

OLED 조명 제품 및 기술

조두희 · 이정익 · 추혜용 (ETRI(한국전자통신연구원) OLED 조명 연구팀 책임연구원)

1. 조명용 OLED 기술의 개요


OLED(Organic light emitting diode, 유기발광다이오드)는 두 개의 전극 사이에 유기물층을 배열하고 전계를 가하여 주입된 전자와 양공이 유기물 내에서 재결합하여 형성되는 여기자(exciton)가 기저 상태로 떨어지면서 빛을 내는 소자이다. 조명용 OLED 구조는 디스플레이용 OLED와 다르다. 디스플레이용 OLED 패널은 적녹청(RGB) 픽셀의 구분이 있고 각 픽셀을 따로따로 점멸하고 조광하는 백플레인인 반면 조명용 OLED 패널은 디스플레이 패널과 달리 픽셀의 구분이 없고 다층의 유기발광층을 사용하여 백색광을 방출하는 것이 일반적이다. 여기서 사용되는 유기층들은 기능에 따라서 양공주입층(hole injection layer, HIL), 양공수송층(hole transporting layer, HTL), 발광층(EML, emission layer), 전자수송층(electron transporting layer, ETL), 전자주입층(electron injection layer, EIL) 등으로 나뉜다. 또한 OLED는 발광구조에 따라서 유리기판 방향으로 빛을 방출하는 배면발광(bottom emission)과 유리기판 반대 방향으로 방출하는 전면발광(top emission)으로 나눌 수 있는데 현재 출시되고 있는 대부분의 조명용 OLED 패널은 배면발광형이다.

2. OLED 조명 기술의 연구개발 동향

조명 광원으로서의 OLED의 중요한 기술 요소로는 전력효율, 안정성, 수명, 제조가격 등이 있으며, 또한 연색지수(CRI, color rendering index), 색좌표, 대면적 발광 균일도, 색유지 능력 등이 중요하다.

조명용 광원이 갖추어야 할 성능으로 높은 전력효율과 긴 수명은 설명할 필요도 없이 당연히 중요한 요소이다. 조명용 OLED에서 또 하나 매우 중요한 특성인 연색지수는 얼마나 태양광과 근접한 스펙트럼을 가지느냐를 정량화한 것이라고 할 수 있다. 그 값은 0에서 100까지 나타낼 수 있으며, 100에 가까울수록 태양광과 유사한 스펙트럼을 가지는 우수한 광원이라고 할 수 있다. 일반적으로 백열등은 효율은 낮지만 100에 가까운 연색지수를 가지고 있고 실외용 방전등을 제외한 대부분의 실내용 광원은 75 이상의 연색지수를 나타낸다. 또한 색좌표 기준으로는 백색의 기준인 흑체 복사 곡선(그림 1 참조)의 백색 영역으로부터 많이 벗어나게 되면 조명으로서 품질이 떨어지는 광원이 된다. 일반적으로 1931 CIE 좌표상에서 y 좌표가 커지면 녹색 비율이 커지면서 효율(luminous efficacy)은 증가하게 되는데, 이것은 사람의 눈이 녹색광의 세기에 민감하게 휘도 증가를 감지하기 때문이다. 그러나 효율만을 높이고자 하다보

표 1. AMOLED 디스플레이와 OLED조명의 비교

	AMOLED 디스플레이	OLED 조명	비교
구조	- TFT Back-plane 필요 - RGB 픽셀 필요	- TFT Back-plane 불필요 - 백색광의 단일 픽셀로 구성	
OLED 특성	- 색온도 : 6,000K~10,000K - 연색성 : 고려하지 않음 (<60) - 시야각 : 지방광 - 색재현율이 중요	- 색온도 : 3,000K~6,000K - 연색성 : >80 - 지방성 : 확산광	디스플레이용 조명용
제조장비 호환성	- 픽셀 구성을 위한 기둥 필요 - 공정시간 : 現4분 (<2분 목표) - 유기소재소비율 : 現15% (40% 목표) - 2세대형 생산장비로 양산 중 - 5.5세대형 생산장비 개발 중	- 픽셀 불필요 - 공정시간 : <1분 요구 - 유기소재소비율 : >50% 요구 - 2세대형 장비로 파일럿 생산 - 4세대이상 장비 개발 예정	- 디스플레이용 장비로 조명용 패널의 제조는 가능하나, 원가를 낮출 수 없음
응용분야	- 모바일용, TV용 디스플레이	- 보조조명, 주조명, BLU	
벤디 (現) 국 내	개 외 - 소니, CMEL 국 내 - 삼성모바일디스플레이 - LG디스플레이	개 외 - 필립스, 오스람 - 도호쿠디바이스, 루미오텍 국 내 - 없음	- LG화학, 삼성모바일디스플레이, 내오유코오통 등 기술 개발 중

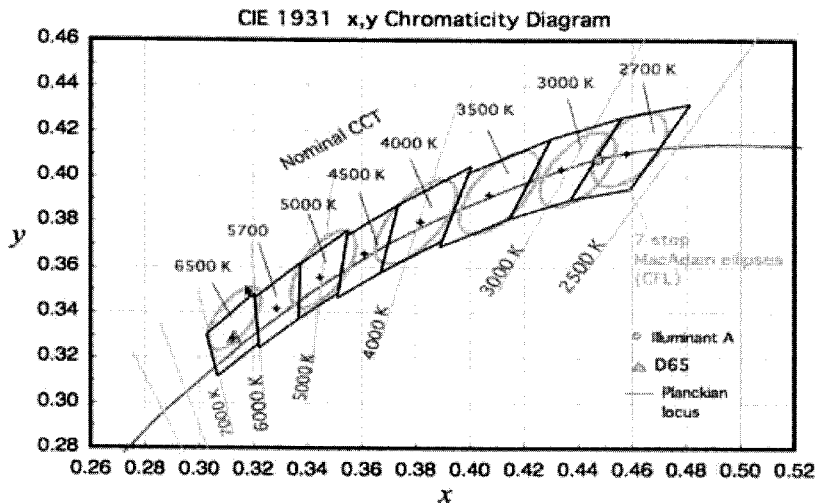


그림 1. 조명용 광원으로 적합한 색온도(CCT) 별 색좌표 범위

면 y 좌표가 너무 높아져서 백색 범위를 벗어나 조명으로 사용하기 어려운 광원이 될 수가 있으므로 주의하여야 한다. 또한 광원의 색안정성 역시 중요한 요소로서 광원의 수명과 구동전압에 따른 색상변화와 광원의 배광 방향에 따른 색상변화가 적어야 한다. OLED는 유기 반도체물질을 발광체로 이용하는 얇

은 판상의 광원으로 상기 조건을 모두 만족하는 성능을 나타내기 어려운 것이 현실이었으나, 최근 그 소재 및 공정 기술의 비약적인 발전으로 일반조명용 광원으로 사용하기에 부족함이 없는 수준까지 성능이 발전하고 있다.

