

OLED 조명 기술 동향

Trends in Technology of OLED Lighting

융합기술시대의 ICT 부품 연구동향 특집

추혜용 (H.Y. Chu)	OLED조명연구팀 팀장
이정익 (J.I. Lee)	OLED조명연구팀 책임연구원
유병곤 (B.G. Yoo)	신소재/소재연구부 부장

목 차

-
- I . 서론
 - II . 국내외 동향
 - III . 기술 개발 방향
 - IV . 향후 전망

전 세계는 온실가스의 배출을 줄이기 위한 방안의 하나로 전 에너지 소비의 약 20%를 차지하고 있는 조명의 고효율화를 위한 노력을 다각적으로 벌이고 있으며, 그러한 노력의 일환으로 지난 100년간 사용되어온 백열등이 낮은 효율로 인하여 사용규제 논의의 대상이 되고 있다. 반면, 효율은 백열등의 7~8배인 형광등은 높은 효율에도 불구하고 수은과 납이 함유되어 중금속 사용규제(RoHs, WEEE)로 인하여 그 사용이 규제될 계획이다. 따라서, 백열등과 형광등의 빈자리를 채울 수 있는 친환경 차세대 조명에 대한 수요가 확대되고 있어 LED, OLED와 같은 반도체 조명에 대한 개발이 확대되고 있다. 본 기고서에서는 차세대 조명 중에서 OLED 기술을 기반으로 한 OLED 조명 기술과 선진국 및 선진산업체의 개발 동향을 소개하고자 한다.

I. 서론

세계는 지금 기후변화에 의한 환경위기와 고유가에 의한 자원위기에 직면해 있다. 특히, 기후변화 문제는 연이은 기상재해를 유발하는 것은 물론 생태계 질서를 근본적으로 뒤흔들며 인류의 생존을 위협하고 있다. 이로 말미암아 국제사회에서 기후변화에 공동으로 대처하기 위한 노력이 최우선 국제의제로 논의되고 있다.

우리나라는 세계 10대 에너지소비국이다. 그런데, 이 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있다. 향후 온실가스의 감축의무가 부과될 경우, 우리나라 경제가 안게 될 부담은 상상 이상일 수 있다. 이러한 환경적, 사회적 변화에 대응하는 ‘저탄소 녹색성장(Low Carbon Green Growth)’이 우리의 미래와 발전을 가능하는 척도가 되고 있다.

전 세계는 온실가스의 배출을 줄이기 위한 방안의 하나로 에너지 소비의 약 20%를 차지하고 있는 조명의 고효율화를 위한 노력을 다각적으로 벌이고 있다. 1879년 에디슨에 의하여 발명되어 현재까지 사용되고 있는 백열등은 저렴한 비용과 다양한 용도로 인하여 일반조명용 광원으로 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 효율 특성이 20lm/W에 불과하여 세계 각국에서 사용규제를 논의하거나 의결하고 있다. 이에 반해 1938년에 개발되어 효율은 백열등의 7~8배인 형광등은 적은 열발생과 저전력 소모로 인하여




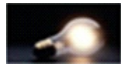
지금까지 꾸준히 사용되고 있으나, 수은이 10~50mg과 납 10.8~12.4%가 함유되어 있어 중금속 사용규제(RoHS, WEEE)로 인하여 그 사용이 규제될 계획이다. 따라서, 백열등과 형광등의 빈자리를 채울 수 있는 친환경 차세대 조명으로 LED, OLED와 같은 반도체 광원을 이용한 고체조명(solid state light)의 개발이 이루어지고 있다.

이중에서도 OLED 기술은 지금까지는 자발광형 디스플레이로 활용되어 왔으나 수은, 납 등의 중금속을 사용하지 않아 환경친화적이며, 고효율 광원으로의 가능성이 높아 차세대 조명으로 주목받고 있다. <표 1>과 같이 OLED 광원은 지금까지의 광원에 비하여 점광원-선광원-면광원의 다양한 형태로 제작이 가능하여 디자인 자유도가 높다. 또한, 발열이 없으며, 다양한 색상을 구현할 수 있고, 디밍이 가능하여 에너지 절감효과가 있다. 이와 같은 잠재 발전 가능성으로 인하여 선진국 및 조명 선진사는 2000년 초반부터 원천기술 확보에 주력해 왔다.

OLED는 (그림 1)과 같이 양극(ITO)과 음극(cathode metal layer) 사이에 기능성 박막형태의 유기물 반도체층이 삽입되어 있는 구조로 양극에서 정공이 주입되며, 음극에서 전자가 주입되어 유기물층 내에서 이동하면서 유기물층에서 전자와 정공이 만나 빛이 발생되는 발광소자이다.

