

OLED 조명 기술의 최근 동향

OLED는 유기발광 물질에서 나오는 빛을 이용하는 소자로 현재는 주로 디스플레이분야에서 LCD와 경쟁하고 있다. OLED 조명은 백색을 내는 OLED 소자를 조명으로 이용하는 것으로 휘도가 높고 낮은 전압에서 구동되며 유리 기판위에 제작됨으로 얇다는 장점을 가지고 있다. 특히 OLED는 수 mm 이하의 두께로 구현이 가능하여 경량 박형의 광원이 가능하므로 설치 장소에 대한 제약이 거의 없다는 장점을 가지고 있다. 시장전망 기관들에 따르면 OLED 조명 시장은 2012년을 전후로 본격적으로 시작될 것으로 예상하고 있다.

1. 서론

지난 몇 년 전부터 지구 온난화와 에너지 자원 고갈, 환경오염에 대한 이슈가 부각되면서 1800년대 말부터 사용해 오던 백열등과 형광등에 대한 사용규제가 논의 또는 의결되어 오고 있다. 백열등의 경우 저렴하고 연색성

이 좋은 장점이 있으나 효율이 20 lm/W로 낮은 단점이 있고, 형광등의 경우에는 적은 발열과 높은 효율임에도 불구하고 수은 납 등의 환경오염 물질을 포함하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 세계 각국에서는 이들 기존 광원을 대체하기 위하여 효율이 높고 친환경적인 조명을 개발하여 오고 있으며 그 유력한 후보로 떠오르고 있는

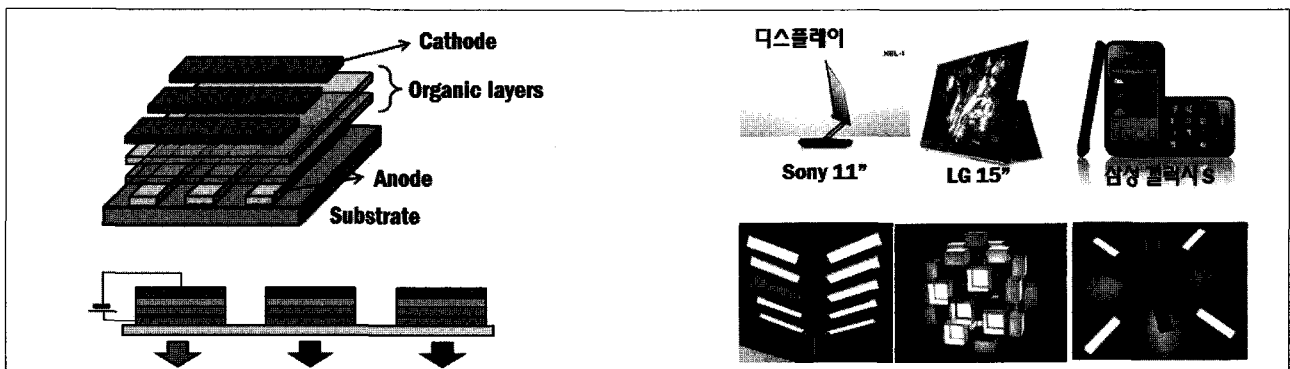


그림 1. OLED의 구조와 응용 분야

것이 LED(light emitting diode), OLED(organic light emitting diode)와 같은 고체 조명(SSL: solid state lighting)이다.

이중 OLED는 유기발광 물질에서 나오는 빛을 이용하는 소자로 현재는 주로 디스플레이분야에서 LCD와 경쟁하고 있다. OLED는 주로 유리기판 위에 제작되는데 anode와 cathode 사이에 박막의 유기물이 위치하는 간단한 구조로 이루어져 있다(그림1). OLED 소자에 직류 전압을 인가하면 애노드와 캐소드로부터 주입된 전공과 전자가 유기물에서 재결합하여 생성되는 에너지가 기저 상태로 떨어지면서 빛이 나오게 된다. 이때 발광층을 구성하는 유기물질의 종류에 따라 빛의 색이 달라지게 된다. 디스플레이에서는 RGB 삼색의 각각 다른 물질을 픽셀단위로 각각 구현하여 Full color를 구현하는데 비하여 조명에서는 한 소자 내에 한층에 전파장을 구현하거나 또는 두세층에서 각각의 색을 내어 백색을 구현한다. OLED 조명은 백색을 내는 OLED 소자를 조명으로 이용하는 것으로 휘도가 높고 낮은 전압에서 구동되며 유리 기판 위에 제작됨으로 얇다는 장점을 가지고 있다. 특히 OLED는 수 mm 이하의 두께로 구현이 가능하여 경량 박형의 광원이 가능하므로 설치장소에 대한 제약이 거의 없다는 장점을 가지고 있다.

