

LED 조명산업의 현황과 전망

손원국 (서울반도체 책임연구원)

LED는 최근 들어서 가장 다양한 분야에서 활용되며, 주목받고 있는 전자부품 중의 하나이다. 초기에 LED를 개발했을 당시만 해도 LED의 활용도가 이렇게까지 발전하리라고는 생각지도 못했을 정도로 그 쓰임의 정도가 다양해서 최첨단 기술에 적용되는 것에서부터 어린아이들의 장난감에까지 거의 모든 분야에서 다양하게 응용되고 있다. 이러한 LED가 기존의 전통 조명시장까지 넘보게 된 이유는 기존의 빛이 가지고 있던 여러 가지의 단점과 제약을 해결하고, 아날로그가 아닌 새로운 디지털 시대의 환경에 대응할 수 있는 미래의 광원으로써의 가능성과 효율성을 제시할 수 있었기 때문이다.

초기 인류는 자연으로부터 발생되어지는 불을 조명으로써 활용하기 보다는 화식을 위한 도구와 수단으로써 이를 활용하였다. 이후, 문명이 발달하고 야외가 아닌 실내공간에서의 삶을 영위하게 되면서, 야간시간의 생활 확대와 더불어 조명으로써의 기능적 목적으로 불을 활용하게 되었다. 불은 인류와 함께 오랜 시간을 함께 하면서도, 조명으로써의 활용에 있어서는 인간이 이를 적극적으로 제어하기에는 많은 제약이 따랐다. 하지만 1870년대 에디슨이 백열램프를 개발하여 인류최초의 인공광원을 소개함에 따라 인류의 삶에 커다란 변화를 가져다주었다. 과거와 같은 형태의 불의 조명이 아닌 전기적 에너지를 이용한 조명용 빛을 인간이 활용할 수 있게 됨으로써, 과거에는

느낄 수 없었던 쾌적하고, 새로운 느낌의 야간 시간을 가질 수 있게 된 것이다. 그 이후로 1930년대 초반 수은램프의 개발과 1940년대 형광램프의 개발 등 다양한 인공광원들이 개발되어 우리의 일상생활에 적용됨으로써 오랜 인류의 역사와 비교해 본다면, 상당히 짧은 기간에 빛의 역사가 이루어져서 지금까지 발전해 온 것이다. 지금까지 개발되어진 인공광원이 과거 인류가 이루지 못했던 야간시간의 확보를 위한 기능적인 부분의 역할을 대신하였던 것이라면, LED를 이용한 새로운 빛은 기능적인 요소뿐만 아니라 미래시대에 맞는 환경적 우세성의 제공과 함께, 새로운 형태의 추가적인 기능과 질적인 향상성을 제시하는 신광원이라고 할 수 있다.

LED는 전자가 낮은 에너지 준위로 이동하여 정공과 결합하면서 에너지를 방출하면서 빛과 열이 발생되는 원리를 이용한 발광소자로, 1960년대 초 640(nm) 대역의 적색광을 발광하는 소자로부터 시작하여, 1970년대 초 초록색광, 오렌지색광, 노랑색광 소자가 개발되었다. 이때 까지만 해도 LED는 빛을 이용하는 조명으로써의 역할보다는 기계장치나 전자장비 등의 On/Off 특징 등을 명시하는 지시기(Indicator)등의 기능이 대부분이었다. 그러는 동안 1990년대 초반 청색LED가 개발되면서 LED의 활용범위는 크게 확대 되었다. 빛의 삼원색인 빨강색, 초록색, 파랑색이 구현이 가능하게 되어 자연계에서

얻을 수 있는 모든 종류의 색을 빛으로 구현할 수 있는 기능적 특성을 확보하게 되었다.