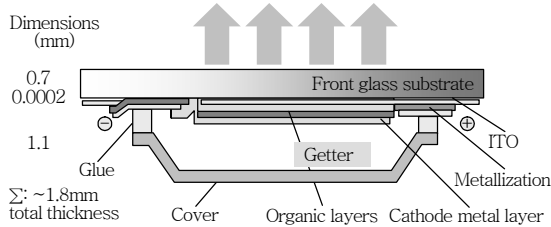
OLED는 면광원 형태로 제작이 가능하며, 약 1.0~2.0mm의 두께를 갖는 얇은 광원으로 제작이 가능

<표 1> 조명용 광원별 특성 비교

구분	OLED 면광원	LED 점광원	형광등 선광원	백열등 원광원
특징				
광원효율(lm/W)	50	100	100	20
연색성	> 80	80	80~85	100
수명(시간)	> 20,000	100,000	20,000	1,000
Dimmable	Yes, efficiency increase	Yes, efficiency increase	Yes, efficiency decrease	Yes, but much lower efficacy
Safety	None to date	Very hot	Contains Hg	Very hot
Noise	No	No	Yes	No
단기(\$/klm)	20	100	10	1
+/-	다양한 형태 등기구화 효율 우수	고휘도 (신호등, 자동차, BLU..)	저렴한 가격	저렴한 가격

하다. 따라서 <표 2>와 같이 타 광원을 이용하여 면광원화하는 과정에서 소요되는 추가적인 부품이 필요하지 않으며, 효율, 연색성 감소와 같은 문제점이

없이 면광원이 요구되는 실내조명으로 응용 면에서는 매우 큰 장점이 있다.



(그림 1) OLED 광원 단면도

<표 2> 면광원간 특성 비교

면광원	광원효율 (lm/W)	면광원화 수단	기구의 광이용 효율(%)	종합효율 (lm/W)
OLED	100 (가능성)	불필요	100	100
LED+ 도광판	100	도광판	30~70	30~70
무기 EL	10	불필요	100	10
평면형광램프	30	불필요	(100)	(20)
FEL	...	불필요	(100)	...
형광등	100	확산판	50	50

<표 3> 각 국가별 프로젝트 현황

<ul style="list-style-type: none"> • DOE project: - "Next Generation Lighting" - 1999~2015년, 100lm/W, 10\$/klm - 전체투입연구비의 46.8% 투자 	UDC	GE	
<ul style="list-style-type: none"> • EU project: - OLED100.eu, ComboLED 등 8개 과제 수행중 - 연평균 20Meuro 투입 - Osram, Philips, Siemens 등 참여 	Philips	Osram	Siemens
<ul style="list-style-type: none"> • NEDO project: - NEDO 주관, 2004~2011년, 43억 엔 투입 	Konica Minolta	Matsushita/RIOE	
<ul style="list-style-type: none"> • 조명용 면광원 개발 - 생산기술연구원 등 광원 고효율화 • 초저가 유기면광원 조명개발 - 성균관대 등 저가형 광원 • 환경/감성형 OLED 면조명 개발 - ETRI 등 감성조명용 광원 	생산기술연구원	ETRI	ETRI

II. 국내외 동향

1. 각 국가별 기술 개발 동향

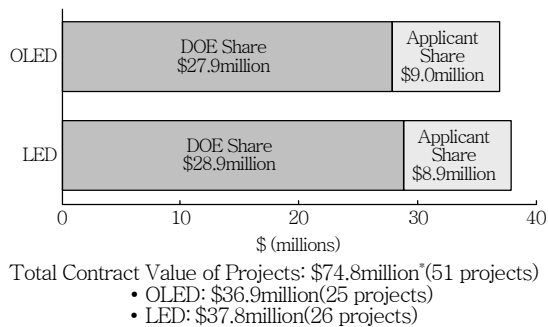
미국, 유럽, 일본 등의 선진국은 OLED 조명 기술 확보를 위한 전략적 투자가 이루어지고 있다. 각 국가별 기술개발 현황은 <표 3>과 같으며, 자세히 살펴보면 다음과 같다.

미국은 에너지성(Depart of Energy)의 지원 하에 'Next Generation Light' 프로젝트의 일환으로 고체 조명의 기술 개발이 이루어지고 있다. 1999년부터 시작된 프로젝트의 초기에는 LED 핵심기술 개발에 한정되어 있었으나, 2000년부터 OLED 연구도 병행해서 이루어져 왔다. 지금까지 전체 투입연구비의 약 46% 이상을 OLED 조명의 핵심기술 개발에 투입하면서 2015년까지 100lm/W의 효율과 10\$/klm 가격을 목표로 Philips, GE, OSRAM, Universal Display Co., Dow Corning Co.와 Princeton Univ. 등의 17개 기관이 참여하여 2009년 현재 25개의 세부 프로젝트가 진행중에 있다(그림 2) 참조[1].

