OLED 조명 기술 동향

추혜용
ETRI OLED 조명연구팀 팀장
hychu@etri.re.kr
이정익, 유병곤
ETRI 신소자소재연구부

1. 개요
2. OLED 조명의 국내외 동향
3. 향후 전망 및 결언

1. 개요

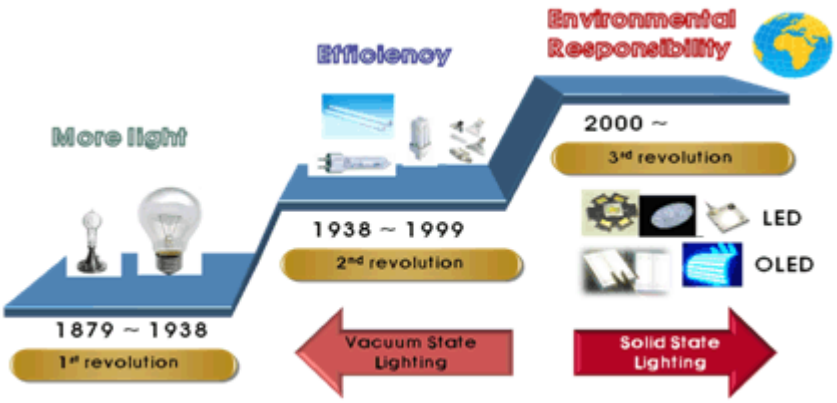
세계는 지금 기후변화에 의한 환경위기와 고유가에 의한 자원위기에 직면해 있다. 특히, 기후변화 문제는 연이은 기상재해를 유발하는 것은 물론, 생태계질서를 근본적으로 뒤흔들며 인류의 생존을 위협하고 있다. 이로 말미암아 국제사회에서 기후변화에 공동으로 대처하기 위한 노력이 최우선 국제의제로 논의되고 있다. 우리나라는 세계 10 대 에너지 소비국이다. 그런데 이 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있으며, 향후 온실가스의 감축의무가 부과될 경우, 우리나라 경제가 안게 될 부담은 상상이상일 수 있다. 이러한 환경적, 사회적 변화에 대응하는 '저탄소 녹색성장(Low Carbon Green Growth)'이 우리의 미래와 발전을 가늠하는 척도가 되고 있다.

전 세계는 온실가스의 배출을 줄이기 위한 방안의 하나로 에너지 소비의 약 20%를 차지하고 있고, 연각 17 억 톤의 이산화탄소를 배출하고 있는 조명의 고효율화를 위한 노력이 다각적으로 이루어지고 있다. 1879 년 에디슨에 의해 발명되어 현재까지 사용되고 있는 백열등은 저렴한 비용과 다양한 용도로 인해 일반조명용 광원으로 가장 많이 사용되고 있으나, 효율 특성이 20lm/W 에 불과하여 세계 각국에서 사용규제를 논의하거나 의결하고 있다.

한편, 1938 년에 개발되어 효율이 백열등의 7~8 배인 형광등은 적은 열발생과 저전력 소모로 인해 지금까지 꾸준히 사용되고 있으나, 수은 10~50mg 과 납 10.8~12.4 %가 함유되어 있어 중금속 사용규제(RoHS, WEEE)로 인해 그 사용이 규제될 계획이다.

앞서 업급한 바와 같이 기술 발전과 경제적, 사회적 환경 변화를 고려할 때, 미래의 조명은

* 본 내용과 관련된 사항은 ETRI OLED 조명연구팀 추혜용 팀장 (☎ 042-860-6031)에게 문의하시기 바랍니다.
** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 NIPA 의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.