조명 선진국이라 할 수 있는 미국 유럽 일본에서는

새로운 산업을 창출할 것으로 보이는 OLED 조명의 기술 개발을 위해 국가적인 지원 아래 거대 조명기업을 중심으로 활발한 연구개발 노력을 기울이고 있다. 미국은 에너지성 (Depart Of Energy)의 지원 하에 'Next Generation Light' 프로젝트의 일환으로 고체조명의 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 100(lm/W)의 효율과 10 (\$/klm) 가격 달성을 목표로 하고 있다. 이 프로젝트에는 Philips, GE, OSRAM, Universal Display Co., Dow Corning Co.,와 Princeton Univ. 등의 17개 기관이 참여하여 2009년 현재에 25개의 세부 프로젝트가 진행 중에 있다. Eastman-Kodak에 의해 OLED가 처음 개발되어 미국은 많은 특허를 보유하고 있으나 이후 상용화에 필요한 제조공정 개발 및 고성능 소재 개발에 조금 뒤쳐진 느낌이 있다. 최근 LG에서 Eastman-Kodak의 OLED 관련 특허를 인수하는 등 상용화의 중심이 미국을 떠나 다른 나라로 넘어가고 있는 것으로 보인다.

유럽은 OSRAM, Philips 등이 중심이 되어 컨소시엄을 형성하여 OLED광원의 고효율화, 저가격화, 투명광원 개발, Roll-to-Roll 공정 및 소재 개발 등의 프로젝트들이 수행되고 있다. 특히 OLLA (organic light emitting diodes of ICT & lighting applications) 프로젝트는 2004년 10월에서 2008년 8월까지 15×15(cm²) 면적의 광원으로 50(lm/W)의 효율과 70이상의 연색성, 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. 그 프로젝트의 후속으로 OLED100.eu 프로젝트가 2008년 9월부터는

진행되어 1(m)×1(m)의 면적으로 100(lm/W)의 효율과 100(euro/m²)이하의 가격을 갖는 OLED 조명 개발을 목표로 3년 동안 30(M\$)의 연구비를 투입하고 있다.

독일은 교육연구부(BMBF) 후원 하에 OPAL (organic phosphorescent diodes for applications on the lighting market) 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. 그 외에 다수의 프로젝트가 컨소시엄 형태로 진행되고 있으며, Osram, Siemens 등 4개국 7개 기관이 참여하여 저가격의 OLED 광원 개발을 목표로 하는 CombOLED 프로젝트와 Roll-to-Roll 기술로 저가격의 OLED 개발을 목표로 VIT, CSEM, INM, UPM, Hansaprint, Ciba, PolyIC 사가 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 100(lm/W) 소자구조 개발을 목표로 하는 Aevion 프로젝트 등이 수행되고 있다. 영국은 정부의 지원 하에 TOPLESS (Thin Organic Polymer Light Emitting Semi-conductor Surfaces) 프로젝트가 2008년부터 2010년까지 3년동안 £3.3(M)의 연구비가 투입되어 수행되고 있으며 영국의 대표 조명회사인 Thorn Lighting을 중심으로 Sumation, Durham 대학 등이 참여하여 polymer 소재를 기반으로 하여 20(lm/W)의 백색 OLED 개발을 목표로 하고 있다.

일본은 OLED 기술의 종주국임을 자처하며, 산업기술총합개발기구(NEDO)/산업 기술 진흥기구 주관으로 BLU 및 조명용 OLED 광원 개발을 목표로

미쯔비시중공업과 IMES 등의 OLED조명 관련업체들이 컨소시엄을 형성하여 2004년 4월부터 2011년 3월까지 43억엔의 연구비가 투입되고 있다. 특히 NEDO는 2008년 정상회담 기간 동안에 시연한 'Zero emission house'에 에너지 절감형 조명으로 OLED 조명을 선보임으로 차세대 에너지 절감형 조명으로 OLED 조명의 중요성을 인식시킨 바 있다. 또한 '최첨단연구개발지원프로그램'에 따라 세계 최고 성능의 OLED 소자 개발과 대형조명 등기구 응용 및 기기 보급에 의해 환경과 조화로운 에너지절약 사회 실현이라는 목표 하에 '슈퍼 유기 EL디바이스와 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, ETRI 를 중심으로 수행되고 있다. 특히 ETRI는 70(lm/W) 이상의 효율 특성을 갖는 백색 OLED 광원을 발표하였다. 또한 정부에서는 저가격 생산을 통하여 경쟁력을 확보하고, 생산장비 핵심 기술의 국산화를 위하여 대면적 OLED 장비 기술 개발을 지원 계획을 발표하고 있다. 특히 ETRI는 정부의 지원 하에 OLED조명 디자인 공모전을 개최하며(그림 2 참조), OLED 조명에 대한 기술을 홍보하고 우수한 디자인을 발굴하여 조명산업의 경쟁력 확보를 위한 노력을 기울이고 있다. 최근 LG화학에서 대형 국가 프로젝트를 수행하며 in-line 장비 개발을 마쳤고 50(lm/W) 이상의 효율을 가진 고휘도 OLED 조명 패널의 양산을 앞두고 있다.

