

LED 기술과 산업동향

백 중 협 <한국광기술원 선임연구원>

1. 서 론

LED (Light Emitting Diode)는 LD (Laser Diode)와 더불어 1960년대 초에 개발된 이후 지금까지 인간의 생활속에 깊이 자리잡은 대표적인 반도체 광원 소자이다. LED는 개별 소자의 구조적, 물리적 특성상 소형이고 효율이 좋으며 수명이 길어서 자기만의 독특한 영역을 개척해 나가면서 응용분야를 넓혀나가고 있는데 최근 수년 전부터 기술이 급속하게 높은 수준으로 발전되면서 이제는 산업 전반에 걸쳐 응용분야가 확대되고 있다. 에너지절감 및 친 환경적인 측면에서 이상적인 제품이라는 사실은 이러한 시장의 팽창을 가속화 시키고 있으며 일반 가정이나 사무실에서 사용되는 조명영역에까지 침범할 가능성을 보여주고 있는 실정이다. 혹자는 미래에 solar cell을 장착하여 자가 발전되는 LED 태양까지 떠올 수 있지 않을까 하는 다소 선부른 상상을 하기도 한다. 어쨌든 이러한 급속한 응용분야의 확대와 시장의 팽창은 각 기업으로 하여금 LED 제조설비 투자 및 확대를 촉진하게 하고 있으나 과열경쟁으로 인한 단가하락과 기존의 기술 선진 기업들에 의한 특허소송 및 기술동맹에 의한 쇄국 정책등은 우리나라 LED 기업들이 헤쳐나가야 할 난제들이며 열악한 국내기반 및 인력 인프라는 LED 기술 선진국으로 발전하기 위

한 장애요소로 작용하고 있다. 그러나 LED는 처음 개발된지 40년이 흘렀지만 초천연색 고휘도 LED가 모두 구현된건 그리 오래되지 않았기 때문에 아직도 시장 태동기라고 볼 수 있으며 부가가치가 높은 고품질 LED 기술개발 경쟁에 시급히 뛰어 든다면 우리나라도 기술 선진국과 어깨를 나란히 할 수 있는 기회는 얼마든지 있을 것이다. 한국이 강점을 갖고 있는 LCD, 휴대폰, 자동차 산업은 LED가 응용되는 가장 큰 시장들이기 때문에 이러한 든든한 내수시장이 받치고 있다는 사실이 그러한 가능성을 뒷받침해 준다.

2. LED 산업개황

LED는 방출 광을 활용하여 표시, 신호, 조명, 장식, 살균, 통신등에 광범위하게 이용되는 소자로서 개발 초기에는 가격이 비싸고 성능의 제약이 있어서 주로 소비에너지 및 수명등의 특성이 중요하게 고려되는 우주선과 기계류의 표시용 소자등에만 사용되었으나 1990년대 들어서 휘도가 크게 개선되고 색상이 다양해지면서 응용성이 크게 증가하게 된다. 표 1에 나타낸 것처럼 LED는 이제 LD와 더불어 거의 전 산업영역에서 활용되고 있으며 특히 지난해부터 LED 총 시장 규모가 LD 시장을 앞질렀다는 것은 시사하는 바가 크다.

표 1. LED 응용분야

분 야	LED	LD
통 신	• 통신용 광원(단거리, 초단거리)	• 통신용 광원(중장거리, 단거리)
산 업	• 자동차 내외장램프 • 교통신호등/도로표시용 • 직/간접조명 • Display/sign • Back-light (노트북, 휴대폰) • Decoration	• 고출력 펌핑/가공 • 디지털가전(AV)/생활 - DVD, CD-RW, - 바코드 스캐너, 프린터 - 레이저 포인터 • 대기오염측정
의 료 / 바 이 오	• 살균용 광원(UV) • Dental curing	• 고출력펌핑 • Diagnostic and imaging
기 타	• 위폐식별기 • 완구류/스포츠 용품 표시기	• 건설/건축 - 거리/속도/위치 측정용 광원
시장규모(2002)	• US\$ 3.1 Billion	• US\$ 2.9 Billion

최근에는 가입자망에 사용되는 광 트랜시버 제품도 시판되고 있어서 통신시장에도 영역을 확장하고 있으며 특히 1996년 일본에서 개발된 백색 LED는 아직 시장이 태동하지 않은 일반조명분야에도 활용될 가능성을 제시하여 향후 600 억불에 이르는 거대 조명시장을 잠식하게 될 경우 메모리반도체 이후 가장 규모가 큰 시장을 형성할 것으로 예측하고 있다.