LED, OLED 모두 고효율, 고연색성, 저소비전력, 친환경을 내세우고 있는 점에서는 동일하지만 단위 광원의 형태가 매우 다르기 때문에 외형 및 광학적 특징이 달라지게 된다. 신조명원으로 먼저 각광을 받고 있는 것은 LED로, 현재 많은 업체에서 경쟁적으로 LED를 사용한 광원을 출시하고 있다. LED는 소형의 점광원 형태를 갖고며 작은 발광면적에서 많은 양의 빛이 뿜어져 나온다. 따라서 LED는 눈부심, 방향성, 휘도 불균일, 발열 등의 문제를 가지고 있으며 이를 해결하기 위하여 빛을 사용 용도에 맞추어 빛을 분산시킬 수 있는 광학계와 열을 제거하는 방열부품이 요구된다. 이러한 부품들은 LED 자체는 매우 작을지라도 LED 조명은 상대적으로 큰 부피를 증가시키는 원인이 된다. 이에 비하여 OLED는 넓은 면적의 발광부를 갖기 때문에 눈부심이 적은 확산광이라는 특징을 가지고 있다. 또한 디스플레이처럼 1장 또는 2장의 유리로 제작이 가능하기 때문에 얇게 만들거나 플

표 1. LED와 OLED의 비교

	LED	OLED
Characteristics	High efficiency, High CRI Energy saving Mercury free	
Source	Point light source High intensity @ small area	Area light source Diffusing light
Module	High design flexibility Easy color control	Good design flexibility
	Requirement : Optical film Heat management	
Application	Outdoor Direct lighting	Indoor Diffusing/mood lighting

렉서블 기판을 적용하면 곡면이나 다양한 형태로 구현이 가능하다는 장점도 가지고 있다. 이러한 차이에 의하여 LED는 직진성이 요구되는 곳이나 실외용으로 OLED는 분위기를 만드는 용도나 실내용으로 적용될 것이라고 전망되고 있다.

2. OLED 조명의 개발 동향

OLED 조명은 주로 기존 조명의 주도권을 쥐고 있었던 미국 유럽 일본의 국가적 지원하에 오스람, 필립스, GE 등의 기존 메이저 업체들과 새롭게 참여하고 있는 Thorn lighting, Blackbody, Lumiotec 등 중소기업의 업체들을 중심으로 하여 빠르게 개발되고 있다. 대부분의 기업들은 2012년에서 2013년에 본격적인 시장 출시를 목표로 현재 생산준비 및 소량 생산을 하고 있다. Osram은 2003년도부터 PMOLED 디스플레이를 생산하였으나 2007년 조명 분야로의 방향을 설정하면서 디스플레이 산업을 중단시켰고 이후 다양한 형태의 OLED 조명을 선보이고 있다. 현재 ORBEOS라는 제품명으로 OLED 조명 제품을 소량 생산판매하고 있다. ORBEOS는 팔각형과 사각형의 외형을 가지고 있으며 이를 이용한 다양한 제품들을 선보이고 있다. 특히 Ingo maurer와 같은 디자인 업체를 통해 다양한 디자인의 제품을 제작하여 전시하고 이를 통해 시장의 반응을 보고 있다. 또한 2011년 6월에는 작은 패널 크기의 광원에서 87 lm/W

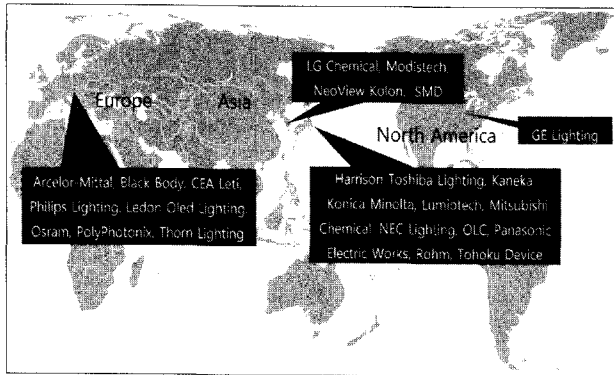


그림 2. OLED 광원 산업 맵 (유비산업리서치 2011)

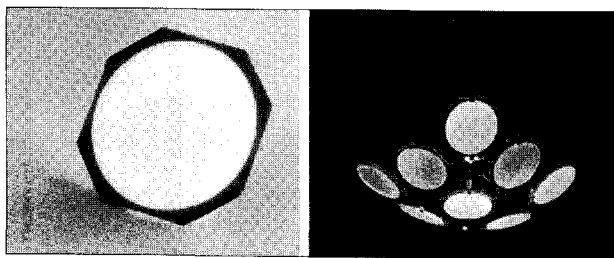


그림 3. Osram의 ORBEOS CDW-031과 이를 이용한 Ingo Maurer의 조명 시제품

의 매우 높은 효율을 갖는 패널을 선보여 높은 기술력을 자랑하고 있다.

Philips는 Lumiblade라는 제품명으로 OLED 조명을 kit 형태로 판매하며 시장진입을 준비 중에 있다. Philips는 2009년 밀라노 디자인 위크에서 Jason Bruges가 제작한 인터랙티브 조명을 전시하였으며, 이는 사용자의 움직임에 OLED 패널이 움직여 반응하는 조명 시스템으로 디자인이 강조된 시제품이다. Philips는 3~5년 이내에는 투광광원으로써 90lm/W, 20000시간의 수명을 갖는 900cm²의 광원제품을 출시하고 이후에는 플렉서블 광원을 출시하겠다는 목표를 발표한 바 있다.