조명의 신기술 광원으로 주목 받는 OLED는 백색 LED 광원과 흔히 비교되곤 한다. LED가 반도체 칩을 사용하여 만들기 때문에 소형의 점광원이고 면광원화하는데 있어서 부가적인 부품과 공정이 필요한데 반하여, OLED 조명은 패널 형태로 생산되므로 자체가 면광원이며 확산광이라는 특징이 있다. 확산광은

눈의 피로감을 줄이고 낮은 높이에서 넓은 면적을 밝힐 수 있어 실내용 조명으로 적합한 특성을 나타낸다. LED광원은 매우 높은 휘도를 갖고 수명이 길며 외광 효율이 높은 장점이 있지만 발열이 심하여 커다란 방열장치를 필요로 하며 눈이 부시고 확산광을 만들기 어려운 단점이 있다. 반면에 OLED 광원은 눈에 편안한 휘도로 면광원 형태의 발광을 하므로 실내용 조명으로 적합하고 매우 얇아 혁신적인 디자인이 가능하다는 장점이 부각되고 있다. 이전에 단점으로 지적되던 수명과 LED에 비해 떨어지는 외광효율 및 휘도는 최근 활발한 기술개발에 따라 LED와의 격차가 급속히 줄어 들고 있는 상황이다.

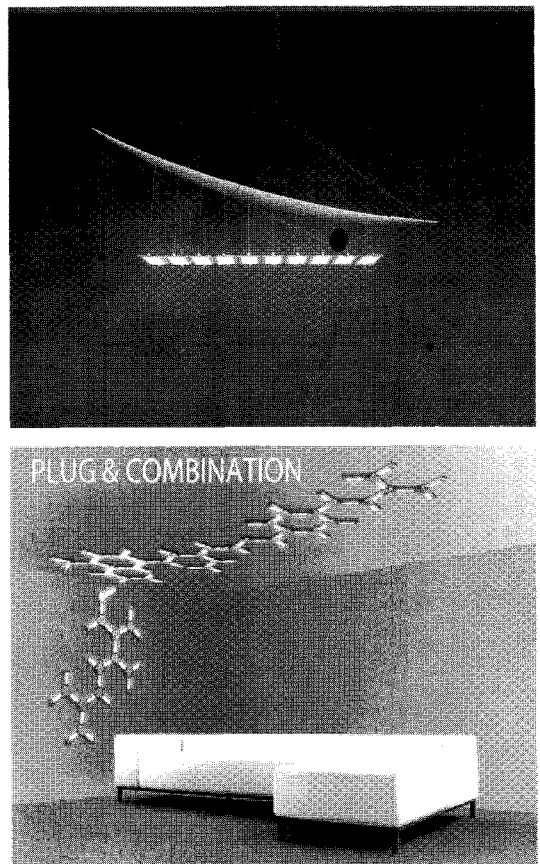






그림 2. 2009년(좌) 및 2010년(우) OLED 조명디자인 공모전 (ETRI주관) 대상작

표 2. OLED 면광원과 타 조명용 광원과의 특성 비교

구분	OLED	LED	형광등	백열등
특징	면광원 	점광원 	선광원 	원광원 
광원 밝기	보통	강함	보통	약함
광원효율 (lm/W)	50	100	70	20
주 사용처	가정	신호등, 자동차, BLU 등	가정	가정
수명 (시간)	20,000	100,000	10,000	1,000
단가(\$/Klm)	--	100	10	1
장점	높은 연색성 다양한 형태 등기구와 효율 우수	고휘도	저렴한 가격	저렴한 가격
단점	R&D투자필요	부품추가소요 조명공해유발	중금속 오염	낮은 효율

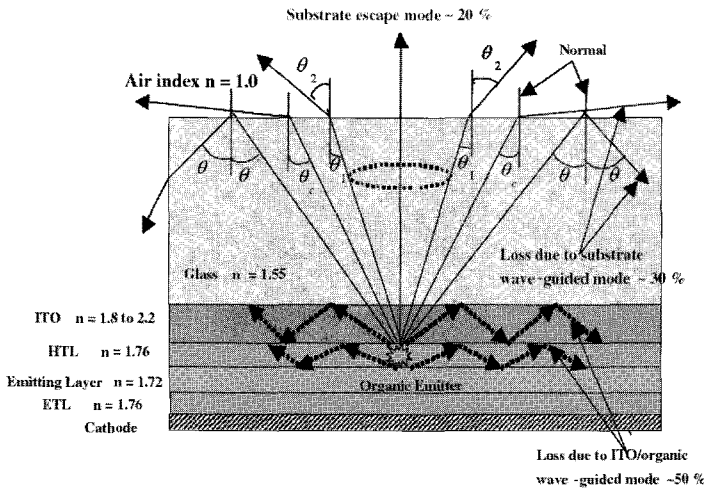


그림 3. 다층 OLED 구조에서 광의 추출 및 손실 메커니즘

OLED 광원의 외부양자효율은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\eta_{\text{power}} = \eta_{\text{ext}} \frac{E_p}{eV} = \chi \eta_{\text{int}} \frac{E_p}{eV} \quad (1)$$

여기서 χ 는 out-coupling 계수이고 η_{int} 는 내부 양자효율이다. 앞에서 언급한 바와 같이 인광 OLED는 재결합에 의해 형성된 여기자를 모두 발광에 이용

할 수 있기 때문에, 이론적 내부양자효율이 100(%)로 형광 OLED에 비해 효율이 4배까지 될 수 있다. 따라서 광효율 면에서는 높은 특성을 나타내어 활발한 개발이 이루어지고 있다. 인광재료는 일반적으로 수명이 길지 않은 단점이 있었으나 최근 활발한 기술 개발로 점차로 수명이 개선되고 있다. UDC는 고효율 인광 OLED 기술을 사용하여 1,000(cd/m²)의 밝기에서 전력효율이 100(lm/W)에 달하는 white

OLED 개발에 성공하였으며, 조명에 적용 가능한 40~50(cd/A), 색좌표 (0.40, 0.40)의 재료를 개발하였다고 보고하였다. OLED의 내부 양자효율 (η_{int})이 비록 100(%)라 하더라도 발광량의 약 20(%)만 외부로 방출되고 80(%) 정도의 빛이 유리 기판과 ITO 및 유기소재층의 굴절률 차이에 의한 wave-guiding 효과와 유리 기판과 공기의 굴절률 차이에 의한 전반사 효과로 손실된다(그림 3 참조). 전자에 의한 유기층/ITO층의 고립광을 외부로 추출하는 기술을 내부광추출이라고 하고 후자에 의한 기판 내 고립광을 외부로 추출하는 기술을 외부광추출이라고 한다.