(그림 1) 조명의 메가트랜드

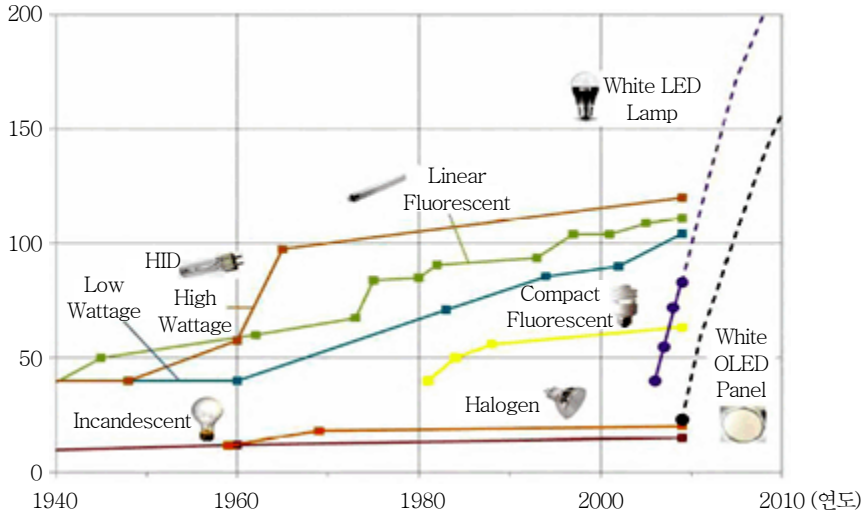
4 가지 트랜드를 중심으로 발전해 나갈 것을 예측된다.

먼저, 조명의 에너지 절감화이다. 에너지 비용의 상승 압박에 따라 각국 정부의 관심이 에너지 절감, 특히 조명용 전기에너지 절감에 쏠리고 있다. 전 세계 전기에너지의 20%(선진국의 경우 25%, 우리나라의 경우 20%)를 차지하고 있는 조명에 소비되는 전기에너지는 잠재적인 절감폭이 크기 때문에 조명의 효율화 및 제어시스템의 개선을 통해 에너지 절감을 추진하고 있다.

두 번째는 조명의 친환경화이다. 교토의정서가 발효된 데 이어 EU 의 유해물질금지법(RoHS, WEEE) 시행에 따라 납이나 수은을 함유하지 않는 친환경 조명 제품 개발이 중요한 화두로 떠오르고 있다. 또한, 조명에 태양전지나 풍력 등 재생가능 에너지를 접목시킨 친환경 제품들도 등장하고 있으며, 가로등, 버스정류소 지붕, 바닥블럭등, 지중매입등, 바닥 및 벽유도등 등의 용도에 적용되고 있다. 이러한 제품은 에너지 절감과 유지관리비 절감 등의 장점으로 인해 공공용 시장을 중심으로 꾸준히 성장해 나갈 전망이다.

세 번째로는 조명의 인간친화적 감성화이다. 최근들어 조명을 통해 소비자가 자신이 머무는 공간을 아름답게 꾸미는 것외에 밝은 느낌이나 편안히 쉬는 느낌, 심리적 안정감, 집중력 향상 등 심리적인 효과도 함께 얻기를 원하며 디자인, 색감등의 변화를 통해 다양한 분위기를 표현할 수 있어야 한다.

네 번째로는 조명의 지능화이다. 수동적인 개념의 전통조명에서 무선센서 네크워크를 기반으로 하여 환경, 감성의 변화에 따라 광량, 광색온도, 광색 등을 조절할 수 있어 에너지 절감뿐만 아니라 농수산의 수확 확대, 정보 통신 등의 최적의 조명 환경을 구현하는 능동적인 조명으로 진화하고 있다. 따라서, 반도체 기술을 기반으로 하여 유비쿼터스 환경에 부합하는 환경-조명, 감성-조명간의 양방향 정보 교환의 능동적인 조명 제어 기술과 조명과 통신, 네트워크 기술 등



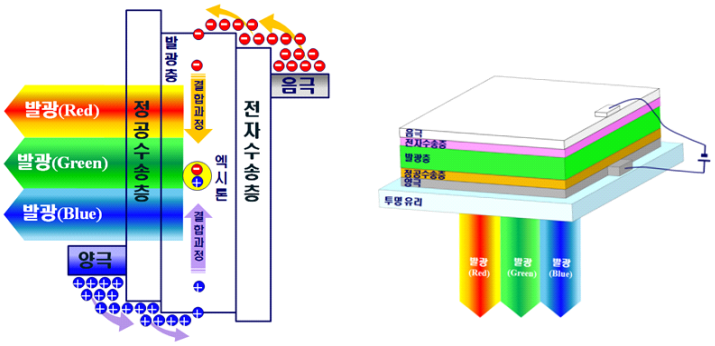
(그림 2) 광원별 효율 특성 발전 추이

과의 접목을 통해 농・생명, 해양・수산, 에너지 기술과 연계한 IT 융합 조명기술로 진화하고 있다.