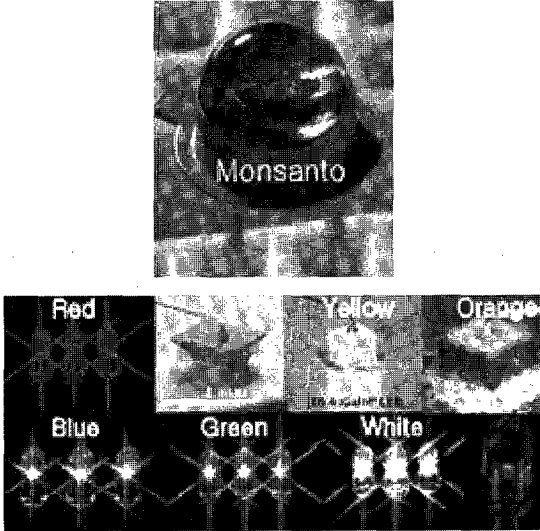


그림 1. 최초의 Red LED와 광색별 LED

LED는 노트북, 전자제품, 기계장치, 휴대폰, 자동차, 디스플레이, 조명, 특수장비 등 산업 전반에 있어서 다양한 분야에 골고루 적용되고 있는데, 이 중 가장 큰 성장성과 함께 많은 국가들이 정책적인 지원과 함께 발전을 지속화 시키고 있는 산업분야가 있다면, 이는 조명산업분야이다. 왜냐하면 일반국가의 전체 전력소모량 중 평균적으로 약 20[%]가 조명용으로 사용되어지는데, 조명산업이 다른 산업과 비교해볼 때, 상대적인 관리가 용이한 만큼, 이에 대한 효과적인 관리와 운용을 위하여 각 국가별로 다양한 정책과 기준 등을 정비하고, 일상에서의 보다 빠른 LED조명의 대중화를 위한 방안을 강구하고 있다.

다양한 LED의 컬러 중에서 조명용으로 사용되기 컬러는 단연 백색이다. LED의 백색구현 기술은 그림 2와 같이 크게 3가지로 나뉘어 질 수 있는데, 조명용으로 가장 많이 사용되어지는 기술은 청색LED와 노랑색 형광체를 하나의 LED패키지로 구성하는 기술이다.

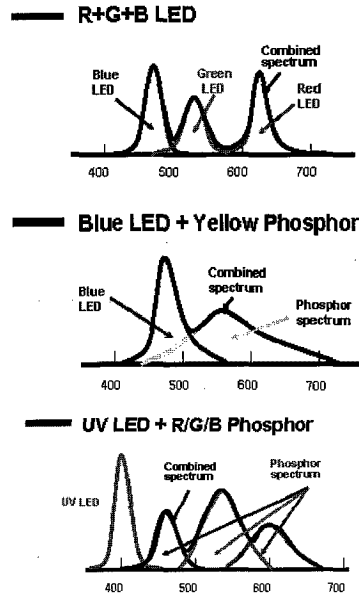


그림 2. 백색 LED구현방법

조명에서 사용되는 백색은 백열등과 같은 따스한 백색인 온백색(Warm White)과 형광램프와 같은 시원한 백색인 주광색(Daylight White) 등으로 구분 되는데, 이는 같은 백색이라 할지라도 그 광원의 특징에 따라서 색감이 다르기 때문이다. 이는 색감에 따라서 켈빈온도를 구분할 수 있는데, 온백색은 약 3,000[K]이고, 주광색은 약 6,500[K]로 표현되는데, 이를 색온도라고 표현한다. 그리고 우리가 백화점에서 의류를 골라서 구입했을 때, 구입한 물건이 집에 와서 보면 백화점에서 보았던 물건과는 다른 색감을 느끼게 되는데, 이는 광원의 파장특성에 따라서 색감이 달라지는 시각의 특성 때문이다. 태양빛 아래에서의 시각도를 100이라고 규정하고, 이를 기준으로 색의 재현특성을 비교한 값을 연색지수라고 표시한다. 과거에는 조명제품을 활용하는데 있어서 이러한 색온도와 연색성은 일반적으로 중요한 사항은 아니었다. 왜냐하면, 그냥 필요에 따라 광원을 사용하면 되기 때문이었다. 하지만, LED조명의 경우는 기존의 조명과는 달리 실내외뿐만 아니라 여러 가지 특수한 분야에

까지 다양하게 사용되어질 수 있는 광원이기 때문에, LED조명에 있어서는 매우 중요한 평가지표가 되었다.