외부 광추출 기술은 개발의 역사가 오래되고 기판의 외부에 광학 필름을 부착하는 형태로 적용되어 비교적 안전하고 용이하게 광추출 효율을 높일 수 있는 기술이나 외부 광추출 기술만을 적용할 경우 현실적인 광효율의 향상이 1.6배 정도로 한계가 있다. 현재 양산을 고려하고 있는 오스람과 필립스, LG화학 등은 대부분 마이크로 렌즈 어레이(MLA) 또는 광산란 필름을 고휘도 OLED 조명 패널에 부착하여 제품을 내보내고 있다. 내부 광추출 기술은 이론적으로 3배 이상의 외광효율 향상을 보일 수 있는 혁신적인 기술로 평가되고 있으나 매우 민감하게 내부 OLED 구조에 영향을 주게 되므로 광학적 효과 이외에 전기적, 기계적, 화학적 특성을 모두 만족해야 하는 난이도가 높은 기술이다. 미국 미시건대학의 Forrest 그룹, 독일의 Philips, Leo 그룹 등 해외의 선진 연구 그룹에서는 활발한 내부 광추출 필름에 대한 연구를 내놓고 있다. 현재까지 내부 및 외부 광추출 필름을 사용하여 개발한 OLED 소자의 가장 높은 광효율은 독일의 Leo 그룹에서 발표 약 90(lm/W)로 고굴절 기판을 이용한 것이다. 그러나 이 기술은 고굴절 박판유리의 제조 공정이 확립되어 있지 않아 바로 상용화 제품에 적용하기는 어려울 것으로 보인다. 한편 일본의 동경 공대 Takezoe 그룹에서는 PDMS/Al buckled 구조

를 이용하여 광추출 효율을 250(%) 이상 높였다고 보고하였다. 10여년 전부터 내부 광추출 기술과 관련하여 많은 기업과 연구자들이 관심을 가지고 다양한 방법을 제안하였다. 내부 광추출 기술로는 내부광산란층, 기판표면 변형, 굴절률 조절층, 포토닉 크리스탈, 나노 구조 형성 방법 등이 내부 광추출에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 현재 MLA(micro-lens array) 필름이나 광산란 필름 등을 OLED 패널 외부면에 부착하는 외부 광추출 기술은 어느 정도 확립되어 있으나 신뢰성 있는 내부 광추출 기술은 아직 보고되지 않고 있다.

3. OLED 조명 제품 동향

OLED 면조명은 신개념의 면광원으로서 기존 백열등 대비 60~90(%)의 전력 절감 효과가 기대되는 저전력 특성과 종래 조명기기에서 볼 수 없는 디자인 혁신성을 나타내어 유력한 차세대 조명 후보로 주목받고 있다. 2년 전만 해도 시제품으로 선보인 OLED 조명의 광효율이 20(lm/W)를 넘지 못하고 휘도와 수명도 낮아 LED에 비해 늦게 주목 받기는 하였으나 2011년 현재 전력효율 80(lm/W), 수명 20,000 시간 이상의 우수한 특성을 나타내는 시제품이 나와 초기 상용화 시장에 진입하고 있는 것으로 보인다. OLED 조명 기기는 추후에도 성능 향상이 지속적으 로 이루어질 것으로 예상되며 2020년에 전력효율 200(lm/W), 수명 30,000시간 이상, 가격 1 (\$/Klm) 등의 성능을 가질 것으로 예측되고 있다. OLED 광원은 발열이 없으며, 다양한 색상을 구현할 수 있고, 조광(dimming)이 가능하며 약 1.0~2.0 (mm)의 두께를 갖는 얇은 면광원 형태로 제작이 가능하다. 따라서 타 광원을 이용하여 면광원화하는 과정에서 소요되는 부가적인 부품이 필요하지 않으며, 효율, 연색성감소와 같은 문제점이 없어 실내조명으로 응용 면에서는 매우 큰 장점이 있다. 또한 미적인

아름다움을 가지면서 눈부심이 적어 조명기기를 직접 볼 수 있는 조명이라는 점에서 매우 혁신적인 디자인이 가능하며 실내 인테리어 산업과 함께 큰 부가가치를 창출할 수 있는 조명용 광원으로 발전할 가능성이 매우 높다. OLED 조명의 상용화를 위해서는 광원의 효율, 수명 및 대면적화, 저가격 특성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히 일반조명으로 사용되기 위해서는 3000(K) 이상의 색온도와 80 이상의 연색성을 가지면서 10,000시간 이상의 수명을 가지는 백색 OLED 광원이 요구된다. 이와 같은 특성을 가지는 고효율 장수명의 OLED 패널을 제조하기 위해서는 우수한 특성의 유기소재, 최적의 소자구조 및 광추출 기술의 개발이 필요하다. OSRAM, Philips, GE 등의 전통 조명 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 BLACKBODY, Lumiotec과 같은 다양한 산업체들이 OLED 조명 산업에 참여하고 있다. 각 산업체들은 2011년에는 대량생산으로 시장에 진입할 계획을 발표하고 있으며, 2012년에는 본격적인 시장이 형성될 것으로 예측하고 있다. 대규모 기업뿐만 아니라 중소기업의 유명 조명기업도 OLED 조명에 많은 관심을 보이고 있다. 영국의 Thorn Lighting, 미국의 Acuity Brands Lighting, 프랑스의 BLACKBODY 등이 OLED 조명의 새로운 디자인을 발표하면서 OLED 조명 패널이 공급되기를 기다리고 있다. 사무실 및 공장 등의 업무공간을 제외하고는 조명기기는 다양한 디자인이 요구된다. 다양한 디자인을 소량 생산하는 조명기기 산업의 특성상 대규모 자본이 필요한 패널 및 모듈 공급은 대규모 기업에서 조명기기는 중소기업에서 공급하는 생산체제로 발전할 가능성이 높아 보인다.