3. 기술/시장동향

LED 제품의 제작공정은 그림 1.과 같이 기판, 에피웨이퍼, 칩, 칩패키지, 모듈 및 응용시스템으로 분류되는데 모듈 및 응용시스템을 제외한 에피웨이퍼,

칩 및 칩패키지 기술이 핵심 원천기술로 분류되는 부분이며 고휘도 및 고출력 LED 개발을 위해서는 특히 에피웨이퍼와 칩패키지 기술이 절대적으로 중요시 된다. 기판의 경우 현재 보편화된 사파이어와 GaAs 기판등을 사용하여 적외선(IR), 가시광, 자외선(UV) 영역의 모든 파장에서 구동되는 LED 제작이 가능하나 청색/녹색/자외선 영역에서 기판으로 사용되는 사파이어 기판은 근본적으로 격자정합 에피성장 이 불가능하여 부정합 결함의 생성을 억제하는 방향으로 기술이 발전되어 오고 있다. 이를 해결하기 위하여 호모 에피가 가능한 GaN 기판을 일본과 한국에서 꾸준히 개발해 오고 있으나 아직 적정 수준의 가격으로 상용화된 기판은 나와 있지 않은 실정이다.

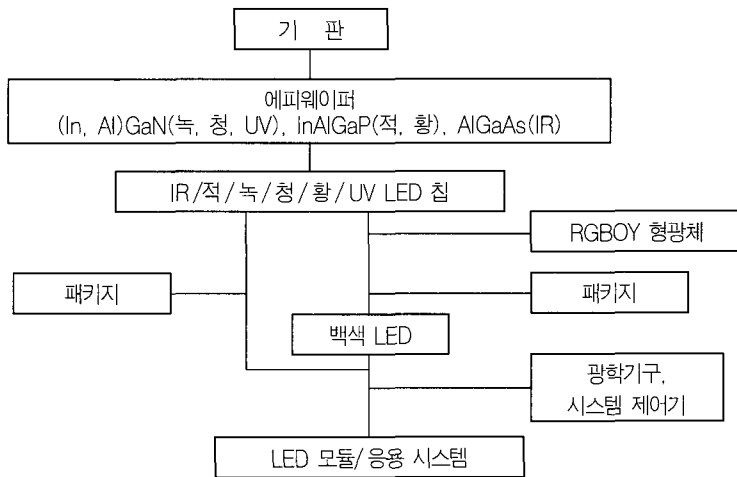


그림 1. LED 제품 흐름도

미국의 시장 조사기관인 Strategies Unlimited가 발표한 자료에 따르면 2002년 LED (칩패키지) 세계시장 규모는 31억불이며 이중 고휘도 LED (칩 수준으로 0.5 칸델라급) 만의 시장은 18억불로 범용으로 사용되는 중저휘도 LED를 상회하기 시작했다. 응용분야가 훨씬 다양한 고휘도 LED는 그림 2와 같이 지난 7년간 시장 성장속도가 연평균 48% 였으며 향후 단가하락에도 불구하고 수요가 계속 증가하여 연평균 30% 정도의 속도로 꾸준히 성장할 것으로 예

측하고 있다. 휴대용 가전제품에 소요되는 LED가 지난해 핸드폰 키패드 백라이트용 LED와 LCD 모니터 백라이트의 폭발적 수요로 세계 LED 시장을 이끌었으며 향후에도 키패드 백라이트 시장이 주춤하겠지만 카메라폰의 추가로 강세를 계속 유지할 것으로 보인다. 아직 기술적, 가격적으로 성숙되지 않은 대형 LCD 백라이트용 LED와 조명용 LED가 시장에 출시되기 시작한다면 향후 매출 전망치는 예상 증가율을 훨씬 상회할 것으로 전망되고 있다.

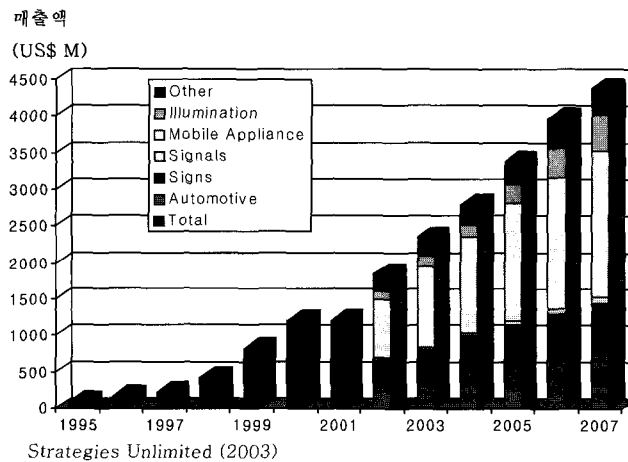


그림 2. 연도별 고휘도 LED 매출액(2003년 이후는 예상치)