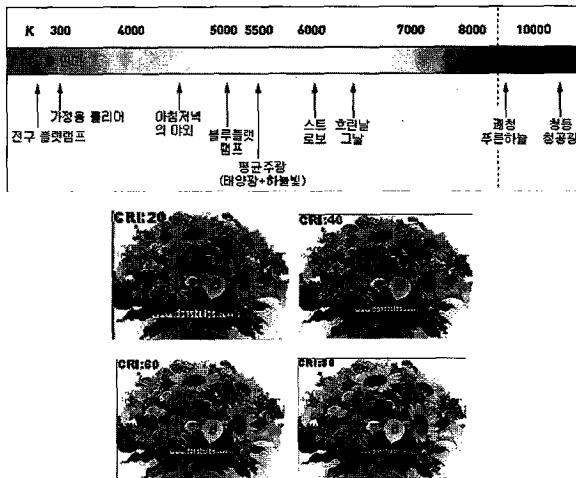


그림 3. 색온도와 연색성 비교

일반적으로 사용되어지는 조명용 광원은 그림 4에서 보는바와 같이 백열램프로부터 메탈할라이드램프에 이르기까지 사용용도와 출력 등의 특징에 따라 다양하게 분류되어질 수 있으며, 오랜 연구와 지속적인 개발을 통해 광원의 효율도 꾸준히 향상되어, 광원에 따라서는 130(lm/W) 이상의 효율을 보이는 광원도 있다. 하지만 LED의 경우 이러한 광원들의 기술적 연구개발의 시간과 비교해 볼 때, 상대적으로 매우 짧은 시간에 현존하는 기존 광원의 최고효율을 넘어서는 제품까지 벌써 개발되었고, 근시일 내에 이러한 제품의 양산을 준비하고 있다. 이는 기존의 조명이 LED광원을 바탕으로한 새로운 조명으로 변화됨을 의미한다. 또한, LED조명은 조명산업에 새로운 시장을 개척해 나갈 수 있는 신성장 산업으로써의 모티브를 제공하게 되었는데, 전 세계적인 에너지 절감과 CO2 저감화 방안을 강구하는 시대적 필요성으로 인해 LED를 이용한 조명의 활용과 필요성은 더욱 강조되고 있다. 즉, LED를 이용한 조명산업은 더욱 적극

적인 참여가 요구되어지는 미래지향적 산업분야의 핵심으로 차지하게 된 것이다.

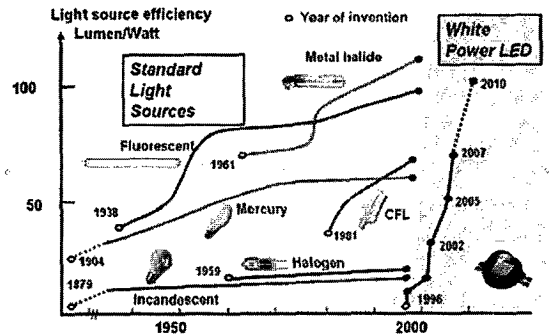


그림 4. 광원별 효율특성 비교

조명용으로 사용되어지는 LED는 대표적으로 그림 5와 같이 4가지 형태로 구분할 수 있는데, 이는 응용 분야에 따라 그에 적합한 LED를 활용하기 때문이다. 그림 5에서 A형의 경우 소형 장식용 램프류나 혹은 교통신호등용 제품 등에 일반적으로 사용되어지고, B형의 경우 자동차용 브레이크등용 조명제품에, C형의 경우는 최근에 많이 사용되고 있는 LED형광등용 제품 혹은 면광원용 조명제품에 마지막으로 D형의 경우 가장 다양하게 활용되어지는 타입의 제품으로 교체용램프 시장용제품인 MR16 혹은 벌브류, 실내등, 실외등기구 등 다양한 분야의 조명제품에 사용되어지는 타입이다.

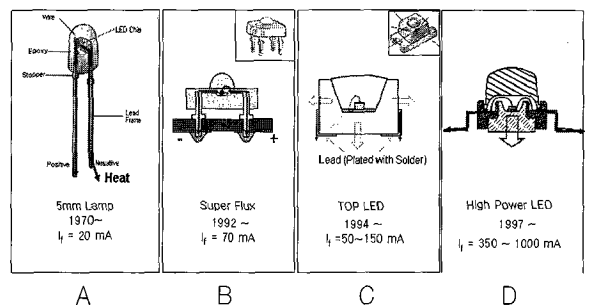


그림 5. 조명용 LED패키지 형태

특집 : LED 조명산업의 현황과 전망

조명용 LED제품으로 가장 많이 사용되고 있는 하이파워 LED타입의 제품의 경우 일반적으로 그림 6과 같은 기본 구성을 하고 있으며, 각 LED제조업체들이 가지고 있는 기술적 노하우 등을 통해 보다 높은 효율의 제품을 경쟁적으로 개발하고 있다.