OSRAM은 세계 최초로 OLED 스탠드 조명 제품을 출시한 이후로 OLED 조명 산업을 가장 앞서서

선도하고 있다. 세계적인 조명 디자이너인 잉고마우러와 더불어 감성적인 조명 시제품들을 선보이며 조명기기에 예술적 감성을 부가하여 심미적 프리미엄을 갖는 조명으로 마케팅하고 있다. 또한 OLED 기술만으로 구현 가능한 투명한 광원을 이용하여 타 조명과의 경쟁력을 확보하기 위한 노력도 기울이고 있다. 최근에 ORBEOS라는 제품명으로 OLED 면조명 패널 제품을 소량 생산하고 있으며 시장 판매를 시작하여 시장의 반응을 지켜보고 있는 상황이다. OSRAM의 ORBEOS는 팔각형(발광면 원형)과 사각형의 두 가지 패널을 판매하고 있으며 이 패널들을 이용한 다양한 제품의 OLED 조명기기 디자인을 선보이고 있다. OSRAM은 유럽의 NOVALED, IPMS 등과도 협력하는 한편 OLED 소자 자체의 특성 향상에도 많은 연구개발 노력을 기울여 2011년 6월에는 작은 패널 크기의 광원에서 최고 87(lm/W), 5000 (cd/m²)의 휘도에서도 75(lm/W)라는 놀라운 전력효율 특성 기록을 발표하기도 하였다.

필립스 사는 「LUMIBLADE」라는 브랜드의 OLED 조명 패널 및 모듈kit 상품을 판매하며 본격적으로 시장을 준비하고 있다. 유리를 기반으로 다양한 컬러와 다양한 모양을 갖는 광원을 이용하여 시제품을 선보이고 있으며, 단순한 OLED 패널을 조명기에 응용하려는 노력과 더불어 IT 기술과 융합하여 교감형 (Interactive) 조명의 신기술을 개발하여 시연함으로써 미래형 조명으로 새로운 모델을 제시하기도 하였다. 필립스 사는 최근 Konica Minolta와 공동으로 UDC의 인광발광체를 이용하여 45(lm/W)의 전력효율을 나타내는 사용 패널 제품을 내놓기도 하였다. 필립스는 오스람에 비해 OLED 조명의 상용화에 약간 뒤쳐 있는 것으로 보이나 오스람에 뒤처지지 않도록 외부기관과의 제휴 움직임이 활발하다. 필립스는 자신이 부족한 패널의 소재 및 제조 기술을 일본 및 미국의 전문기업들과 협력하여 개발하고 있다.

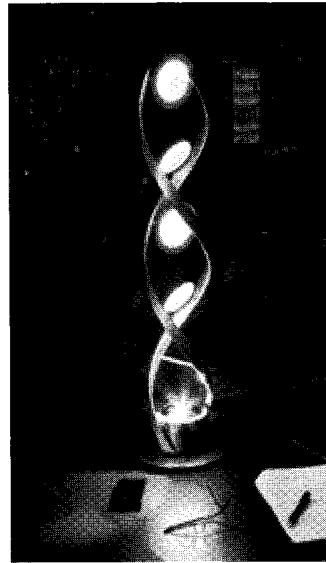
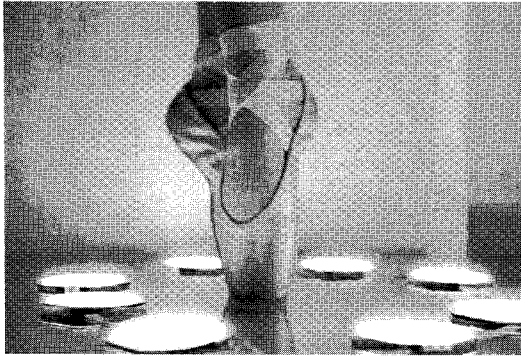


그림 4. OSRAM의 ORBEOS(좌)와 그를 이용한 조명기기(우)

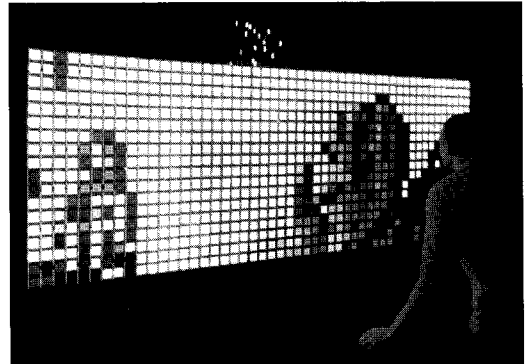
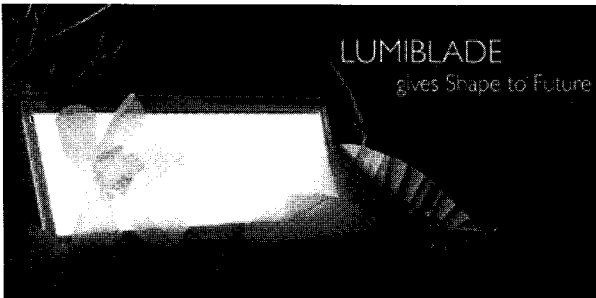


그림 5. 필립스의 Lumiblade(좌)와 교감형 OLED 조명(우)

그 외에 유럽에는 BLACKBODY, Thorn Lighting 등의 조명기기 디자인 전문 회사들도 OLED 조명에 많은 관심을 갖고 예술적인 OLED 조명 디자인을 선보이기도 하였다. 유럽에서는 우리나라와 달리 실내 조명으로 천정 매입형 등기구를 많이 사용하고 있지 않아 상대적으로 OLED 조명에 대한 관심이 높은 편이다. 또한 조명기기를 하나의 예술품적 가치를 지닌 실내 장식품으로 생각하는 경향이 있어 초기의 OLED 시장이 아트형 고가 조명기기로부터 시작할 경우 가장 유력한 시장으로 여겨지고 있다.