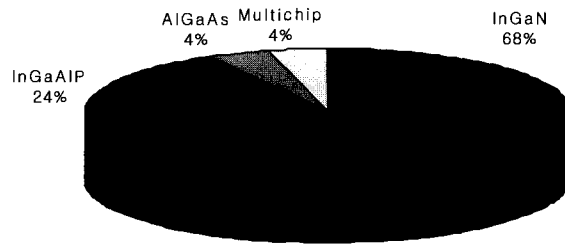
백색 LED 제조에 필수적인 형광체의 경우 일본의 니치아화학이 보유하고 있는 특허를 회피하기 위해 다른 물질을 이용한 형광체를 개발하고자 노력하고 있으나 뚜렷한 결과가 없는 실정이고 그나마 형광체의 시장이 크지 않다고 생각하여 대규모의 투자로 형광체를 개발하고자 하는 기업이 거의 없는 실정이고 현재 생산중인 형광체는 형광등, LCD 등에 쓰이는 deep UV 용에 치우쳐 있다. 우리나라의 LED 기술수준은 중저휘도 급의 LED를 생산하는 수준이며 대만과 중국과의 가격경쟁에서 고전하고 있고 고휘도 급의 LED의 경우는 실험실 수준에서는 몇몇 업체에서 에피 및 칩기술을 개발했으나 양산단계에는 못미쳐서 아직까지 해외에서 전량 수입되고 있는 실정이다.

3.1 고휘도 LED 재료별 시장

LED는 사용기판에 따라 크게 두 종류로 대별되는데 GaAs를 기판으로 하고 적외선, 적색 및 황색 발광용 AlGaAs 또는 InGaAlP 재료와 사파이어를 기판으로 하고 녹색, 청색, 자외선 영역에 걸쳐 발광하는 (In)GaN 재료가 대표적이다. Strategies Unlimited의 조사자료에 의하면 그림 3.에서 보여주는 바와 같이 2002년에 생산된 LED의 2/3가 (In)GaN 재료를 이용한 LED였는데 청색과 형광체가 조합된 백색 LED도 여기에 해당된다. 현재 청색 및 백색 LED의 수요가 가장 크게 증가하고 있으며 바이오 분야에 응용되는 자외선 LED도 생산 수량은 작지만 부

가가치가 높아서 향후 유망한 제품으로 평가된다. 한편 InGaAlP를 이용한 적색과 황색 LED의 경우에도 자동차, 신호등, 전광판의 수요에 힘입어 꾸준히 증가하고 있으며 적외선 영역에서 작동되는 AlGaAs

계 LED는 RC-LED (resonant cavity LED)의 형태로 향후 홈네트워킹이나 자동차내의 초거리 통신 등에 응용범위가 확장될 것으로 평가되고 있다.



Total US\$ 1.8 Billion (2002)

그림 3. 고휘도 LED 재료별 시장

3.2 응용분야별 고휘도 LED 시장

색상이 다양한 LED가 개발되어지고 있다.

3.2.1 휴대용 가전제품

LED는 광을 제어하고 활용하는 능동적 측면에서도 응용성이 뛰어나지만 디자인이나 장식, 간접조명 등 수동적 의미의 기능을 동시에 갖는다는 특성이 있어서 제품의 기능과는 거의 무관하게 패션 상품으로 활용되는 경우를 많이 볼 수 있다. 대표적인 예가 휴대폰에 사용되는 키패드용 백라이트이며 2002년 LED 시장의 폭발적인 증가에 견인차 역할을 하기도 하였다. 키패드용 백라이트와 더불어 휴대폰, 디지털 카메라, 캠코더, PDA 등 소형 LCD 백라이트를 필요로 하는 휴대용 가전제품에 소요되는 LED는 2002년 전체 고휘도 LED 시장의 40%를 차지할 만큼 큰 시장을 형성하였고 휴대용 가전제품의 수요가 꾸준히 늘고 있어서 당분간 이 분야의 LED 응용시장은 강세를 보일 것으로 예상된다. 휴대용 제품의 특성상 크기가 작기 때문에 좁은 면적에 집적된 초박형 칩 실장기술이 중요하며 디자인이 중요시 되는 제품의 특성상