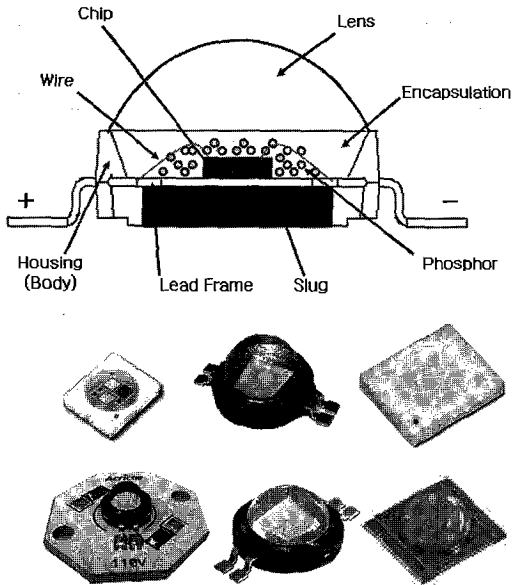


그림 6. 하이파워 LED구조 및 제품사례

과거의 LED는 표시기와 같은 기능적 역할에만 주로 사용되다보니 조명으로써의 특징적 요소를 발견하기 힘들었으나, LED가 조명으로써 사용이 확대되면서 단일 LED의 단위 전력당 광효율(lm/W)이 높은 제품이 지속적으로 개발되어, 모든 개발업체들이 경쟁적으로 효율향상에 주력하고 있다. 이 덕분에 LED는 기존의 조명용 광원이 효율개선에 오랜 시간이 소요된 것에 반해, 상대적으로 매우 짧은 시간에 현존하는 거의 모든 광원의 효율을 증가하는 수준까지 성능이 향상하게 되었다. 앞으로는 높은 광효율과 더불어 단일 소자에서 높은 출력이 요구될 것으로 예상되며, 환경보호, 감성 및 건강, 미용 등과 같은 부가적인 요소들을 만족시킬 수 있는 제품의 등장이 예상된다.

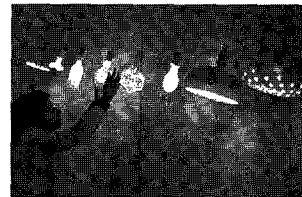
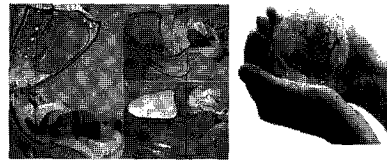
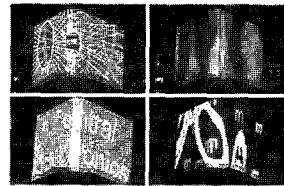
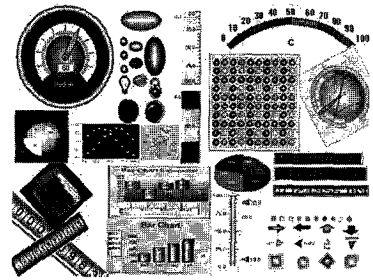


그림 7. 조명용 LED 트렌드 변화

지금은 LED를 이용한 조명제품을 다양하게 확인할 수 있는데, 초기의 LED조명 제품은 대부분이 LED를 이용한 토치와 같은 손전등 제품이 많았고, 그 다음으로 일상의 조명제품으로 적용하는데 있어서 가장 많이 개발된 제품이 기존의 할로젠램프를 대체하는 타입의 조명인 MR16램프와 백열램프 타입의 제품이었다(그림 8 참조).

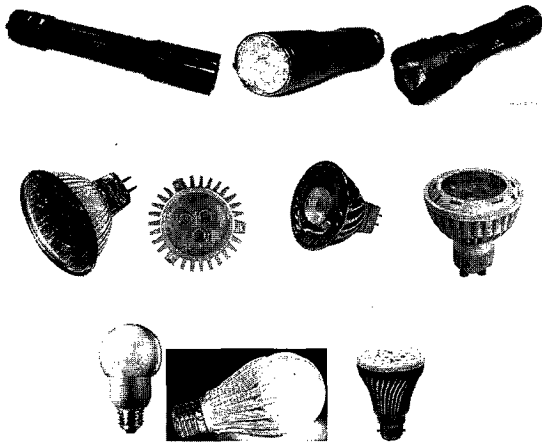


그림 8. 초창기 LED조명 제품류

특히, 백열램프타입의 LED조명제품은 국제적인 백열램프 사용규제의 확대에 의해 그 시장이 가장 빨리 성숙되고, 확대될 것으로 예상이 되기 때문에, 세계적 메이저급 조명업체들에서도 가장먼저 이러한 제품의 보급 확대를 위한 기술적, 경제적 완성도를 높여 가고 있는 추세이며, 수많은 LED조명업체들이 자신들만의 특화된 기술을 이용하여, 다양한 제품들을 개발하고 있어서, 경쟁이 치열할 것으로 예상된다.