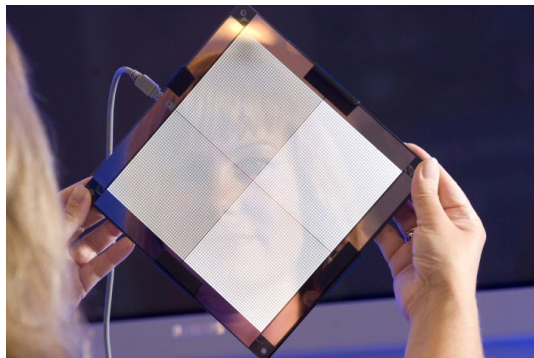
유럽에서는 오스람, 필립스 등이 중심이 되어 컨소시엄을 형성하여 OLED 광원의 고효율화, 저가격화, 투명광원 개발, roll-to-roll 공정 및 소재 개발 등의 프로젝트들이 수행되고 있다.

특히 OLLA 프로젝트는 2004년 10월에서 2008년 8월까지 15×15cm² 면적의 광원으로 50lm/W의 효율과 70이상의 연색성과 10,000시간의 수명 특성을 갖는 백색 OLED 조명 개발을 목표로 Philips, Siemens, Osram-OS, Novaled, Merck 등 유럽 8개국 24개 협력기관들이 참여하여 성공적으로 수행을 완료하였다[2]. (그림 3)은 OLLA 프로젝트에서 개발된 OLED 광원의 이미지이다.

OLLA 프로젝트의 후속으로 OLED100.eu 프로젝트가 2008년 9월부터는 진행되어 1m×1m의 면적으로 100lm/W의 효율과 100euro/m² 이하의 가격을 갖는 OLED 조명 개발을 목표로 3년 동안 30M\$의 연구비를 투입하고 있다.



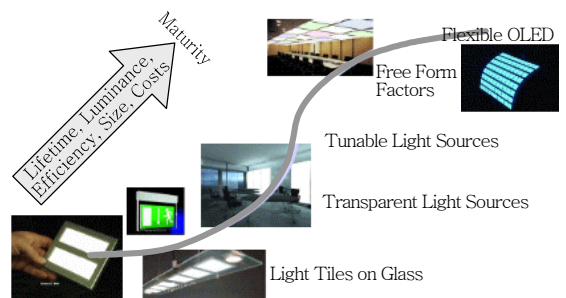
(그림 2) 미국, 'Next Generation Lighting' 프로젝트 과제 현황



(그림 3) 유럽, OLLA 프로젝트 OLED 광원

독일은 교육연구부(BMBF)의 후원 하에 (그림 4)의 기술 개발 로드맵에 따라 OPAL 프로젝트가 Osram, Philips, Aixtron AG, Siemens CT, Applied Materials 등을 중심으로 고효율의 OLED 광원을 수 € cents/cm² 가격으로 생산할 수 있는 기술 개발을 목표로 추진되고 있다[4].

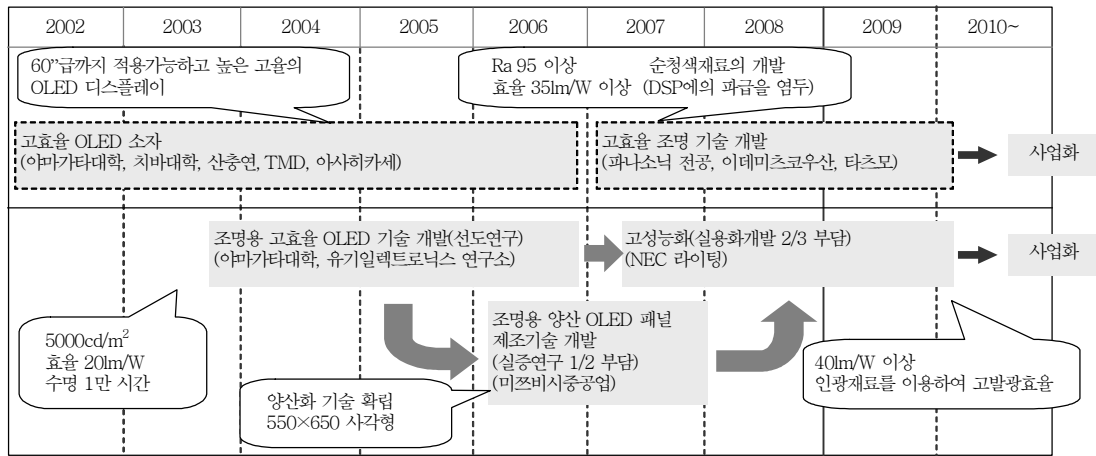
그 외에 다수의 프로젝트가 컨소시엄 형태로 진행되고 있으며 Osram, Siemens 등 4개국 7개 기관이 참여하여 저가격의 OLED 광원 개발을 목표로 하는 CombOLED 프로젝트[5]와 roll-to-roll 기술로 저가격의 OLED 개발을 목표로 VTT, CSEM, INM, UPM, Hansaprint, Ciba, PolyIC사가 참여하고 있는 ROLLED 프로젝트와 Philips, OTB, IMEC 등 15개 기관이 참여하여 지능형 PLED 조명을 위한 저가격, roll-to-roll, 대면적 공정 기술 개발을 목표로 하는 Fast2light 프로젝트, 그리고 Philips, IAPP 등 10개 기관이 참여하여 2세대급 OLED 조명용의 100lm/W 소자구조 개발을 목표로 하는 Avion 프로젝트 등이 수행되고 있다. 영국은 정부의 지원