3.2.2 자동차용 LED

자동차에 LED가 처음 장착되기 시작한 것은 차량 내부의 계기나 오디오 등의 표시등이었으나 LED 휘도가 개선되면서 계기판 백라이트, 실내등, 외장램프 등에 응용되기 시작하여 현재는 헤드램프를 제외한 모든 램프가 LED로 대체 가능하게 되었으며 우리나라에서도 방향지시등이나 브레이크등 및 계기판 백라이트에 LED를 장착한 차량을 심심치 않게 볼 수 있게 되었다. 다만 아직까지 가격이 높아서 차량가격 대비 LED 램프의 가격이 상대적으로 작은 고급차 위주로 LED 제품을 장착하는 실정이다. 2002년 자동차용 LED 램프 세계시장은 약 3천5백억원 정도로 추산되며 이중 3/4이 차량내부에 사용되는 LED이다. 유럽과 일본을 중심으로 LED 대체율이 급격히 증가하고 있고 특히 내진동성이 우수하여 버스나 트럭에 장착되는 비율이 높아지고 있다. 일반적으로 도로를 달리는 자동차의 경우 지역별로 혹은, 혹은, 고습도를

경험할 수 있고 주행진동 등 구동환경이 다소 가혹하기 때문에 높은 수준의 LED 신뢰성이 요구되는 편이다. 자동차 외장램프를 LED로 장착 할 경우 몇가지 장점을 생각할 수 있는데 우선, LED 램프는 기존 전구형 램프에 비해 슬림형으로 제작이 가능하여 차량의 프레임에 영향을 주지않고 장착이 가능하다. 사이드미러나 룸미러 등 전구형 램프에서는 생각할 수 없었던 곳에 설치가 가능하며 불필요한 트렁크공간의 낭비를 없앨 수 있다. 특히, 차량 외관을 리모델링 할 때 프레임의 변화없이 외관을 바꿀 수 있어 프레임 설계비용이 절감된다. 그리고 수명이 전구형에 비해 10배 이상 높아서 산술적으로 계산해보면 자동차 수명이 다할 때까지 교체가 불필요할지도 모른다. 보통 전구형 브레이크등의 반응시간은 0.15초로 측정되는데 LED의 경우 10-9 초의 고속응답 특성이 있으므로 자동차 브레이크등의 점멸시간을 크게 단축시켜 고속으로 달리는 앞차의 브레이크 점등을 보고 정지하는 거리가 시속 100(km/hr) 시 4(m) 정도 짧아서 교통사고의 위험율도 감소한다는 보고가 있다. 자동차에 들어가는 램프를 LED로 모두 교체한다면 헤드램프를 제외하고도 200개 이상 소요될 것으로 생각되며 모두 부가가치가 높은 고회도 급이고 연간 자동차 생산대수를 감안하면 휴대용 가전제품 못지않게 큰 시장으로 부상할 것으로 예상된다. 고출력을 요하는 헤드램프의 경우에는 LED 성능이 80(lm/W) 정도가 되는 2008년 경에 보편화 될 것으로 생각되지만 이미 2002년 자동차 모터쇼에 LED 헤드램프를 장착한 신모델들이 선을 보였기 때문에 그 시기가 앞당겨 질 가능성도 있다.

3.2.3 교통 신호등용 LED

1992년 미국 필라델피아에서 적색 LED 신호등을 시험적으로 설치하여 장시간 평가한 결과 에너지 절감, 긴 수명으로 인한 유지보수비 절감, 교통장애 개선, 이산화탄소 발생 감소등의 장점들이 밝혀지면

서 1990년대 중반부터 신호등 구매권고 기준안이 제정되고 본격적으로 LED 교통신호등 교체가 시작되었다. 신호등의 가장 큰 장점은 에너지 절감과 긴 수명이라고 할 수 있는데 전구형 신호등에 비해서 85% 이상의 전기료가 절감되며 수명이 10배 이상 길어서 설치 후 2-3년 안에 3-4배 정도 비싼 초기 구입비용을 상쇄하는 것으로 계산된다. LED는 필터를 장착한 전구형 신호등에 비해 휘도가 높고 색순도가 좋아서 뚜렷한 시인성을 갖으므로 안개낀 날, 흐린날 등에도 잘 보이며 반사경이 필요 없기 때문에 태양광 정면에서도 팬텀 현상이 발생하지 않아 운전자로 하여금 신호의 포착을 용이하게 하여 교통사고의 위험율을 줄일 수 있는데 실제로 일본에서 통계 조사한 결과에 따르면 LED 신호등 교체 후 교통사고율이 25% 줄었다고 보고하기도 하였다. 특히 최근 횡단보도에 설치된 신호등 잔여시간 표시기는 그런 효과가 더욱 뚜렷하며 대만등지에 설치된 디지털 잔여시간 표시기 및 동영상 보행자 신호등은 지나가는 관광객들의 시선을 끌 정도로 흥미롭기까지 하다. 2002년 기준으로 세계적으로 2천5백만개로 추산되는 신호등의 LED 교체비율은 5% (150만개) 정도인데 미국이 교체율에 있어서 가장 앞서 있어서 약 120만개가 미국에 설치되어 있고 연평균 4% 정도의 비율로 계속 교체해 나가고 있다. 우리나라에서도 2002년 4월 경찰청 LED 신호등 구매지침이 제정되었으며 기술표준원에 의해 KS 규격이 제정되고 에너지기술연구원에 의해 인증시험이 실시되는 등 본격적인 LED 신호등 설치를 위한 제도적 장치가 준비되었다. 2002년 월드컵 개최도시와 일산, 용인, 성남, 천안시 등 일부 지자체에서 시범사업으로 설치되기 시작했으며 수자원 공사에 의해 발주된 구미 4단지LED 교체 사업이 우리나라에서는 정식 발주에 의한 첫 사업으로 볼 수 있다. 우리나라의 신호등 개수는 2003년 1월 현재 총 36만 세트(4색등, 3색등, 보행등, 보조등, 경보등 포함)로서 철도용 신호등까지 감안한 총 신호등수는