백열등, 형광등, HID 와 같은 전통적인 광원들은 지난 60~120 년동안 광원의 고효율화를 위한 연구가 꾸준이 이루어져 왔으나 그 한계에 다다르고 있다. 이에 따라 앞서 기술한 조명의 발전 추이에 부합하기 위해 차세대 고체조명(Solid State Lighting)인 LED(Light Emitting Diode)와 OLED(Organic Light Emitting Diode)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 2020 년에 LED 와 OLED 가 각각 200lm/W, 150lm/W 급의 효율 특성을 확보하는 것을 목표로 하고 있다.

2. OLED 조명의 국내외 동향

이중에서도 OLED 기술은 지금까지는 자발광형 디스플레이로 활용되어 왔으나, 수은, 납 등

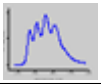
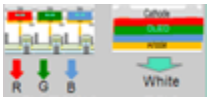


(그림 3) OLED 발광 원리 및 구조

의 중금속을 사용하지 않아 환경친화적이며, 고효율 광원으로의 가능성이 높아 차세대 조명으로 주목받고 있다. OLED 는 (그림 3)과 같이 양극(Indium Tin Oxide: ITO)과 음극(Cathode Meatla Layer) 사이에 기능성 박막형태의 유기물 반도체층이 삽입되어 있는 구조로, 양극에서 정공이 주입되고, 음극에서 전자가 주입되어 유기물층 내에서 이동하면서 유기물층에서 전자와 정공이 만나 빛이 발생되는 발광소자이다.

OLED 조명은 디스플레이와는 달리 TFT 백플레인이 필요하지 않으며, 백색광의 단일 픽셀로 패널을 구성하는 하는 것이 가장 큰 차이점이다. 이러한 차이점으로 인해 초고속 공정과 유기소재 소비효율을 극대화할 수 있으며, 이러한 기술의 개발이 기존 광원과의 가격 경쟁력 확보를 위해 반드시 선행되어야 한다.

<표 1> OLED 디스플레이와 OLED 조명의 차이점

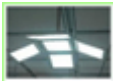
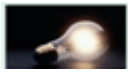
구분	AMOLED 디스플레이	OLED 조명	비고
구조	-TFT Backplane 필요 - RGB 픽셀 필요	-TFT 필요 - 백색광의 단일 픽셀로 구성 	
OLED 특성	- 색온도: 6,000~10,000K - 효율: 10~20lm/W - 연색성: 고려안함(<60) - 시야각: 지향광	- 색온도: 3,000~6,000K - 효율: 12~100lm/W - 연색성: >70 - 지향성: 확산광	
제조 장비 호환성	- 픽셀 구성을 위한 기능 필요 - 공정시간: 현 4 분(<2 분 목표) - 유기소재소비율: 현 15%(40% 목표) - 2 세대형 생산장비로 양산중 - 5.5 세대형 생산장비 개발중	- 픽셀 불필요 - 공정시간: 1 분 요구 - 유기소재소비율: >50% 요구(70% 목표) - 2 세대 설비로 파일럿 생산 - 5.5 세대 이상 장비 개발 예정	디스플레이용 장비로 조명용 패널의 제조는 가능하나 원가를 낮출 수 없음

OLED 는 백열등, 형광등, LED 등과는 달리 면광원 형태로 제작이 가능하며, 약 1.0~2.0mm 의 두께를 갖는 얇은 광원으로 제작이 가능하다. 타 광원을 이용하여 면광원화하는 과정에서 소요되는 부가적인 부품이 필요하지 않으며, 효율, 연색성 감소와 같은 문제점이 없어 면광원이 요구되는 실내조명으로 응용 면에서는 매우 큰 장점이 있다. 또한, 발열이 없으며, 다양한 색상을 구현할 수 있고, 디밍이 가능하여 에너지 절감효과가 있다. 이와 같은 잠재 발전 가능성으로 인해 선진국 및 조명 선진업체는 2000 년 초반부터 원천기술 확보에 주력해 왔다.

조명 선진국인 미국, 유럽, 일본 등에서는 2000 년부터 OLED 조명 기술 확보를 위한 전략적 투자가 이루어지고 있으며, 주요 국가별 주요 프로젝트 현황은 다음과 같다.