(그림 4) 독일, OLED 조명 기술 로드맵(IPMS)[3]



(그림 5) 영국, TOPLESS 프로젝트의 OLED



<자료>: NEDO

(그림 6) 일본, OLED 기술 로드맵

하에 TOPLESS 프로젝트가 2008년부터 2010년까지 3년 동안 £3.3M의 연구비가 투입되어 수행되고 있으며, 영국의 대표 조명회사인 Thorn Lighting을 중심으로 Sumation, Durham 대학 등이 참여하여 polymer 소재를 기반으로 하여 20lm/W의 백색 OLED 개발을 목표로 한다. (그림 5)는 TOPLESS 프로젝트에 의하여 개발된 OLED 조명이다.

한편, 일본은 OLED 기술의 중추국임을 자처하며, 산업기술종합개발기구(NEDO)/산업기술진흥기구의 주관으로 BLU 및 조명용 OLED 광원 개발을 목표로 미쯔비시중공업과 IMES 등의 OLED 조명 관련업체들이 컨소시엄을 형성하여 2004년 4월부터 2011년 3월까지 43억 엔의 연구비가 투입되고 있다. (그림 6)은 NEDO의 OLED 기술 개발 로드맵이다.

특히 NEDO는 2008년 정상회담 기간 동안에 시연한 'Zero emission house'에 에너지 절감형 조명으로 OLED 조명을 선보임으로써 차세대 에너지 절감형 조명으로 OLED 조명의 중요성을 인식시킨 바 있다. (그림 7)은 'Zero emission house' 내에 설치된 OLED 조명이다[6].

또한, '최첨단 연구개발 지원 프로그램'에 따라 세계 최고 성능의 OLED 소자 개발과 대형조명 등 응용 및 기기 보급에 의해 환경과 조화로운 에너지 절약 사회 실현이라는 목표 하에 '슈퍼 유기 EL 디

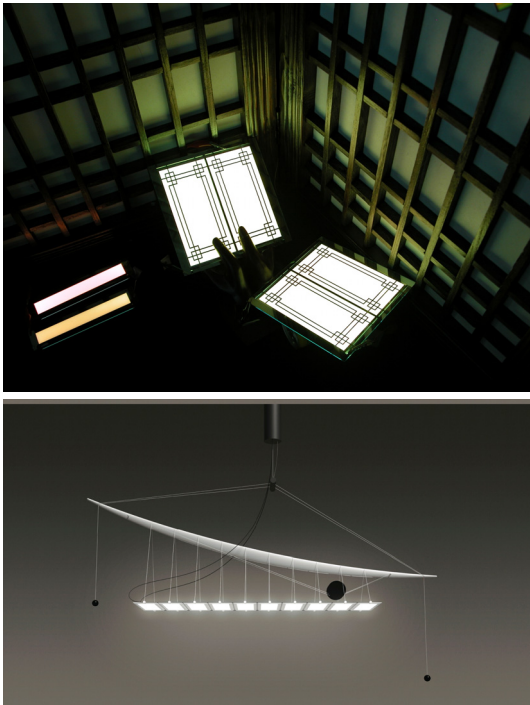


(그림 7) 일본, 'Zero Emission House' 내 설치된 OLED 조명

바이스와 그 혁신적인 재료로의 도전' 프로젝트가 2009년부터 수행된다.

한편, 국내에서는 2006년부터 정부의 지원 하에 조명용 고효율 OLED 면광원, 저가형 광원, 감성조명용 광원 개발을 위한 프로젝트가 생산기술연구원, 성균관대, ETRI를 중심으로 수행되고 있다. 특히, ETRI는 70lm/W 이상의 효율 특성을 갖는 백색 OLED 광원을 발표하였다(그림 8 참조). 또한 정부에서는 저가격 생산을 통하여 경쟁력을 확보하고, 생산장비 핵심 기술의 국산화를 위하여 대면적 OLED 장비 기술 개발 지원 계획을 발표하고 있다.