약 100만등으로 추정되며 매년 10% 정도가 신규 설치 되고 있는걸 감안하면 새로 신설되는 신호등만 연차적으로 교체한다고 가정하여도 당분간 매년 1000억원 정도의 잠재 시장이 형성되어 있다. 그러나, 최근 신호등 제작업체가 다수 생겨나 가격경쟁이 치열한 상황이며 LED 자체의 가격도 많이 하락하여 실제 시장규모는 500억원 정도 추산된다.

3.2.4 대형 LCD 백라이트용 LED

휴대용 가전제품의 LCD 백라이트에 사용되는 LED의 경우는 앞서 기술한 바와 같이 당분간 강세를 보일 것으로 예상되는데 향후 노트북이나 LCD TV 등 규모가 큰 LCD 모니터에도 LED를 채용한 백라이트 유닛이 활용될 것으로 보인다. 현재 열광원이나 CCFL (cold cathod fluorescent lamp)을 채용한 백라이트 유닛은 모니터 두께의 슬림화에 한계가 있고 화질과 신뢰성에 문제가 생길 소지가 있으며 특히 국제환경법에 의한 수은사용 규제는 CCFL 사용의 미래를 어둡게 하기 때문에 대체광원으로 LED 백라이트가 개발되고 있다. 현재 일본에서 15인치 급의 LCD 모니터에 LED 백라이트를 채택한 제품이 선을 보였으며 미국에서 19인치 급의 LED 백라이트 유닛을 개발하였으나 높은 가격으로 시장은 형성되어 있지 않다. LED 백라이트 유닛은 전력소모가 작고 휘도가 균일하고 신뢰성이 높으며 색 재현성이 높아 향후 LCD 백라이트의 주력제품으로 자리잡을 것으로 생각되는데 LED의 성능이 50 lm/W 수준으로 향상되는 2005년 경에 본격적인 시장이 열릴 것으로 예상된다. 세계 LCD 시장의 40 %를 한국제품이 점유하고 있다는 사실은 향후 한국 LED 백라이트 기술의 성장을 드라이브할 좋은 동기가기도 하다.

3.2.5 전광판

1993년 고휘도 청색 LED가 개발되고 1995년 녹

색 LED 가 개발되면서 총천연색 LED 시대가 열렸는데 이를 이용한 다이나믹한 응용제품 중에 하나가 전광판이다. 전광판은 R(적색), G(녹색), B(청색) LED 개별 소자를 모듈단위로 집적시켜 각각의 개별 소자를 제어하면서 대형 스크린 상에서 문자와 영상을 재현하는데 개별 소자를 얼마나 조밀하게 배열시켜서 모듈 간격을 줄이느냐 하는게 해상도를 높이기 위한 주요 핵심기술이다. 그리고 재료가 다른 다색 칩을 사용하기 때문에 개별 소자들이 장시간 구동될 경우 서로 다른 aging 속도로 인해 색밸런스가 깨질 수 있는데, 수만 수십만 개의 개별 소자로 구동되는 대형전광판의 경우 개별소자로 입력되는 전류 값을 일일이 피드백 받아서 색 밸런스를 유지하는 전기회로 구동 기술도 중요한 기술 중에 하나이다. 스크린 사이즈가 클수록 휘도를 개선하고 연색성을 개선하기 위해 개별소자를 추가로 부착하는데 보통 스크린 사이즈가 커질수록 RGB, RRGB, RRGBB 등의 형태로 추가 집적되며 모듈의 개별소자 모두를 발광시킬 경우 백색이 재현되고 개별소자의 출력을 제어하여 연색성을 조절한다. 전광판에 소요되는 LED 세계시장은 2002년 약 5천억원으로 집계되었으며 이 중 총천연색 전광판이 80%를 차지하였다. 우리나라의 전광판 시장은 2002년 약 1000억원으로서 이 중 LED 가격이 30% 정도를 차지한다고 보면 300억 규모로서 세계시장의 6% 정도를 사용한다고 평가된다.