미국은 에너지성(Depart Of Energy: DOE)의 지원 하에 'Next Generation Light' 프로젝트의 일환으로 2000 년부터 OLED 조명을 위한 기술 개발이 이루어지고 있으며, 2009 년까지 투입된 전체 연구비의 약 46% 이상을 OLED 조명의 핵심기술 개발에 투입하면서 2015 년까지

<표 2> 조명용 광원별 특성 비교

구분	OLED	LED	형광등	백열등
특징	면광원 	점광원	선광원	원광원 
광원효율(lm/W)	50	100	~70	20
연색생	>80	80	80~85	100
수명(시간)	>20,000	100,000	20,000	1,000
Dimmable	Yes, efficiency increase	Yes, efficiency increase	Yes, efficiency increase	Yes, but much lower increase
Safety	None to data	Very Hot	Contains Hg	Very Hot
Noise	No	No	Yes	No
단가($/Klm)	24	100	10	1
+/-	다양한 형태 등기구화 효율 우수	고휘도 (신호등, 자동차, LCD 백라이트)	저렴한 가격	저렴한 가격

100lm/W 의 효율과 10$/klm 가격을 목표로 Philips, GE, OSRAM, Universal Display Co., Dow Corning Co. 등이 참여하고 있다. 2010 년에는 DOE 가 40.6 만 달러의 연구비를 투자하여 총 35 개의 프로젝트가 수행되고 있다. 특히, UDC(Universal Display Co.)사는 인광소재의 원천기술을 기반으로 100lm/W 급의 고효율 특성을 보고하며, OLED 조명의 고효율화 가능성을 제시한 바 있다[1].

유럽은 오스람, 필립스 등이 중심이 되어 컨소시움을 형성하여 OLED 광원의 고효율화, 저가격화, 투명광원 개발, Roll-to-Roll 공정 및 소재 개발 등의 다수의 프로젝트들이 수행되고 있다. 제 7 차 EU Framework Programme(FP7)의 일환으로 수행되고 있는 OLED100.eu 프로젝트는 2011 년까지 100lm/W 급의 효율 특성과 100€ /m^2 급의 패널가격 확보를 목표로 오스람, 필립스 등이 중심이 되어 한 15 개 산・학・연의 연구기관이 참여하며, 36 개월동안 총 19.96 만 유로의 연구비가 투입되고 있다[2].

독일은 정부의 BMBF 프로그램에 따라 NEMO(New Materials for OLEDs from solutions), LiLi(Lighting inline), So-Light 등 다수의 프로젝트가 수행되고 있다. NEMO 프로젝트는 용액공정을 통해 대면적 OLED 구현을 위한 소재/소자/공정 기술 개발을 목표로 Merck KGaA, DELO 등 11 개 산・학・연 기관이 참여하며 32 개월동안 총 31.8 만 유로의 연구비가 투입되고 있다[3].

영국은 정부지원 하에 TOPLESS(Thin Organic Polymer Light Emitting Semi-conductor

Surfaces) 프로젝트가 2008 년부터 2010 년까지 3 년동안 £3.3M 의 연구비가 투입되고 있으며, 영국의 대표 조명회사인 Thorn Lighting 을 중심으로 Sumation, Durham 대학 등이 참여하여 polymer 소재를 기반으로 20lm/W 의 백색 OLED 개발을 목표로 한다[4].

일본은 OLED 기술의 종주국임을 자처하며, 산업기술총합개발기구(NEDO)/산업기술진흥기구 주관으로 BLU 및 조명용 OLED 광원 개발을 목표로 미쓰비시중공업과 IMES 등의 OLED 조명 관련업체들이 컨소시움을 형성하여 2004 년 4 월부터 2011 년 3 월까지 43 억 엔의 연구비가 투입되고 있다[4].

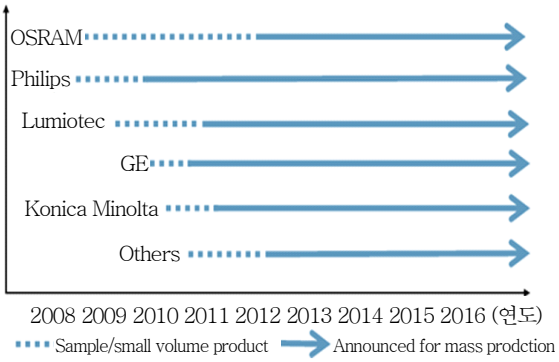
각 국가별 기술개발 현황은 <표 3>과 같다[5].