특히 ETRI는 정부의 지원 하에 OLED 조명 디자인 공모전을 개최하며, OLED 조명에 대한 기술을 홍보



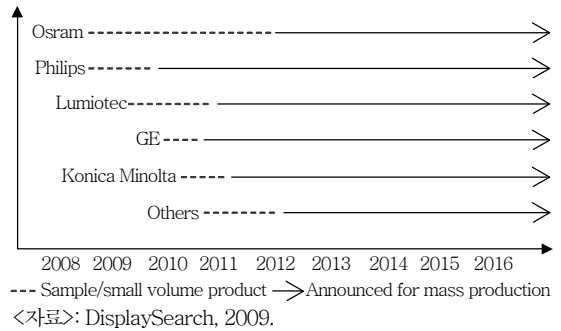
(그림 8) ETRI, 70lm/W 백색 OLED 및 OLED 조명 디자인 공모전 대상작 'OLED Mobile'

하고 우수한 디자인을 발굴하여 조명산업의 경쟁력 확보를 위한 노력을 기울이고 있다(그림 8) 참조[7].

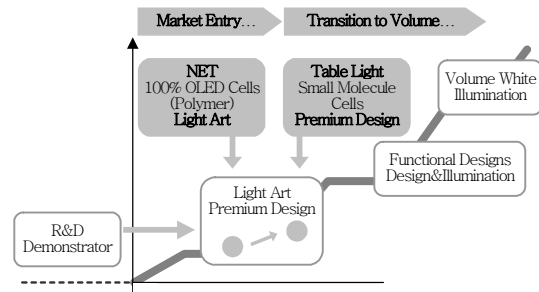
2. 주요 산업체 기술 개발 동향

Osram, Philips, GE 등의 전통조명 산업을 주도하고 있는 선진기업들이 차세대 조명으로 OLED 조명의 기술 개발과 상용화를 위한 다각적인 노력을 하고 있으며, 또한 기존 OLED 산업에 참여해 온 산업체나 신규로 OLED 조명을 위하여 설립한 업체 등 다양한 산업체들이 OLED 조명 산업에 참여하고 있다. (그림 9)와 같이 각 산업체들은 2010년에서 2011년 사이에 대량생산으로 시장에 진입할 계획을 발표하고 있으며, 2012년에는 본격적인 시장이 형성될 것으로 예측하고 있다[8]. 각 주요 산업체별 현황 및 상용화 전략을 살펴보면 다음과 같다.

(그림 10)과 같이 오스람은 세계 최초로 OLED 스탠드 조명 제품을 출시함으로써 OLED 조명 시장을 선도하고 있다[9]. 세계적인 조명 디자이너인 잉



(그림 9) 각 산업체별 상용화 일정



(그림 10) 오스람의 OLED 조명 산업화 로드맵 및 OLED 조명 제품

고마우리와 더불어 감성적인 조명 시제품들을 선보이며 예술적 감성을 부가하여 예술적 프리미엄을 갖는 조명으로 마케팅하고 있다[10].

또한, OLED 기술만으로 구현 가능한 투명한 광원을 이용하여 타 조명과의 경쟁력을 확보하기 위한 노력도 기울이고 있다.

(그림 11)과 같이 Philips사는 「LumiBlade」라는 브랜드의 OLED 조명 kit 상품을 판매하며 본격적으로 시장을 준비하고 있다[11]. 유리를 기반으로 다양한 컬러의 모양을 갖는 광원을 이용하여 응



- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Glass substrate • Cover glass package (1.8mm) • Limited efficiency in blue • Good efficiency in red, green • Limited size(15cm)² • Many colors and white's • No efficient deep blue | <ul style="list-style-type: none"> • Glass substrate • Reduced thickness (<1mm) • Good efficiency in red, green and blue • Larger sizes (30cm)² • Color variable • All colors and white's | <ul style="list-style-type: none"> • Plastic substrate • Flexible OLEDs • Record efficiency in red, green, blue and white • Larger tiles(60cm)² • Transparent OLED's |
|--|---|--|

Now Soon Future

(그림 11) 필립스의 LumiBlade OLED 조명용 Kit 및 OLED 조명 기술 로드맵

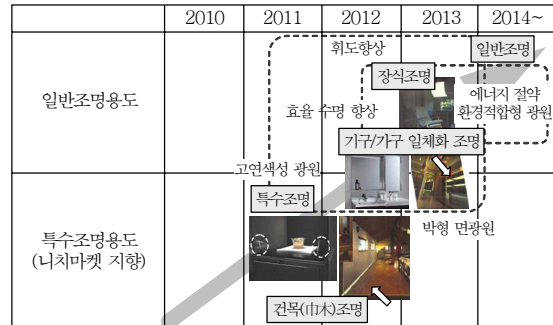


(그림 12) GE의 OLED 조명 제품 로드맵

용성을 다양화하려는 노력과 더불어 IT 기술과 융합하여 교감형(interactive) 조명을 시연함으로써 미래형 조명으로 새로운 모델을 제시하기도 하였다.