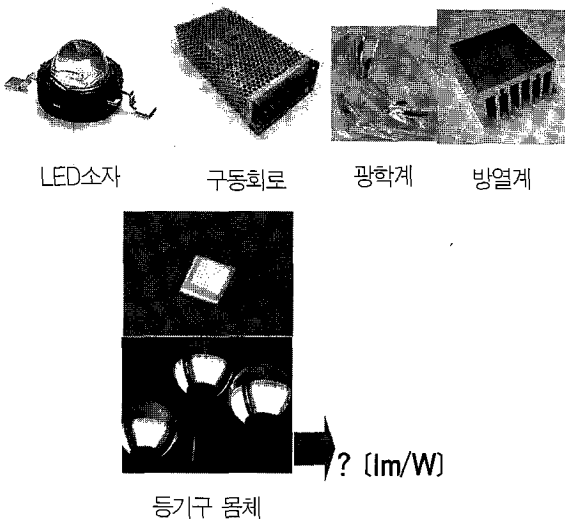
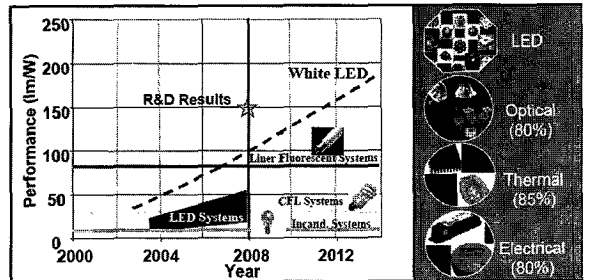


그림 9. LED조명의 구성

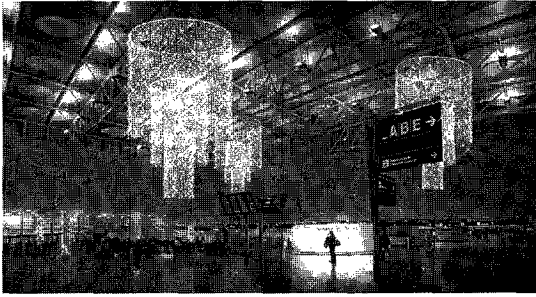
그림 9에서 보느냐와 같이 LED조명제품 크게 5가지 요소로 구성되는데, 이는 LED소자(LED패키지류)와 구동회로(컨버터류, AC LED의 경우 불필요), 광학계(렌즈 및 반사판류), 방열계(히트싱크류), 등기구 몸체(하우징류)이다. 이러한 5가지 요소가 얼마나 최적으로 결합되었느냐에 따라서 제품의 효율과 성능이 결정되어진다. 그림 10에서와 같이 LED조명의 구성요소에 따른 각각의 효율특성에 따라 전체 시스템의 효율이 결정되는 것이다.



※ 출처: Lighting Research Center 2008(RPI, USA)

그림 10. LED조명 구성요소별 효율특성

즉, 아무리 좋은 LED를 사용한다 할지라도 이러한 구성이 최적이지 아니하면 우수한 제품이 될 수 없다. 구성되어지는 요소에 따라 40(lm/W)급 제품이 될 수도 있고, 70(lm/W)급 제품이 될 수도 있다. 이는 시장에서 제품을 사용할 수 있느냐 없느냐를 구분할 수 있는 지표가 되기도 한다. 그러므로 LED조명의 저변 확대를 위해서는 LED자체의 효율도 중요하지만 LED조명을 구성하는 주변기술의 동반적 발전이 매우 중요함을 알 수 있다. 초기의 LED조명제품의 시스템 효율은 최적화되지 못한 경우가 많아서 기능적인 부분의 만족은 가능했지만 성능면에 있어서는 많은 한계를 가지고 있었다. 아직도 많은 부분의 개선이 필요하지만, 지속적인 LED소자기술의 성능향상과 소재기술, 광학기술, 회로기술 등의 성능향상은 기존의 많은 전통조명을 대체하는 수준까지 이르렀다.



(a) 스위스 취리히공항



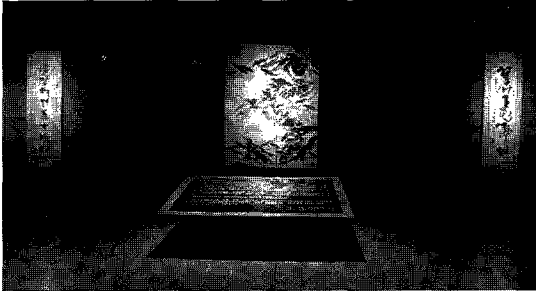
(b) 스페인 거리



(c) 로마 거리



(d) 독일 성당



(e) 중국 대안박물관



(f) 국립중앙박물관

그림 11. 다양하게 적용되고 있는 LED조명

그림 11에서와 같이 LED는 기존의 다양한 전통조명을 대체할 수 있는 수준의 시스템으로 개발되어 적용되고 있으며, 이러한 시장의 보급과 확대는 더욱 가속화 될 것이라는 것이 명백한 사실로 받아들여지고 있다. 기존 조명의 한계를 뛰어넘는 기능과 성능에서 사용자에게 경제성과 안전성 및 편의성을 제공할 수 있는 수준으로 발전해왔으며, 다른 기술들과 융합되어진 기술로의 확대도 예상되어진다. 특히 최근에 더욱 기술의 확대가 가속화 되고 있는 미래형 기술인 IT