3.2.6 조 명

LED의 궁극적인 응용분야는 의심의 여지없이 일반 조명인 것으로 예상되고 있다. 전기에너지가 발명된 이후 현대식 조명등이 개발된 건 1873년 에디슨에 의한 백열전구였는데 이는 전기에너지로부터 가열된 가열체로부터의 백열현상을 조명으로 이용한 방법이었으며 이후 수은등, 형광등, 할로겐등, 고압방전등 등의 많은 개선된 형태의 조명등이 개발되었다. 기존의 조명등들은 효율, 수명, 연색성, 색온도 등의 개선

이 주요 관심사였으며 최근에는 환경규제로 인한 수은사용의 규제 움직임으로 인해 형광등 제조시 액상 수은을 사용하지 않는 친환경적 제조공법의 개발을 시도하고 있는 실정이다. 백열전구가 가열을 이용한 발광 방식이라면 형광등은 개스의 에너지 전이를 이용한 물리적으로는 전혀 다른 방식으로 분류할 수 있다. 비슷하지만 LED의 경우는 고체의 에너지 전이를

이용한 발광방식이어서 고체 조명용 광원이라고도 불린다. LED는 1962년 적색 LED가 개발된 이후 1990년대에 청색, 녹색, 백색 LED가 연이어서 개발되었고 이미 백열전구의 효율을 넘어섰으며 2000년 미국에서 개발된 적색 LED는 형광등의 효율까지 넘어섰다. 그림 4.는 LED의 성능 발전을 일반 조명등의 효율과 비교한 그림이다.

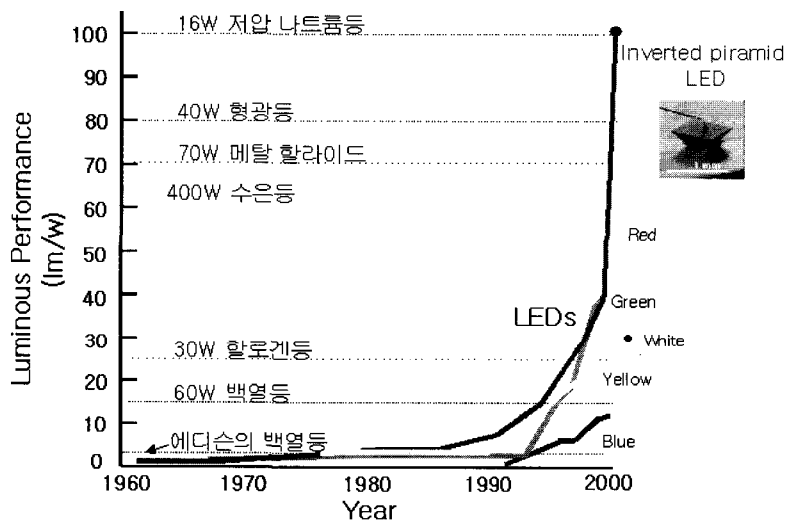


그림 4. LED 성능 발달사

세로축에 사용된 lm/W 단위는 소비 전력당 광선속(lumen)으로서 성능과 경제성이 동시에 고려되는 값으로서 조명등의 품질을 평가하는데 중요한 척도로 사용된다. 광선속은 광 출력값에 사람의 시감도를 고려한 보정인자를 곱해준 값으로서 보정인자는 색상마다 달라서 555(nm)(녹색)에서 최대를 갖고 청색 및 적색 영역으로 갈수록 떨어지는 경향을 가진다. (비상구 표시등이 왜 녹색인지 이유를 알 수 있을 것이다) 그림에서 청색이 녹색 LED 보다 방사효율이 적은 것으로 나타나는데 이는 시감도를 고려한 보정인자의 영향이며 같은 출력일 경우에 청색의 시감도가 녹색에 비해 1/10 정도 낮게 보이기 때문이다.

일반 조명에 사용되는 LED 는 출력이 높은 백색

LED 가 사용될 것이다. LED는 앞서 기술한 바와 같이 고체 에너지 전이에 의한 발광소자이며 자기 고유의 에너지갭에 따라 방출 파장이 결정된다. 한편, 색상학적으로 LED 처럼 좁은 스펙트럼을 갖는 발광체에서는 백색광이 존재하지 않는다. 백열등이 백색을 띠는 이유는 스펙트럼이 적외선에서 자외선에 이르는 넓은 스펙트럼이 합쳐져서 백색으로 보이는 것이다. 그림 5.처럼 백색을 갖기 위해서는 이처럼 두개 이상의 스펙트럼을 인위적으로 합쳐서 백색광을 만들어야 한다. LED의 경우 현재 빛의 삼원색인 RGB가 구현 가능하므로 이들의 조합으로 백색을 만들어 낼 수 있다. 보색끼리의 혼합으로도 백색광 방출이 가능하지만 연색성이 좀 떨어지는 경향이 있다.