GE는 2007년 Konica Minolta와 파트너십을 맺으며 3년 내에 제품을 출시하는 것을 목표로 roll-to-roll 제조공법을 적용한 플렉시블 OLED 조명 제작을 시현함으로써 저가형 OLED 조명의 가능성을 제시한 바 있다. GE사는 (그림 12)와 같이 2010년부터 데코레이션용 조명으로 시장에 진입하여 2015년 본격적인 주조명 시장에서 경쟁하고자 하는 로드맵을 발표한 바 있다[12].

파나소닉은 저가형 공정을 개발하여 시장 경쟁력을 확보할 전략으로 LCD 컬러필터 공정에서 검증된 바 있는 슬릿코팅방법(slit coating method)으로



(그림 13) 파나소닉의 OLED 조명 제품 로드맵

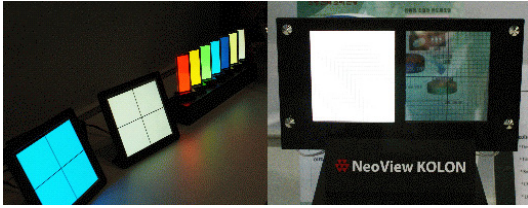


(그림 14) 루미오텍의 OLED 조명 시제품

제작한 광원을 발표하여 시장진입 가능성을 보였다. 발표한 백색 OLED는 40lm/W의 효율과 연색성 95, 수명 20,000시간의 특성을 갖는 것으로 보고된다. (그림 13)의 로드맵과 같이 2010년에 특수조명 시장을 시작으로 하여 점진적으로 확대할 계획을 발표하고 있다[13],[14].

루미오텍(Lumiotec)은 미쯔비시중공업, 롬(Rohm), 토판프린팅, 삼정물산, Junji Kido 교수 등이 2008년 설립한 OLED 조명회사로 Keiji Akiba의 디자인으로 다양한 조명을 선보이고 있다. 루미오텍은 2009년 9월에 5,000nit의 휘도에서 10,000시간의 수명과 25lm/W의 효율 특성을 갖는 OLED 조명 샘플을 출하할 예정이다. 15cm×15cm 1개 당 5만 엔의 고가로 출하될 계획이나 2012년에는 5000엔, 2015년에는 1m² 당 10,000엔 수준으로 인하할 계획을 수립하고 있다(그림 14) 참조.

그 외에 코니카미놀타홀딩스는 2006년 64lm/W의 세계 최고 효율의 백색 OLED를 발표한 이래로,



(그림 15) 삼성모바일디스플레이(좌)와 네오뷰코롱(우)의 OLED 광원

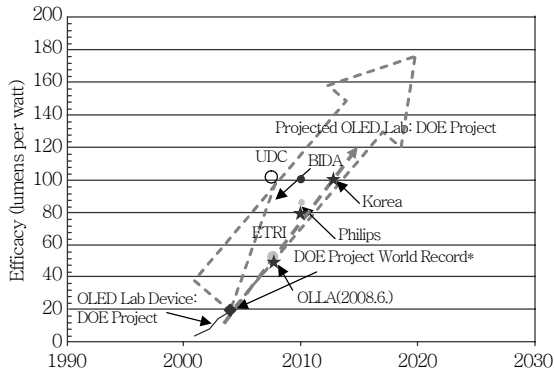
2008년 GE와 전략적 제휴를 맺고 2010년 중에 본격적인 생산을 계획하고 있다. 그 외의 일본회사로는 도호쿠 디바이스가 초기 제품을 출시했으며, 고이즈미 조명 등이 OLED 조명산업에 진출할 계획이다.

국내에서는 (그림 15)와 같이 OLED 디스플레이 패널 및 소재 산업에 참여하고 있는 삼성모바일디스플레이와 네오뷰코롱사가 OLED 조명을 시연한 바 있으며, LG화학과 전통조명 산업체인 금호전기, 필룩스 등이 OLED 조명사업에 본격적인 참여를 발표하였다.

III. 기술 개발 방향

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

특히 OLED 조명의 조기 상용화를 위해서 (그림 16)과 같이 광원의 고효율화를 위한 다각적인 노력이 이루어지고 있다. 뿐만 아니라 타 광원과 비교하여 광원의 효율, 수명, 대면적화 특성과 더불어 가격



(그림 16) 프로젝트별 OLED 조명 효율 목표

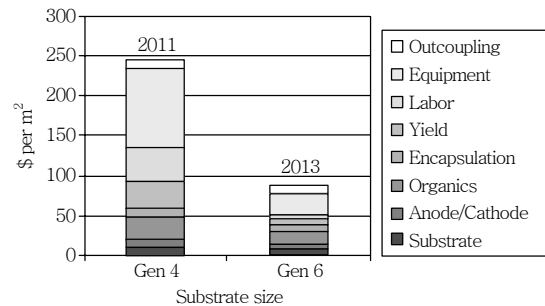
경쟁력을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히 일반조명(general lighting)으로 사용되기 위해서는 3000K 이상의 색온도와 70 이상의 연색성을 가지며, 10,000시간 이상의 수명을 갖는 백색 광원이 요구된다. 이와 같은 백색광의 색안정성, 높은 연색성을 유지하면서 고효율과 장수명 특성을 확보하기 위해서는 유기소재 및 소자구조 개발과 더불어 광추출 기술 개발이 중요하다.