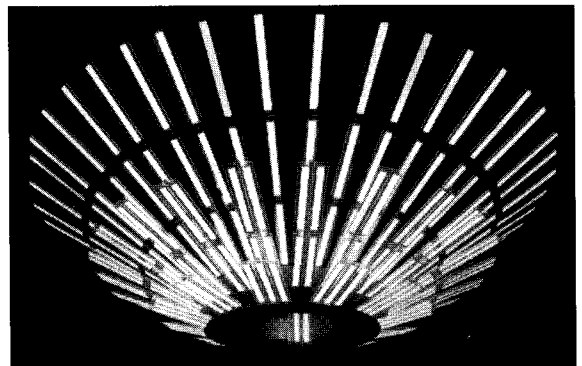


그림 6. BLACKBODY의 OLED 조명 디자인

GE사는 2007년 Konica Minolta와 파트너십을 맺으며 3년 내에 제품을 출시하는 것을 목표로 Roll-to-Roll 제조공법을 적용한 플렉서블 OLED 조명 제작을 시험함으로써 저가형 OLED 조명의 가능성을 제시한 바 있다. GE사는 2010부터 데코레이션용 조명으로 시장에 진입하여 2015년 본격적인 주 조명 시장에서 경쟁하고자 하는 로드맵을 발표한 바 있으나 아직 주목할 만한 OLED 조명 제품을 발표하지는 않았다. GE는 플렉서블 OLED 조명에 많은 관심을 가지고 연구개발을 진행하여 연구내용과 연구실 수준의 시제품은 발표하고 있으나 아직 상용 시제품은 내놓고 있지 않으며 OSRAM, Philips 등에 비해 상대적으로 OLED 조명의 개발 속도가 느린 편이다.

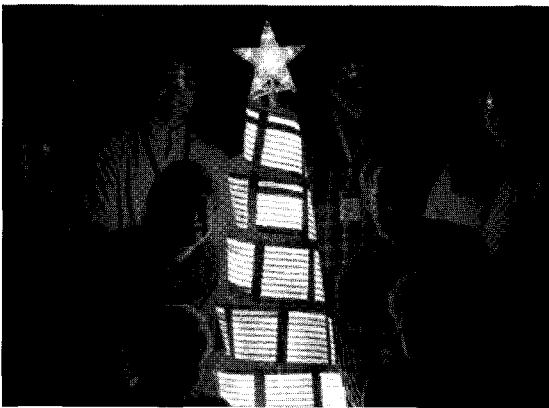


그림 7. GE가 개발한 OLED 유연 면광원

OSRAM과 함께 OLED 조명 산업에서 일본 업체들의 활약이 뛰어나다. Panasonic은 저가형 공정을 개발하여 시장 경쟁력을 확보할 전략으로 LCD 컬러 필터 공정에서 검증된 바 있는 슬릿코팅방법(Slit Coating Method)으로 제작한 광원을 발표하여 시장진입 가능성을 보였다. 파나소닉의 백색OLED는 40(lm/W)의 효율과 수명 20,000시간의 특성과 함께 연색성 95를 갖는 것으로 발표하여 최고의 연색성을 가진 광원으로 보고하였다. Panasonic은 2010

년에 특수조명 시장을 시작으로 하여 점진적으로 확대할 계획을 발표하고 있다. 루미오텍(Lumiotec)은 미쓰비시 중공업, 롬(Rohm), 도판프린팅, 三井物産, Junji Kido교수 등이 2008년 설립한 OLED 조명회사로 Keiji Akiba의 디자인으로 다양한 조명을 선보이고 있다. 루미오텍은 2009년에 5,000(nit)의 휘도에서 10,000시간의 수명과 25(lm/W)의 효율 특성을 갖는 OLED 조명 샘플을 발표하였다. 처음에는 15(cm)×15(cm) 1개당 5만엔의 고가이나, 2012년에는 5천엔, 2015년에는 1(m²)당 10,000엔 수준으로 인하할 계획을 수립하고 있다. 그 외에 Konica Minolta홀딩스는 2006년 64(lm/W)의 고효율의 백색 OLED를 발표한 이래로, 2008년 GE 및 Philips와 전략적 제휴를 맺고 2012년중에 본격적인 생산을 계획하고 있다. 그외의 일본회사로는 도호쿠 디바이스가 초기 제품을 출시했으며, NEC, KANEKA, 고이즈미 조명 등이 OLED 조명산업에 진출할 계획이다. Panasonic은 2011년 응용물리학회를 통하여 인광 OLED 소재와 광추출 구조를 적용한 OLED 조명 패널에서 광효율 80(lm/W), 연색지수 83, 수명 10000시간의 뛰어난 특성을 발표하였고, 올해 9월에는 30(lm/W)급 OLED 패널 및 모듈을 판매하기 시작하였다.

국내에서는 OLED 디스플레이 패널 및 소재 산업에 참여하고 있는 삼성모바일디스플레이, 네오뷰코오롱, LG화학과 전통조명 산업체인 금호전기, 필룩스 등이 OLED 조명 사업에 본격적인 참여를 발표한 바 있다. 현재 가장 상용화에 앞서 있는 업체는 LG화학으로 2011년 내에 상용 제품 출시를 목표로 하고 있다. LG화학은 2011년 5월에 미국의 Acuity Brands Lighting과 손잡고 OLED 조명 제품을 발표하였다. LG의 발표에 의하면 패널의 전력효율은 53(lm/W)에 이르며 수명(L₇₀)도 15000시간을 보장하고 있어 형광등에 가까운 특성을 나타내고 있다. 필룩스는 2010년 홍콩 조명산업전에 ETRI에서 주

