 효율을 얻었고, 2005년까지는 형광등 수준을 넘는 75 lm/W의 발광효율을 얻는 것을 목표로 하고 있다. 그리고 2004년 말에는 50 lm/W 급의 LED를 양산화를 계획하고 있다. 그러나 대부분 이와 같은 실험실 수치가 양산제품 수준과는 거리가 있지만 시장의 강력한 요구에 의한 발전 속도는 매년 가속화 되고 있다.

또 하나의 이슈는 패키징 기술이다. Bare Chip의 열 방출 문제와 빛의 반사를 고려한 패키징 기술에 따라 두 배 이상의 광출력을 높일 수 있기 때문이다. 현재 상용화된 Luxeon V 1 W급은 초기 Luxeon III 보다 LED의 패키징을 개선하여 백색 LED에서 광 출력은 120 Lumens 으로 증가시킨 경우이다.

또한 고효율 LED의 경우에는 고려사항은 가격 경

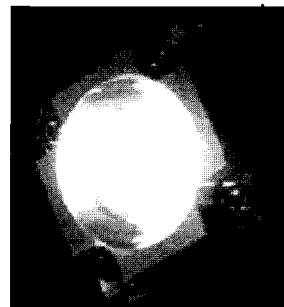


그림 4. 니치아 화학의 고효율 백색 LED.

쟁력이다. 현재 동급의 LED 전구 하나의 구현 가격이 기존의 조명기구인 백열전구의 0.1 cents/lumen과 형광램프의 1 cents/lumen정도인데 반하여 현재의 백색 LED 전구의 가격은 기존의 조명기구에 비해 약 50-100배 정도가 비싸다. 따라서 LED의 성능 지수 향상과 더불어 대량생산 기술이 개발되어야 함에 틀림이 없다.

#### 4. 고휘도/ 고출력 LED 응용 및 시장

현재 고출력 LED는 고휘도 LED의 시장을 포함하고 있다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 1995년부터 시작된 고휘도 LED의 시장 규모는 2003년도 까지 매년 평균 47%라는 경이적인 성장률을 보이고 있다[5]. 그림 6은 2003년 고휘도 LED시장 규모를 응용분야별로 도식화한 것이다. 2003년 고휘도 LED 시장규모는 총 27억불이었으며 그 중, mobile 응용기기가 50%를 차지하였고, sign/display 부분이 18%, 자동차 부분이 15%, 조명 부분이 5%, sign 부분이 2% 등의 순으로 되

어 있다. 2002년에 비해 2003년의 총 시장 규모는 무려 47%나 증가하였으며, 2003년의 총 시장규모 27억불 중에 InGaN LED 시장은 20억불을 차지하였다. 응용분야별로 살펴보면, Mobile 응용부분에서 87%의 증가율로 기타 응용분야의 증가율 21% 보다 훨씬 큰 증가율을 보이는 것이 특징이다.

Mobile 응용기기의 대표적인 것은 휴대폰으로서 키패드와 LCD 백라이트(Back Light)이며 디지털 카메라의 플래시램프도 하나의 중요한 응용의 예가 된다. 휴대폰의 키패드 백라이트의 청색 LED 적용을 처음 시도한 것은 삼성과 LG로 알려져 있는데 우리나라가 이 분야에서 세계 시장 창출을 주도하였다고 할 수가 있다. 청색 LED에도 색 패션이 있어 465 nm의 청색 LED가 주로 사용된다. 그러나 키패드 백라이트는 일종의 패션상품으로 유행에 따라 부침이 심할 것으로 예상되며 이 부분에서의 경쟁 기술인 OLED (Organic Lighting Emitting Diode)가 조간만 대체될 것으로 예상되며, 이미 외부 창 소형 LCD는 OLED로 급속히 바뀌고 있는 실정이다. 그밖에 현재 백색 LED는 휴대폰, 디지털 카메라나 PDA기에서 칼라 TFT LCD의 백라이트와 카메라 폰에서 플래시 광원으로 적용이 매우 활발한 상태이다. 이에 따라 앞으로 당분간 고휘도 LED의 시장은 mobile 기기가 주도할 것으로 예상된다.