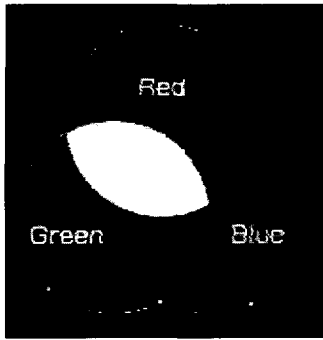


그림 5. 빛의 삼원색 조합에 의한 백색광

청색과 노란색을 섞어도 백색이 가능한데 현재 시판되는 백색 LED의 형태가 모두 청색 LED에 노란

색 형광체를 혼합한 방식인 것이다. 그러나 이 방식은 특허로 묶여 있는 기술이어서 많은 기업들이 이 방식에서 탈피하여 독자적인 백색광을 만들기 위해 노력하고 있다. 현재까지 알려진 백색광 제조방법을 표 2.에 정리하였는데 UV LED에 RGB 형광체를 혼합하는 방식에 의한 백색 LED가 연색성, 수명, 효율등을 고려할 때 가장 유망한 방식으로 평가되고 있다. 표 2.에서 제시된 방법 외에 최근에 개발된 방법으로는 청색 LED에 적색 형광체를 사용하는 방식으로 연색성을 개선하였다는 보고가 있으며 UV LED를 기반으로 양자점 크기의 반도체 나노파우더를 형광체로 이용한 백색 LED도 개발되었다고 전해진다.

표 2. 백색 LED 제조방법과 특성

	1 chip solution		Multi-chip solution	
	Blue LED / Yellow Phosphor	UV LED / RGB Phosphor	Binary Complementary	RGB Multichip
연 색 성	△	◎	△	○
색 안 정 성	○	◎	△	△
수 명	△	평가중	○	○
효 율	△	◎	○	○
현 광 체	양산중	개발중	필요없음	필요없음
응용분야필요없음	Back-light/Task light	조명	Task Light	Display / Sign

백색 LED의 기술 수준은 현재 상용제품이 30 lm/W 정도로서 일반조명으로 활용되기 위해서는 100(lm/W) 이상이 요구된다. 성능과 함께 중요하게 고려되어야 할 요소는 가격으로서 일반 백열등의 경우 lumen 당 1센트가 채 안되는데 반해 백색 LED의 경우 현재 0.5불 정도로서 일반조명등과 시장에서 경쟁하기 위해서는 lumen 당 5센트 이하는 되어야 경쟁력이 있을 것으로 평가된다.

3.2.7 백색 LED 기술 로드맵과 시장전망

앞서 기술한 것을 종합하여 LED 성능별 응용제품을 연차별로 예측해 보면 그림 6. 에서 보여주는 바와 같이 현재 30(lm/W)의 성능으로 제작되는 휴대폰 백라이트나 손전등 수준으로부터 50(lm/W) 급 대형 LCD 백라이트 모듈이 개발되는 2005년을 LED 시장의 전환점으로 추정하고 있으며 자동차 헤드램프가 상용화되는 2008년을 기점으로 기술이 성숙되고 2012년경 거리에 LED 가로등이 일반화 되는 조명 시대가 열릴 것으로 예측하고 있다.