조명용 백색 OLED는 높은 휘도가 요구되므로 기존의 디스플레이에 비하여 더 높은 소자 안정성이 요구된다. 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 소자구조로 적층형(tandem) OLED가 논의되고 있다. 이는 기존의 소자 구조에 비교하여 적층의 수에 비례하여 높은 휘도를 낼 수 있기 때문이다. 그러나, 적층하기 위한 연결층의 소재, 색안정성을 확보할 수 있는 소자구조, 유기소재의 원가 비중 상승, 증착장비 투자 부담 등 해결해야 할 숙제로 남아 있다.

전문시장예측기관들이 OLED 조명의 원가 예상치를 조사 발표하고 있는데, 공정설비 이외에 부품소재의 원가비중을 보면 유기소재, 봉지(encapsulation), 광추출, 기판 순으로 나타나고 있다(그림 17 참조).

따라서, 제조원가 경쟁력을 확보하기 위해서는 적층형 OLED 뿐만 아니라 모든 구조에 대하여 유기소재의 소비효율을 극대화 할 수 있는 공정장비 개발이 요구된다.

마쓰시타중공업, 코닥, Applied Materials 등에서 유기소재 소비효율이 50~70%인 증착장비 및 증착원의 개발이 이루어진 것으로 보고되고 있어



<자료>: OLED Association

(그림 17) OLED 광원의 가격 예측

OLED 조명을 위한 증착장비 및 공정개발이 가속화되고 있다.

한편, OLED 광원의 현재 효율 대비하여 약 2배 까지 성능을 향상시킬 수 있는 해결책 중의 하나로 광추출 기술이 주목받고 있다. (그림 18)과 같이 일반적으로 배면발광형 OLED의 구조에서 생성된 빛은 약 20% 정도만 사용되고 나머지는 여러 가지 경로를 통하여 손실되는 것으로 알려져 있다. 특히, 투명전극과 유기층 사이에서 waveguide 모드(약 45%)로 빠져 나가거나 기판의 전반사로 인해 기판에 간혀 손실(약 35%)되는 현상이 대표적인 예이다. 이러한 손실을 최소화하기 위하여 고굴절 유리를 사용하거나 기판과 ITO 사이에 산란층을 도입하거나 공진효과를 이용하거나 마이크로렌즈어레이(MLA)와 같은 광학필름을 도입함으로써 해결할 수 있다[15]-[17]. 최근 들어, Nature지를 통하여 드레스덴 대학(獨)이 광추출 기술을 도입하여 124lm/W의 효율

을 갖는 백색 OLED 광원 개발 결과를 발표함으로써 광추출을 통한 OLED 광원의 고효율화 가능성을 한층 밝게 하였다[18].

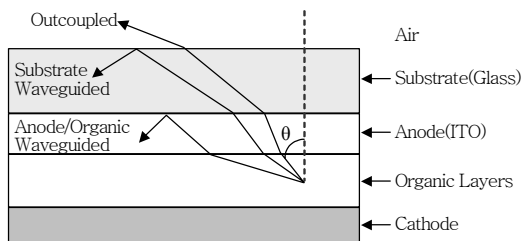
최근 미국 DOE에서 OLED 조명 제조 로드맵을 발표한 바 있다. 로드맵에 의하면 <표 4>와 같이 2011년에는 400×500mm의 유리기판으로 연간 7km²의 광원이 생산되어 초기 시장이 형성된 후, 기술향상 및 설비투자의 급격한 증가로 2013년에는 730×920mm의 유리기판으로 연간 100km²의 광원이 생산될 것으로 예측되고 있다[19],[20].

OLED 광원의 원가비중은 (그림 17)과 같이 기판의 크기가 8세대급일 때, 장비설비/유지비, 유기소재비, 광추출 광학부품, 기판의 순으로 높게 나타났으며, 이와 같은 예측이 가능하기 위해서는 대면적/대량생산이 가능한 공정장비 및 공정의 개발이 불가피하다.

IV. 향후 전망

앞서 언급한 바와 같이 차세대 조명인 LED 조명은 달리, OLED 조명은 인간친화적이고 감성적인 광원으로 시장에 진입하여 실내용 조명으로 백열등과 형광등의 빈자리를 채워갈 것으로 기대되고 있다 (그림 19) 참조).