그 이후의 시장을 고려하면 LCD 디스플레이 시장을 주목하여야 하는데 18인치 이상의 TFT LCD 모니터 백라이트에의 LED 적용을 들 수가 있다. 그림 7과 같이 RGB의 3개의 LED를 사용하는 경우 종래의 CCFL을 사용하는 것보다 색의 재현이 더욱 자연색에 가깝게 만들 수가 있는 것이 큰 장점 중의 하나이다. 또한 2006년 이후부터는 유럽에서는 수은 형광등의 사용을 제재하기로 되어 있어서 대체 광원의 개발이 시급한 실정이다. 따라서 LCD 모니터에서 LED 백라이트의 적용은 다소 가격적인 문제가 있다하더라도 어느 정도 성능이 향상된다면 쉽게 보편화 될 것이라고 예상할 수가 있다. 시장 초기에는 가격경쟁과는 무관한 medical 혹은 graphic art 용 모니터 응용부터 시작할 것으로 본다. 시장 성장률을 보면 2004년 이후에는 매년 200% 이상 성장 할 것으로 2003년 6월에 발간된 미국의 Strategies Unlimited 사에서 발행된

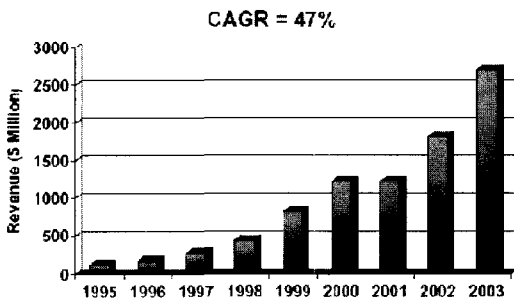


그림 5. 고휘도 LED 시장규모의 변화.

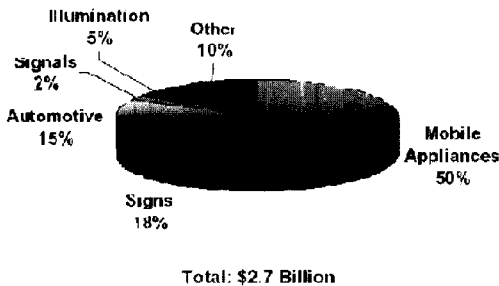


그림 6. 2003년 고휘도 LED시장의 응용분야별 규모.



그림 7. 고휘도 LED와 CCFL 백라이트를 사용한 LCD 모니터 색재현성 비교.

Gallium Nitride-2003 자료에서 보고하고 있다[6].

또한 주목을 하여할 시장은 자동차 램프 시장이다. LED의 유럽과 일본을 중심으로 LED Head Lamp 개발이 뜨거운데 우선 적색 LED 및 황색 LED의 적용에 이어 백색 LED을 이용한 Daytime Running Light의 응용이 큰 이슈로 대두되고 있다. 그림 8은 상용화된 Luxeon 1 W급 백색 LED 5개를 사용하여 올해 양산모델인 Audi A8 Quattro 6.0 L의 forward lighting에 적용한 예를 보여준다.



그림 8. 자동차 램프에 사용되는 고효율 백색 LED (2004 Audi A8 Quattro 6.0 L).

여하튼 LED의 시장의 최후의 목표는 조명시장인데 특수 조명과 일반조명과 같이 두 가지 시장으로 나뉠 수가 있다. 특수 조명 부분의 응용 분야를 보면 Architectural Lighting, Display Lighting, Sign Lighting, Emergency Lighting 으로 나뉠 수가 있다. 특히 그림 9에서와 같이 건축 조명에서는 기업의 홍보적 차원이나 관광 사업을 위해 경관 조명을 시도하고 있으나 에너지 소비에 따른 여러 문제로 인하여 조명 설치를 하고 난후에 점등을 하지 않는 경우가 많다. 이에 따라 저 전력 소비, 장 수명으로 인한 보수성 개선, 다양한 연출, 기구의 소형화를 할 수 있는 LED의 사용이 집중 검토가 되고 있다. 이러한 경관 조명의 예로서

최근 한국의 뉴튼 테크놀러지라는 벤처회사가 미국 라스베이거스에 각종 애니메이션을 연출할 수 있는 32 m X 420 m짜리 세계 최대 동형태의 초천연색 LED 전광판 설치이다. 또한 건축 조명에도 많이 이용하고 있는데 그림 9는 빌딩과 다리에 사용된 특수 조명을 보여 주고 있다. Display Lighting의 경우에는 박물관, 미술관, 상점의 Display 부분에서 열로 인한 대상물의 손상을 최소화하고, CRI에 따른 다양한 연출을 할 수 있는 LED Lighting이 각광을 받고 있으며, Sign Lighting 경우에서는 네온사인을 LED로 바꾸려는 시도가 활발하게 일어나고 있다. Emergency Lighting의 경우에는 일반 형광등 사용 혹은 CCFL과 도광판을 이용한 제품이 국내 소방법을 통과하여 사용 중이나 앞으로는 에너지 절약과 시인성을 고려된 LED 제품이 점차 주목받을 것으로 예상된다.