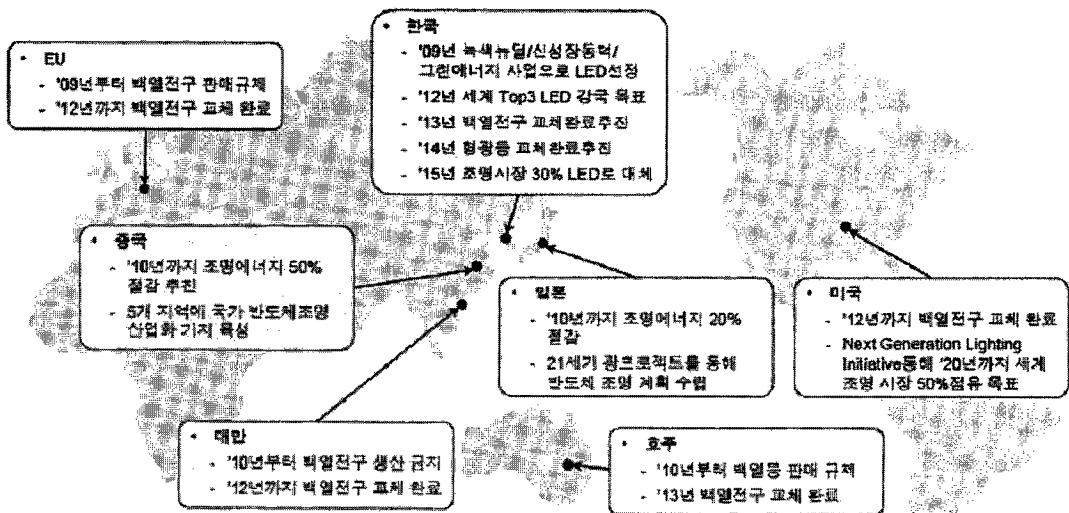
기술 등과 접목 등이 이루어진다면 더욱 다양한 기술로의 확대도 가능할 것으로 예상된다.

다른 여러 나라들과 마찬가지로 우리나라도 LED 조명은 국가발전을 위한 청사진의 정책적 모티브로도 많은 관심을 받고 있는데, 대표적인 LED조명 정책이 “1530프로젝트”이다. 이는 2015년까지 우리나라 조명의 30(%)를 LED조명으로 바꾸겠다는 정부의 정책으로 이로 인한 예상효과는 표1)에서 보는 바와 같다.

표 1. LED조명기기 30(%) 보급시 에너지 절감량 및 절감액

LED Lamp 효율 (lm/W)	70(lm/W)	90(lm/W)	120(lm/W)	150(lm/W)	180(lm/W)
한국 LED조명 보급률 ((%))	30	30	30	30	30
LED조명 보급에 따른 일반조명 전기절감량 [GWh]	3,368	4,245	5,036	5,510	5,827
LED조명 보급에 따른 일반조명 전기절감액 [백만원]	306,502	386,252	458,233	501,422	530,214
교통신호등, 유도등, 문자형 간판 전기절감량 [GWh]	1,795	12,775	17,790	25,770	31,500
교통신호등, 유도등, 문자형 간판 보급에 따른 전기절감액 [백만원]	163,345	1,162,525	1,618,890	2,345,070	2,866,500
총 전기절감량 [GWh]	5,163	17,020	22,826	31,280	37,327
총 전기절감액 [백만원]	469,847	1,548,777	2,077,123	2,846,492	3,396,714
CO2 배출 절감 (천톤) (탄소방출계수: 0.39(kg) CO2/kWh)	2,014	6,638	8,902	12,199	14,557
나무심기 효과 (백만그루) (나무 한그루 당 연간 14(Kg) CO ₂ 흡수)	144	474	636	871	1,040

※ 출처: 한국광기술원 조사분석 (2008.4, 1[kWh]당 91원 기준)



※ 출처: 딜로이트 컨설팅

그림 12. 세계 주요국가의 LED보급정책

정부에서는 초기비용이 상대적으로 많이 드는 LED조명의 보급 확대를 위해 관공서 조명을 LED조명으로 교체하는 사업을 2008년 12월부터 시작을 하였고, 이를 계속해서 확대 적용해 나갈 예정이다. 또한, 미래의 기술에 대한 지원을 위한 방안으로 지식

경제부에서 진행하는 통합기술청사진 사업에 있어서도 LED조명을 중점 핵심기술로 지정하고 앞으로도 꾸준히 연구개발에 대한 비용지원을 더욱 확대해 나갈 예정이다. 그리하여 2010년 올해의 경우 지식경제부에서는 LED조명의 도입에 대한 지원 사업비를