<표 3> 각 국가별 주요 프로젝트 및 산업체 현황

국가	주요 기술개발 현황	산업체 현황		
미국	➢ DOE project - "Next Generation Lighting" - 2009 년 전체 투입연구비의 46.8% 투자 -2012 년 100lm/W, 50S/kl, 300s/m^2 - 2015 년, 150lm/W, 10S/klm, 90S/m^2	GE	KODAK	UDC
		- 플렉서블 OLED 광원 개발 중 - 2010 년 양산 투자 계획	- OLED 소자 원천기술 확보 - LG 그룹과 라이센싱 체결	- PHOLED 원천기술 확보 - 2011 년 양산 계획 수립
유럽연합	➢ DOE100.eu - Osram 등 12.5m€/3Y - 2012 년, 100lm/W, 50S/kl, 150S/m^2 ➢ BMBF froject(독) - NEMO: 가용성유기소재개발, 32m€/2.5Y - Solight: Novaled, 기술, 응용, 14.7m€ * 례 7 call: OLAE 2011~2012 년	OSram	Philips	Novaled
		- 세계 최초 OLED 조명시판(2007 년) - Orbeos 광원시판 (2009 년)	- Lumiblade, Tech, Kit 시판 (2009 년)	- OLED 소재/소자 원천기술 확보 - 조명용 소재개발/생산
일본	➢ NEDO project - 2004~2011 년 43 억 엔 투입 - 2012 년, ¥670/kl, ¥10,000/m^2 ➢ 최첨단연구개발지원 프로그램 - 고효율 조명용 소재/소자 개발 지원	Tohoku Devlces	Konlca Mlnolta	Lumiotec
		- OLED 광원 시판 (2009 년)	- 양산설비 투자 계획 확정(2009 년)	- 2011 년 OLED 광원 양산 계획
한국	➢ OLED 조명 사업화: 공정/장비 개발 ➢ 감성조명용 투명/색가변 OLED 개발 ➢ 조명용 고효율 광원 개발	LG 화학	삼성 SMD	금호전기
		- 2010 년 광원 양산용 설비 투자 계획 수립	- 광원기술 개발 중	- 조명기술 개발 중

전통조명산업을 주도하고 있는 조명 선진사인 오스람, 필립스와 OLED 조명 생산을 목적으로 설립된 루미오텍(일), 블렉바디(프) 등이 본격적으로 제품을 출시하며, OLED 조명 시장을 선도하고 있다. (그림 4)와 같이 각 산업체들은 2011 년까지 시장에 진입하여 2012 년에는 본격적인 시장이 형성될 것으로 예측하고 있다[6]. 각 주요 산업체별 현황 및 상용화 전략을 살펴보면 다음과 같다.

오스람은 세계 최초로 OLED 스탠드 조명 제품을 출시함으로써 OLED 조명 시장을 선도하



<자료>: DisplaySearch 2009.

(그림 4) 각 산업체별 상용화 일정

고 있다. 세계적인 조명 디자이너인 잉고마우러와 더불어 감성적인 조명 시제품들을 선보이며 예술적 감성을 부가하여 예술적 프리미엄을 갖는 조명으로 마케팅하고 있다. 또한, OLED 기술만으로 구현 가능한 투명한 광원을 이용하여 타 조명과의 경쟁력을 확보하기 위한 노력도 기울이고 있다[7].

(그림 5) 오스람의 OLED 조명 제품

필립스사는 「LumiBlade」라는 브랜드의 OLED 조명 kit 상품을 판매하며 본격적으로 시장 진입을 준비하고 있다. 유리를 기반으로 다양한 컬러의 모양을 갖는 광원을 이용하여 응용성을

(그림 6) 필립스의 LumiBlade OLED 조명용 kit (좌) 및 인터렉티브 조명 시제품 (우)

다양화하려는 노력과 더불어 IT 기술과 융합하여 교감형(Interactive) 조명을 시연함으로써 미래형 조명으로 새로운 모델을 제시하기도 하였다[8].

블렉바디(Blackbody)는 OLED 조명의 평판형과 측면 방사를 활용한 제품을 출시하며 적극적인 시장을 개척해 나아가고 있다[9].