일본 야노경제연구소의 보고에 따르면, OLED 조명 시장규모는 <표 5>과 같이 2012년에 100억 엔을 초과하여 기하급수적으로 시장이 증가하며 2015년에는 540억 엔에 달할 것으로 예측하고 있다[21].

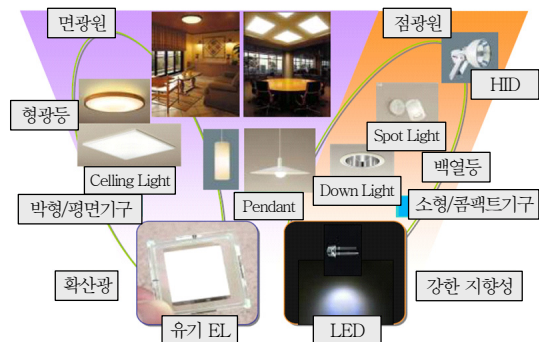


(그림 18) OLED 구조에서의 광경로

<표 4> OLED 조명 제조 로드맵

Stage		A	B	C	D
Year		2011	2012	2013	2014
Luminance	cd/m ²	1000	1500	2500	4000
Substrate Dimensions	mm	400×500	550×650	730×920	1500×1800
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	5000	6300	6900	7500
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.



(그림 19) 차세대 실내조명의 주 응용

〈표 5〉 OLED 조명 패널 시장규모 예측
(단위: 억 엔)

연도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
금액	20	30	80	120	190	310	540

<자료>: 야노경제연구소

OLED 조명의 상용화를 위해서는 효율 이외에도 수명, 스펙트럼 특성, 색안정성, 대면적화 등이 중요한 이슈이며 이에 대한 관심도 높여 나가야 할 것이다.

하지만, OLED 조명산업이 과거 CFL의 실수를 되풀이 하지 않으면서 성공적인 도약을 위해서는 고효율화, 장수명화, 저가격화와 같은 기술적인 난제의 해결과 더불어 산업·문화적인 측면에서도 생활 속에 확산될 수 있도록 노력해야 할 것이다.

우리나라는 OLED 디스플레이 생산 1위국의 현황을 고려할 때 OLED 조명 산업에서도 강점이 있는 것은 분명하다. 따라서 삼성모바일디스플레이와 같이 OLED 패널을 생산하고 있는 산업체의 조명산업 진출에 선진 조명업체들의 눈과 귀가 모이는 것은 당연한 결과로 해석된다.

조명문화의 패러다임을 바꿀 수 있는 차세대 조명으로 기대되는 OLED 조명 산업의 발전과 변화의 중심에 우리 기술과 산업체가 자리매김하는 조명강국으로 거듭날 수 있도록 전략적 기술개발 및 지원이 필요하다.

● 용어해설 ●

OLED(Organic Light Emitting Diode): 유기물질에 전류를 흘려주면 전기에너지가 빛에너지로 전환되는 현상을 이용한 발광다이오드를 의미하며, 유기 EL 혹은 유기발광다이오드라고도 함

약어 정리

CFL	Compact Fluorescent Lamp
DOE	Department of Energy
ITO	Indium Tin Oxide
LED	Light-Emitting Diode
MLA	Micro-Lens Array

OLED	Organic Light-Emitting Diode
OLLA	Organic Light emitting diodes of ICT & Lighting Applications
OPAL	Organic Phosphorescent diodes for Applications on the Lighting market
TOPLESS	Thin Organic Polymer Light Emitting Semiconductor Surfaces

참고 문헌

[1] <http://www.eere.energy.org>
 [2] <http://www.olla-project.org>
 [3] <http://www.oled100.eu>
 [4] <http://www.ipms.frounhofer.de>
 [5] <http://www.comboled-project.eu>
 [6] <http://www.nedo.jp>
 [7] <http://www.oledesign.com>
 [8] <http://www.displaysearch.kr>
 [9] <http://www.osram-os.com>
 [10] Alfred Felder, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L-K-2, 2009.
 [11] Dale Work, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L-K-4, 2009.
 [12] Zoltan Vamos, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L-K-3, 2009.
 [13] <http://panasonic-denko.co.jp>
 [14] LED/OLED Lighting Tech. Expo, L-K-1, 2009.
 [15] P.A. Levermore, M.S. Weaver, M. Hack, and J.J. Brown, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-1, 2009.
 [16] A. Mikami, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-3, 2009.
 [17] F. Creuzet, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-2, 2009.
 [18] S. Reineke, F. Lindner, G. Schwartz, N. Seidler, K. Walzer, B. Lussem, and K. Leo, "White Organic Light-emitting Diodes with Fluorescent Tube Efficiency," *Nature*, Vol.459, No.234, 2009.
 [19] Y.-S. Tyan, US DOE SSL Manufacturing Workshop, 2009.
 [20] F. Welsh, US DOE SSL Manufacturing Workshop, 2009.
 [21] <http://www.yano.co.jp/eplu/>