특집 : LED 조명산업의 현황과 전망

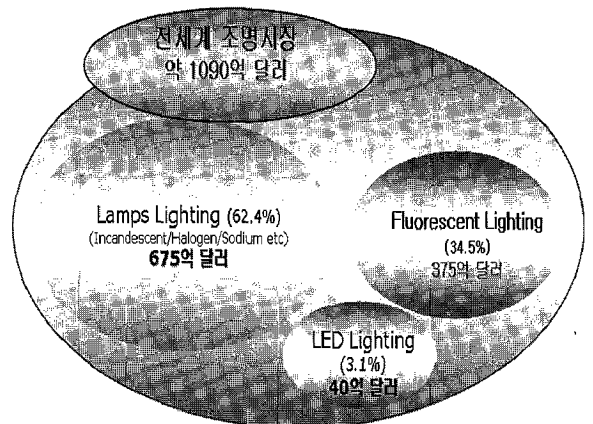
작년 대비 2.5배 확대한 110억원 배정하였으며, 다양한 지원시책과 확대방안을 모색 중에 있다.

또한 많은 국가들에서 LED조명의 보급 확대를 위해 정책적 사례를 확인할 수 있는데, 미국의 경우 에너지부(DOE)에서 포괄적 LED 조명산업육성 전략을 통해 기초연구에서부터 상품개발, 상용화, 표준화, 입찰 판매 등과 같은 총괄적인 지원이 이루어지고 있으며, 다양한 기관 등이 LED조명산업의 육성보급을 위해 LED조명제품의 콘테스트와 같은 행사를 매년 실시하고 있으며, 독일도 다른 EU국가와 같이 2012년까지 단계적으로 백열램프 사용을 금지하고, 이를 에너지 세이빙램프나 LED램프로 대체하도록 하는 것과 함께 각종 LED분야에 대한 표준화를 적극적으로 지원하고 있다. 중국도 반도체 조명관련 다양한 프로젝트와 더불어 저효율 조명제품의 시장퇴출, LED 표준화 가속화, 10개 도시 만개전등 LED시범 프로젝트, LED조명제품 보조금지원 등을 통해 국가차원에서의 LED조명 보급을 위한 적극적인 정책을 시행하고 있다.

LED조명사업에 대한 경쟁은 국내에서도 수많은 중소기업뿐만 아니라 대기업들 각자가 자신들의 목적과 특징에 맞는 LED조명사업을 추진하고 있으며, 다양한 제품군의 개발과 함께 특정한 고유기술의 확보를 위한 노력에 박차를 가하고 있다. 또한, KS와 같은 LED조명제품에 대한 기준과 표준 안들이 지속적으로 구축됨으로 인해 제품의 성능과 품질적인 측면에 있어서도 개선효과를 얻을 수 있게 되었다. 하지만 아직까지 큰 시장을 형성하지 못하고 있는 LED조명시장의 장기적 비전만을 위한 무조건적인 투자와 업체들간의 과다 경쟁은 얼마간은 상당히 치열하게 진행될 것으로 예상된다. 전 세계적으로 볼 때는 더욱 심한 경쟁과 견제가 있을 것으로 예상된다.

특히, LED분야에 있어 다양한 기술과 부품소재 제공능력을 갖춘 대만의 경우 대만정부 차원에서 백색LED조명산업 발전지도 계획 및 대만의 주요 LED

업체들을 소집하여, 공동으로 연구할 수 있는 기관을 구성하여 국제적 표준화 활동에 적극참여하도록 재정적 지원을 아끼지 않는다. 이외에도 일본, 러시아, 태국 등 수 많은 국가에서 앞으로 크게 성장할 LED조명시장에 대해 자국의 입지확보를 위한 환경조성을 위해 정책적인 지원을 아끼지 않고 있다.