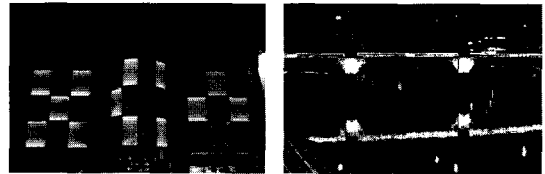


그림 9. LED의 건축 조명.

일반 조명의 응용에서는 과연 주거지 혹은 건물 내부의 조명을 백열전구나 혹은 형광등을 백색 LED로 언제 대체될 수 있을 것인가 하는 문제이다. 결국 LED의 높은 성능지수(lm/W)와 가격 경쟁력을 언제 갖출 수 있을 것이냐 하는 것이 시간문제일 것이다. 현재의 LED 수준은 일반 조명에서의 응용은 시기상조인 것은 분명하다. 그러나 현재 각 회사들의 목표대로 개발이 된다면 2007년 이후에는 백색 고효율 LED가 차세대 일반 조명기구로 사용되기 시작할 것으로 예상하고 있다. 이와 더불어 고려되어야 할 문제는 LED 칩을 구동하는 Driver 쪽과 이를 조명기구로 역할을 해 줄 수 있는 Fixture 및 Ballastic 부분일 것이다. LED 칩의 수명이 아무리 10년이라고 해도 Driver의 수명이 10년이 안 될 수도 있다. 따라서 LED 칩 수명이 중요한 것이 아니라 주변 부품의 수명을 고려한 LED 전

구의 수명을 말하여야 할 것이다. 따라서 앞으로는 LED 칩을 만드는 반도체부분 연구 인력과 조명 부분의 연구 인력간의 활발한 논의가 많이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 5. 결론

현재 고출력 백색 LED는 주로 휴대폰 카메라의 플래시램프로 사용되고 있으며, 곧이어 LCD 모니터 혹은 TV 등의 백라이트에도 고출력 LED가 사용될 것으로 예상되는 만큼 LCD 강국인 우리나라에서 관련 제품 시장을 주도하기 위해서는 고출력 LED에 대한 특허 이슈 해결을 위한 원천 기술 개발이 시급한 상황이다. 다행히도 우리나라에서도 LED가 차세대 성장 동력 산업으로 선정되어 2005년부터는 본격적인 연구가 시작될 것으로 예상된다. 여하튼 반도체 기술의 발전으로 인해 에디슨 시대를 종말 시키고, 차세대 조명의 주역이 될 LED 반도체 조명은 또 다른 빛의 혁명을 일으키고 있음에는 틀림이 없다.

## 참고 문헌

- [1] S. Nakamura and S. F. Chichibu, "Introduction of nitride semiconductor blue lasers and light emitting diodes", Taylor & Francis, 2000.
- [2] B. Keller, "New LED developments for solid-state lighting", Conference proceedings of LED-2003, San Diego, CA, USA, 2003, 10.
- [3] 홍창희, "LED의 새로운 응용 연구 기술 동향", 전자부품, p.28, 6월, 2003.
- [4] A. Zukauskas, M. S. Shur, and R. Gaska, "Introduction of solid-state lighting", John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [5] Robert Steele, "High-brightness LED market overview and forecast", Conference proceedings of strategies in light 2004, San Mateo, CA, USA, 2월, 2004.
- [6] Strategies Unlimited, "Gallium Nitride-2003", Report SC-25, June, 2003.

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

성명 : 홍창희

◆ 학력

- 1984년 고려대 전자공학과 공학사
- 1986년 KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사
- 1991년 KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사

◆ 경력

- 1991년-1994년 미국 미시간대 전기 전산공학과  
고체전자실험실 연구원
- 1994년-1998년 LG 종합 기술원 광전자 그룹  
책임연구원
- 1998년-현재 전북대 반도체 물성연구소,  
반도체과학기술학과 교수