(그림 7) Blackbody 사의 OLED 조명 제품

루미오텍(Lumiotec)은 미쓰비시중공업, 롬(Rohm), 토판프린팅, 三井物産, Junji Kido 교수 등이 공동 설립한 회사로 OLED 패널을 생산 판매하고 있으며, 2012 년에는 5,000 엔, 2015 년에는 $1m^2$ 당 10,000 엔 수준으로 인하할 계획을 수립하고 있다[5].

GE 는 2007 년 Konica Minolta 와 파트너 십을 맺으며 Roll-to-Roll 제조공법을 적용한 플렉서블 OLED 조명 제작을 시현함으로써 저가형 OLED 조명의 가능성을 제시한 바 있다[10].

한편, 국내에서는 2006 년부터 정부지원 하에 조명용 고효율 OLED 면광원, 저가형 광원, 감성조명용 광원 개발을 위한 프로젝트가 ETRI, 생산기술연구원를 중심으로 수행되고 있으며, 저가격 생산을 통해 경쟁력을 확보하고, 생산장비 핵심 기술의 국산화를 위해 4 세대 이상급 장비 개발과 인프라 구축사업이 추진되고 있다.

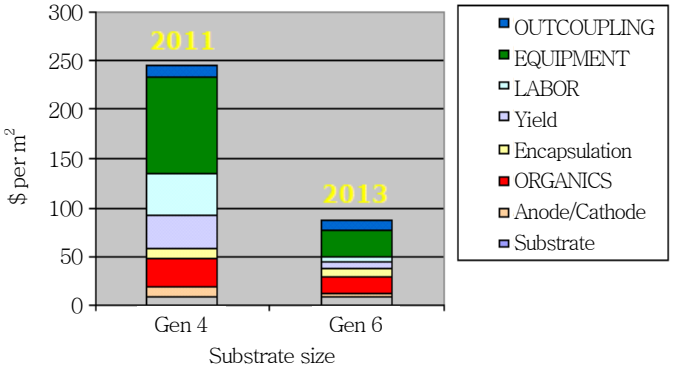
(그림 8) ETRI, 70lm/W 백색 OLED 및 2010 년도 OLED 조명디자인공모전 대상작 'Plug & Combination'

특히, ETRI 는 70lm/W 이상의 효율 특성을 갖는 백색 OLED 광원을 발표한 바 있으며, OLED 조명 디자인 공모전을 개최하여, OLED 조명에 대한 기술을 홍보하고 우수한 디자인을 발굴하여 조명산업의 경쟁력 확보를 위한 노력을 기울이고 있다[11].

3. 향후 전망 및 결언

앞서 기술한 바와 같이 전통조명산업의 선진국 및 선진기업이 앞다투어 OLED 조명의 조기 상용화를 위한 기술 개발이 추진되고 있다.

OLED 조명의 원가 예상치를 조사 발표하고 공정설비 이외에 부품소재의 원가비중을 보면 유기소재, 봉지(encapsulation), 기판, 전극 순으로 나타나고 있다[1].



(그림 9) OLED 광원의 가격 예측

따라서, 제조원가 경쟁력을 확보하기 위해서는 유기소재의 사용량을 최소화할 수 있는 패널 구조 및 소비효율을 극대화할 수 있는 공정장비 개발이 요구된다.

마쓰시타중공업, 코닥, Applied Materials 등에서 유기소재 소비효율이 50~70%인 증착장비 및 증착원의 개발이 이루어진 것으로 보고되고 있어 OLED 조명을 위한 증착장비 및 공정 개발이 가속화되고 있다. 최근, 미국 DOE 에서 발표한 OLED 조명 제조 공정 로드맵에 의하면 <표 5>와 같이 2011 년에는 400×500mm 의 유리기판으로 연간 7km^2 의 광원이 생산되어 초기 시장이 형성된 후, 기술 향상 및 설비투자의 급격한 증가 2013 년에는 730×920mm 의 유리기판으로 연간 100km^2 의 광원이 생산될 것으로 예측되고 있다[1].

OLED 조명은 인간친화적이고 감성적인 광원으로 시장에 진입하여 실내용 조명으로 백열등과 형광등의 빈자리를 채워갈 것으로 기대되고 있다. 특히, 초박형의 평면광원의 장점을 살려 건축, 가구, 교통, 의료 분야에 접목되어 고부가가치의 조명산업으로 발전할 전망이다. 전세계

OLED 조명 시장은 2012 년에 본격적으로 형성되어 기하급수적으로 시장이 증가하여 2015 년에는 6 조 원 규모에 달하고[12], 전 세계 광원 시장의 약 4.2%를 점유할 것으로 예측되고 있다[13].