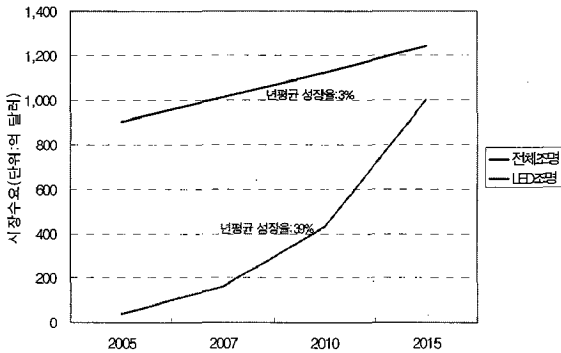


※ 출처: Strategies Unlimited 2008

그림 13. 세계 조명시장 규모

그림 13에서와 같이 2008년 기준으로 전 세계 조명 시장은 약 1,090억 달러의 규모를 형성하고 있으며, 이 중 백열램프나 할로젠램프와 같은 실내조명용 광원을 중심으로한 조명시장과, 경관조명과 같은 외부조명으로 사용되는 나트륨램프 시장이 60(%) 이상을 차지하고 있으며, 사무실용 광원으로 주로 사용되는 형광램프(아시아 지역의 경우 일반 실내용 주 광원으로 사용됨)의 경우도 약 35(%)를 차지하고 있다. 이에 비해 LED조명의 경우 약 3(%) 정도의 비율을 차지하고 있지만, 표 2에서 보논바와 같이 2015년에 LED조명시장은 전체 조명시장의 80(%)를 차지할 것으로 전망하고 있다. 이는 2012년을 기점으로 전 세계적인 백열램프 사용규제와 함께, LED의 효율향상에 따른 기타 모든 광원의 성능대처를 감안해 본다면 충분히 가능할 것이라고 생각된다.

표 2. 세계 조명산업 전망(전체조명/LED조명)



※ 출처: 지식경제부 분석자료

앞으로의 LED조명시장은 앞서 언급한 바와 같이 상당히 매력적인 요소를 가지고 있지만, 시장만 보고 뛰어든다면, 상당한 리스크를 감수해야 할 것이다. 조명분야의 세계적 선두업체의 경우도 상당히 오랜 시간동안 LED조명에 대해서 시행착오 및 핵심기술 확보, 시장 상황에 따른 전략적인 판단을 거쳐 LED조명사업에 참여하고 있기 때문이다. 이러한 업체들과 동등선상에서 경합을 한다는 것은 예상되는 결과를 미리예측 할 수 있다. 또한, 시장의 상황에 따른 진입, 진출방안에 대한 우선순위를 정해 제품을 개발해야 한다. 기존 조명제품대비 초기 비용에 대한 부담이 큰 사업이니만큼 정책적인 지원이 이루어지는 제품군 혹은 초기투자대비 유지보수의 비중이 높은 제품군에 대한 개발이 우선시 되어야 할 것이다. 또한, 일반적인 조명제품의 적용보다는 농업, 어업, 군수, 항공, 의료 등 특수한 분야로의 제품개발이 다양한 형태로 개발되어 빠르게 적용되어질 것으로 예상된다. 그리고 LED조명은 여러 가지의 틈새시장 진입이 가능하여 앞으로도 다양한 형태의 새로운 조명제품들이 시장에 소개될 것이다. 이때까지는 일정 수준이상의 품질을 가지고 있는 LED조명제품 가격에 LED소자가 가격의 비중을 매우 높은 편이지만, 향후에는 LED소자 자체에 대한 가격의 비중이 상대적으로 많이 줄어들

것으로 보이며, 현재는 조금 과장되어진 LED조명제품에 대한 실제 수명특성, 조명제품 시스템 전반에 대한 효율과 디자인의 질적 향상을 위해 더욱 많은 투자가 이루어질 것으로 보인다. LED조명의 보급 확대는 이러한 환경과 기술을 바탕으로 하여 이루어지는 것이다.

제2의 반도체 산업이라고 불릴 만큼 큰 성장이 기대되는 LED산업에서 LED조명사업은 가장 큰 성장성과 기회를 가져다 줄 새로운 미래의 블루오션임이 틀림없는 사실이다. 하지만, 기존 시장에 대한 명확한 이해와 분석이 선행되지 않고, LED조명의 특정 기술만을 무기로 참여하게 된다면 많은 어려움을 맞이할 것으로 예상된다. 그러므로 기존시장과 신규시장의 점진적 융합이 잘 이루어질 수 있는 환경의 조성과 함께 시스템 전체 효율을 향상시킬 수 있는 관련 핵심기술의 확보를 통해 시장이 발전할 것이다.

◇ 저 자 소 개 ◇



손원국(孫原國)

1974년 1월 14일생. 1999년 2월 부산대학교 공과대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 12월 미국 RPI공대 Lighting Research Center Lighting Engineering Visiting Scholar 수료. 1999년 1월~2006년 2월 부산 대양전기공업(주) 조명연구팀장. 2006년 2월~현재 서울반도체(주) 기술연구소 책임연구원.

- 대외활동

- 한국 LED조명표준화(KS) 재정위원(현재)
- 한국 부품소재협회 평가위원(2007년 10월~현재)
- 한국생산성본부 평가교수(2006년 2월~2008년 2월)
- 한국산업기술평가원 정위원(현재)
- 지식경제부 기술통합청사진 LED분과 기획위원(2009년)
- IEC TC34 전문위원(현재)