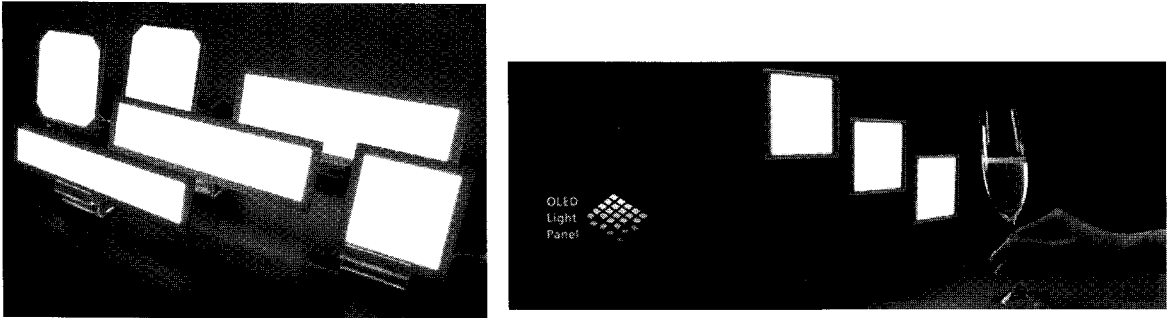


그림 8. Lumiotech(좌)과 Panasonic(우)의 OLED 조명 패널

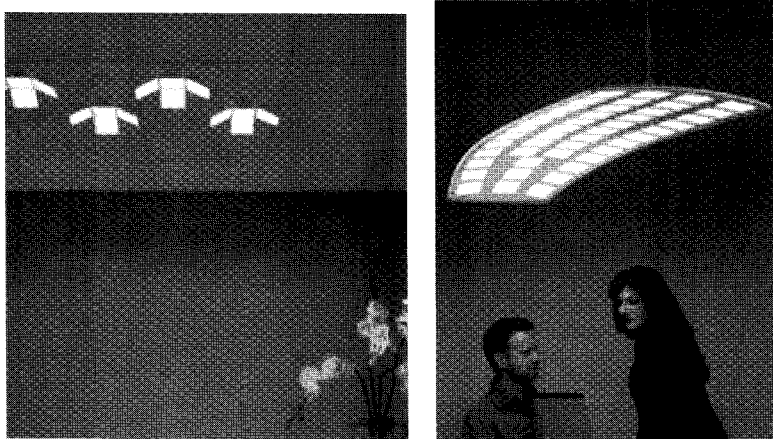


그림 9. LG화학의 OLED 패널을 이용한 Acuity Brands의 OLED 조명기기

관한 OLED 조명 공모전 대상 작품의 목업을 제작 전시하여 많은 관람객에게 주목을 받기도 하였다.

4. OLED 조명의 시장 전망

조명기기가 상용화되어 판매되기 위해서는 표준화가 필수적 과정이다. 조명기기는 램프(광원)와 컨트롤 기어, 주변 광학 및 기계적 장치로 구성되는데 각 부품이 표준화 되어 있어야 하며 조명기기가 설치되는 건축물과 사용자의 안전 및 부품의 호환을 위하여 최소한의 성능과 전기적 기계적 특성이 표준화 되어야 한다. 세계 각국은 표준을 외국의 저가 제품의 공세에서 자국의 관련 산업을 보호하는 방어 수단으로

삼는 경우가 많아 새로운 차세대 조명기기의 주도권을 쥐기 위해서는 표준 제정에도 많은 노력을 기울여야 한다. 조명분야 국제표준화 작업은 IEC(International Electrotechnical Commission)의 TC(Technical Committee)34에서 하고 있다. OLED 조명의 표준화 작업은 세계적으로 초기단계이며 최근 IEC TC34의 램프를 담당하는 PRESCO 분과 아래에 OLED 워킹그룹이 만들어져서 OLED 조명의 국제표준화 작업을 시작하였다. 한편 조명분야의 국제표준화는 이제까지 유럽의 Philips, OSRAM, 미국의 GE를 중심으로 이루어져 왔으나 OLED 조명의 경우는 우리나라의 표준전문가들이 표준화 작업의 중심에 있어 세계적으로 우리나라의

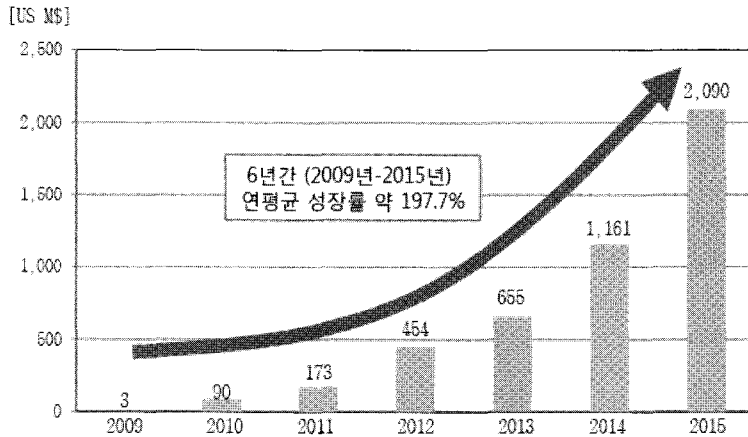


그림 10. 조명용 OLED 광원 시장 전망(유비산업리서치)

OLED 조명산업의 위상을 높이고 있다. 국내외 조명 산업 예측 보고서에 따르면 2012년부터 OLED를 이용한 옥내의 조명 시장이 본격적으로 형성될 것으로 예측되고, 2020년에는 LED 조명과 함께 조명 시장의 대부분을 대체할 것으로 예상되고 있다. 일본 야노 경제연구소의 보고서는 일본 OLED 조명 패널 시장 규모가 2012년에 100억엔을 초과하고, 기하 급수적으로 시장이 증가하여 2015년에는 540억엔에 달할 것으로 예측하고 있다.