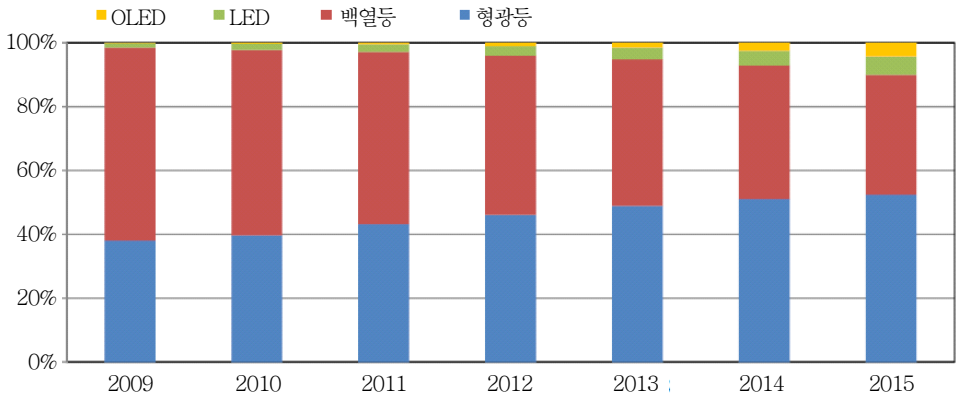
<표 4> OLED 조명 제조 로드맵

Stage		A	B	C	D
Year		2011	2012	2013	2014
Luminance	Cd/m^2	1,000	1,500	2,500	4,000
Substrate Dimensions	Mm	400×500	550×650	730×920	1,500×1,800
Product Area	m^2	0.14	0.27	0.54	1.08
Cycle Time	Sec	240	180	120	60
Yield	%	0.6	0.75	0.9	0.95
Annual Uptime	Hours	5,000	6,300	6,900	7,500
Annual Production	Km^2	7	26	100	460
Investment	$M	30	50	80	125
Annual Labor Cost	$M	5	5	5	5

<자료>: DOE SSL Manufacturing Workshop, 2009.

OLED 조명의 산업가치사슬은 OLED 패널을 중심으로 전후방산업으로 구성되어 OLED 디스플레이의 산업가치사슬과 동일하다. 특히, 전 세계 OLED 디스플레이의 85% 이상을 생산하고 있는 우리나라로서는 OLED 조명 산업이 본격적으로 형성될 경우 생산강국으로 자리매김할 가능성이 매우 높을 것으로 예측된다. 따라서, 해외 산업체들이 국내 OLED 조명 기술 개발 및 산업 동향에 촉각을 곤두세우고 있다.

OLED 조명은 미래조명의 발전 트랜드에 부합하여 조명의 패러다임을 바꿀 수 있는 차세대



(그림 10) 일반조명용 세계 광원 시장점유율 전망

(그림 11) OLED 조명의 향후 전망

조명으로 관심이 집중되고 있다. OLED 조명은 많은 장점에도 불구하고 상용화를 위해서는 가격 이외에도 효율, 수명, 색안정성, 대면적화 등이 중요한 이슈가 있으며, 이를 해결하고자 하는 다각적인 노력이 이루어지고 있다. OLED 조명 산업의 육성을 위해 관·산·학·연이 힘을 합친다면 우리나라는 조명 산업의 강국으로 거듭날 수 있을 것으로 기대된다.

<참 고 문 헌>

[1] www.eere.energy.org
[2] www.oled100.eu.
[3] www.delo.de
[4] A. Mikami, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-3, 2009.
[5] 추혜용, 전자통신동향분석 제 24 권 제 6 호, 22, 2009.
[6] www.displaysearch.kr, Display
[7] www.osram-os.com, Alfred Felder, LED/OLED Lighting Tech. Expo,L-K-2, 2009.
[8] www.philips.com, Dale Work, LED/OLED Lighting Tech. Expo,L-K-4, 2009.
[9] www.blackbody-oled.com
[10] Zoltan Vamos, LED/OLED Lighting Tech. Expo,L-K-3, 2009.
[11] www.oleddesign.com
[12] www.yano.co.jp
[13] 유비산업리서치, 2010 년 OLED 연간보고서, p.100.