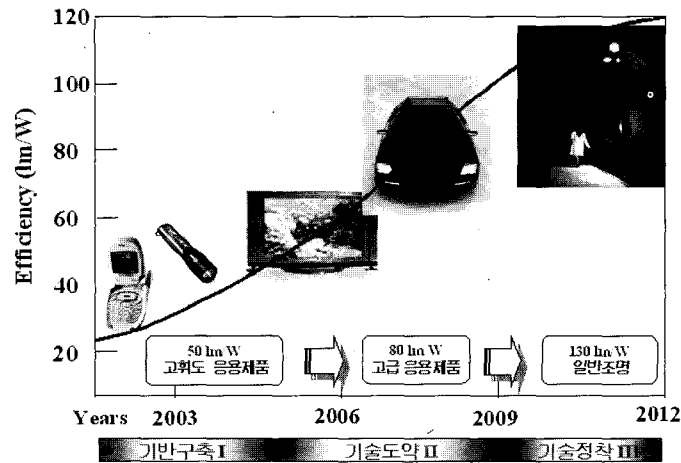
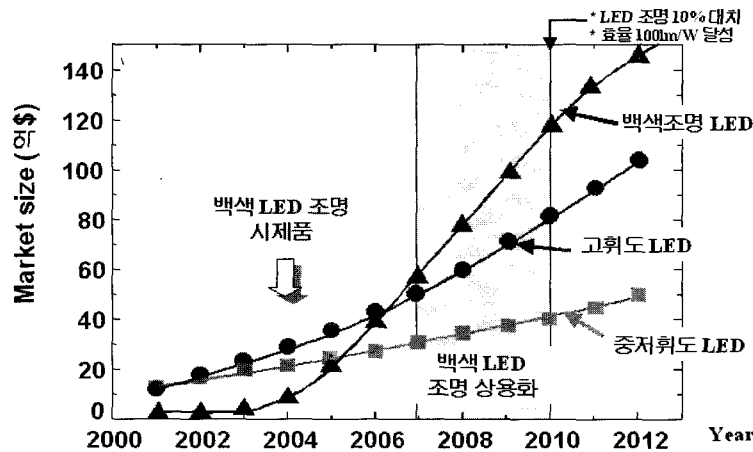


그림 6. 백색 LED 기술 로드맵

미국광산업진흥회(OIDA)와 Strategies Unlimited 그리고 한국의 넓은띠간격반도체연구회에서 제시한 자료를 바탕으로 그림 7. 과 같이 향후 LED 시장을 전망해 보면 중저휘도와 고휘도 LED 는 꾸준한 속도로 증가하는 반면 백색 LED의 경우 LCD 백라이트 제품이 시판되는 2005년을 기점으로 급격히 증가하기 시작하여 100(lm/W) 가 달성되는 2010년

경 일반조명등의 10%를 LED로 대체한다고 가정했을 때 약 120억불이 될 것으로 전망된다. 일반 조명등과 비교하여 LED가 갖는 외형적 장점과 기능성을 고려할 때 현재 상상하지 못하는 다른 활용 분야가 필연적으로 있을 것이라고 생각되며 이를 감안한다면 시장 규모는 훨씬 더 커질 수 있다고 생각된다.



자료: OIDA 백서(2002), Strategies unlimited (2003), 넓은띠간격반도체연구회(2003)

그림 7. LED 시장전망

4. 맺음말

21세기 최초의 기술혁신일 것이라고 평가되는 조명용 LED 산업의 성장성을 일찍부터 인식한 미국, 일본, 대만등 선진국은 국책프로그램으로 LED 산업을 지원하고 있으며 우리나라도 얼마전 10대 미래성장 동력산업 중에 LED 가 선정되어 국가적 차원의 지원이 이루어질 전망이다. LED 를 이용한 조명등을 개발하기 위해서는 기존 조명업체와의 협력관계가 필수적일 것이라고 생각되는데 이미 해외에서는 유수의 조명회사와 반도체 회사들이 공동으로 투자하여 반도체 조명회사들을 설립하였으며 이들 회사들이 현재 LED 기술과 시장을 선도하고 있다는 것은 의미하는 바가 크다. 많은 기업들이 당면한 문제 중 가장 심각한 문제로 인식되는 것은 특허 문제일 것이다. 대만과 같이 국가가 조직적으로 특허를 방어해주는 정책도 필요하겠지만 고유의 원천기술을 개발하는 것이 중요하다고 생각된다. LED 원천기술 개발과 함께 고려되어야 할 점은 응용시장이다. 소재부품 기술은 응용제품 시장과 운명을 같이 하기 때문에 새로운 응용시장을 창출하는 것도 기술개발의 동기부여 차원에서 필요할 것이다. LED 시장이 커지고 기술이 발전할수록 장애요소가 많이 나타날 것으로 생각되는데 산학연관이 유기적으로 협력하여 기반을 구축하고 전문인력을 양성하여 기술개발에 정진할 때 우리나라도 세계 LED 조명기술을 선도할 수 있는 위치를 차지할 수 있을 것이다.

◇ 저자 소개 ◇



백 종 협(白宗協)

1985-1989년 고려대 재료공학 학사.
 1989-1991년 고려대 재료공학 석사.
 1996-1999년 고려대 재료공학 박사.
 ('91~'99) 전자통신연구원 선임연구원.
 ('99~'00) University of California at San Diego 박사후 연구원. ('01) 전자통신연구원 초빙연구원.
 ('01~'02) Nova Crystals Inc. San Jose, Member of Technical Staff. ('01~ 현재) 한국광기술원 선임연구원. 주 관심분야 : LED/LD 에피, 공정, 패키징