유비산업리서치 등의 전문 시장조사 기관의 전망에 의하면 세계 조명 시장 규모는 2008년 기준 약 1,130억불(램프 220억불, 등기구 910억불)이었고, 2009년 약 1,100억달러에서 2015년 약 1,500억달러 규모로 30(%) 이상 성장할 것으로 전망되고 있다. 세계 조명 시장은 연평균 5.4(%)의 꾸준한 성장을 하고 있으며, 북미(31(%) 및 서유럽(22(%) 지역이 세계 시장의 54(%) 이상을 점유하고 있고, 중국과 동남아시아 등 신흥공업국이 조명 산업 전문 대단지(Cluster)화를 추진하는 등 빠르게 올라오고 있다. 최근 동남아시아의 신흥 공업국들은 값싸고 풍부한 노동력과 정부 주도의 집중 지원 정책으로 조명 산업이 급성장하는 추세이며, 중국은 광동성

Guzhen 조명 전문 단지(약 1,800업체 입주)를 조성하여 저가 조명제품에 대한 공세를 강화하는 추세이다. 미국, 유럽, 일본 등의 선진국은 저가 조명제품 생산기지를 해외로 이전하고 OLED 조명 등의 신 조명 기술 확보를 위한 전략적 투자를 하고 있다. 또한 전문적 시장 조사 자료에 의하면 2011~2012년을 기준으로 OLED 조명시장의 본격적인 도약이 예상되며, 2015년을 전후로 OLED 조명은 전체시장의 약 30(%) 정도를 차지할 것으로 예상하고 있다(TCI Report 2009 "OLED조명기술", KISTI). OLED 광원 시장은 2010년부터 열리기 시작하여 2015년에는 21억불에 달하는 시장으로 성장할 것으로 예상되고 있다. OLED 광원 시장을 유리기관, 발광/주변재료, 봉지재료로 나누어 시장을 분석한 결과를 보면, 2015년 유리기관 232(M\$), 발광/주변재료 249(M\$), 봉지재료 194(M\$) 예측되어 시장규모로는 OLED 광원이 가장 큰 시장이고 다음으로 발광/주변재료, 유리기관, 봉지재료 순일 것으로 예측된다. 2010년 OLED 광원 초기 시장에 사용될 것으로 예상되는 OLED 광원용 유리 기관 면적은 0.11백만(m²)로 디스플레이의 사용량 대비 미미한 수준이지만, 2015년까지 OLED 조명 광원 시장이 고속 성장

하게 될 것을 가정하면, 2015년 OLED 광원용 패널 면적은 6.30백만(m²)로 2010년에서 2015년까지 5년 동안 무려 57배 가량 사용량이 증가할 것으로 예상된다.

5. 향후 전망

OLED 디스플레이는 AMOLED의 뛰어난 화질 특성을 무기로 하여 프리미엄 디스플레이 시장에서 자리를 잡고 안정적인 성장기로 접어들고 있다. 이러한 OLED 디스플레이의 성공은 보다 많은 기술 개발 참여자들을 유도하고 있으며, 보다 많은 기술 개발 참여자들의 노력으로 더욱 빠른 기술 혁신을 이룰 것으로 기대된다. 한편 OLED는 조명용 광원으로 최근 실제적으로 초기 시장에 진입하고 있다. 기존 조명용 램프와는 차별화된 면광원의 특성과 미적 아름다움을 무기로 하여 초기에는 아트 조명 시장으로 진입할 것으로 예상되며, 이후 세간의 주목을 받으면서 점차로 고급 조명으로서 시장을 확대해 나갈 것으로 생각된다. 최근 OLED 조명 기술의 발전 속도가 놀라울 정도로 빨라져 그 성능이 기존 조명 수준으로 발전하고 있고 가격도 대량 생산으로 확대될 경우 크게 낮아져 향후 일반 조명 시장까지도 진입할 수 있는 가능성을 크게 높이고 있다. 조명 시장은 디스플레이 시장과는 다르게 매우 다양한 시장으로 나누어지며, 이러한 점이 OLED 조명 산업의 새로운 참여자들에게 매우 매력적이어서 일부 대기업에 의한 독과점 시장이 아닌 다양한 중소 제조업체들에게 참여 기회가 있는 시장으로 발전할 것으로 생각된다. 가까운 장래에 OLED 조명 분야에 신규 참여자들이 늘어나 일정 규모를 넘어서면 OLED 조명 시장은 빠르게 성장하여 거대 시장으로 발전할 가능성이 매우 높아 보인다.

참 고 문 헌

- [1] P. A. Levermore, M. S. Weaver, M. Hack, J. J. Brown, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-1 (2009).
- [2] A. Mikami, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-3 (2009).
- [3] F. Creuzet, LED/OLED Lighting Tech. Expo, L7-2 (2009).
- [4] Y.-S. Tyan, US DOE SSL Manufacturing Workshop (2009).
- [5] F. Welsh, US DOE SSL Manufacturing Workshop (2009).
- [6] 유비산업리서치 '차세대 조명용 OLED광원 시장 전망', 2008.
- [7] www.olla-project.org
- [8] www.oledesign.com
- [9] www.oled100.eu
- [10] 유비산업리서치 '2010년 OLED 연간보고서', 2010.
- [11] OSRAM ORBEOS Application Guide.
- [12] 추혜웅 외, OLED조명 기술 동향, 전자통신동향 분석 24권 4호 (2009).

◇ 저 자 소 개 ◇



조두희

1987년 한양대학교 재료공학과 졸업.
1989년 KAIST 재료공학과 졸업(석사).
1996년 일본 경도대학 재료공학과 졸업(박사). 1998년~현재 ETRI(한국 전자통신연구원) OLED 조명 연구팀 책임연구원. 현재 IEC TC34 PRESCO OLED W/G 의장.

관심분야 : OLED 디스플레이 및 조명, 산화물 TFT, OLED 광추출, OLED조명 표준화

Email : chodh@etri.re.kr



이정익

1992년 KAIST 화학과 졸업. 1994년 KAIST 화학과 졸업(석사). 1997년 KAIST 화학과 졸업(박사). 1998년 IBM Almaden Research Center Post. Doc., 1999년~현재 ETRI(한국전자통신연구원) OLED 조명연구팀 팀장.

관심분야 : OLED 디스플레이 및 조명, OLED 소자



추혜웅

1987년 경희대학교 물리학과 졸업.
1989년 경희대학교 물리학과 졸업(석사).
2008년 경희대학교 정보디스플레이학과 졸업(박사). 1989년~현재 ETRI(한국 전자통신연구원) 신소재소자연구부 부장.

관심분야 : OLED 조명 및 디스플레이, OLED 응용소자