GE는 다른 업체와는 달리 Roll to Roll 공정법을 이용한 플렉서블 OLED 조명을 개발을 추진 중에 있다. 'Roll to Roll 제조 공법'을 통해 저비용 생산 가능성을 입증하였으며 이를 통해 유기 전자 제품의 저비용 대량 생산을 목표로 하고 있다. GE는 일반 주조명을 목표로 장기적인 사업 플랜을 세우고 이에 대한 준비를 하고 있으며 사업화를 위한 효율 수명 가격 중 가격을 가장 우선 순위에 두고 개발을 추진 중에 있다. 또한 Konica Mi-

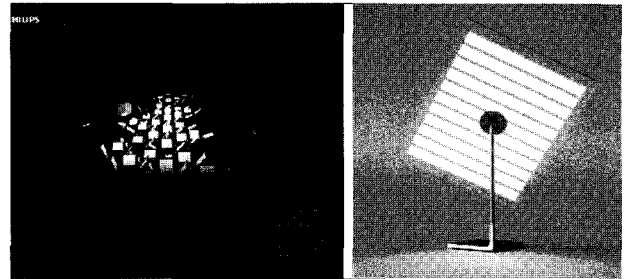


그림 4. 조명 시제품 (a) Philips (b) Blackbody의 Light photon

nolta와 파트너십을 맺고 저가 조명의 실현을 위해 노력하고 있다.

독일의 조명업체인 Zumtoble group은 프라운호퍼의 IPMS와 합작 벤처인 Ledon OLED lighting을 설립하였으며 현재 조명 제품을 생산 판매하고 있다. Blackbody는 Astron PIAMM의 general lighting 브랜드로 2세대 양산 장비를 갖추고 다양한 형태의 조명을 생산하고 있으며 특히 디자인을 강조한 상들리에 등을 제작 판매하고 있다. Blackbody의 Light photon은 47x37cm 크기의 OLED 패널을 이용하여 제작하고 있으며 발광면적은 1001cm²로 현재 5900\$에 판매하고 있다.

Novalled는 PIN구조의 고효율 OLED 소자 및 소재를 개발하는 회사로 이 기술을 이용한 조명 생산도 추진하고 있다. 현재는 stainless steel 기판을 이용하는 플렉서블 OLED 광원 형태로 2012년 50lm/W, 50000시간의 제품 생산을 목표로 하고 있다. 또한 투명 제품도 개발 중이며 현재 100x100mm², 10~20lm/W, 투과율은 60%에 이르고 있다.

일본에서는 파나소닉, 루미오텍, Konica Minolta, NEC, 고이즈미 조명 등 많은 업체들이 참여하고 있다. 루미오텍은 미쓰비시 중공업, 롬, 토판프린팅, Kido 교수 등이 2008년에 설립한 OLED 조명회사로 다양한 패널을 선보이고 있으며 양산 장비도 자체적으로 개발 중에 있다.

Tohoku device는 2006년 백색 OLED 패널 양산화에 성공하였으며 특수조명이나 모바일 기기의 백라이트용으로 매년 생산규모를 확대하여 2009년부터는 OLED 조명을 생산, 파나소닉전공에 납품을 해오고 있다.

Konica Minolta는 2006년 당시 세계 최고의 효율(64 lm/W)을 갖는 백색 OLED 개발에 성공하여 독자적인

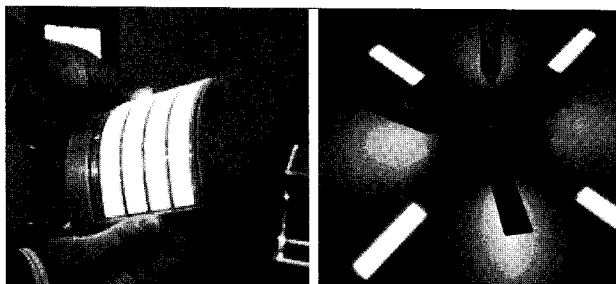


그림 5. (a) GE의 플렉서블 조명 (b) Lumiotec의 조명 시제품

고효율 광원 기술을 확보하고 있으며 2007년 GE와 전략적인 제휴를 맺고 2012년 중에 본격적인 생산을 준비 중에 있다.

Fujitec은 램프형 OLED 광원을 개발하여 오고 있으며 2010년 $\Phi 70 \times 80 \text{mm}$ 수명 100시간의 RGB 관형 OLED 광원을 개발하기 시작해서 2012년에는 $\Phi 33 \times 200 \text{mm}$ 에 효율 30lm/W, 수명 10000시간의 광원을 개발하는 로드맵을 수립하고 개발 중에 있다.

국내에서는 디스플레이 분야에 세계 1위의 기술을 바탕으로 OLED 조명 진입에 대한 검토를 하고 있다. 관련 기업으로는 양산 투자하고 있는 LG화학과 세계 1위의 OLED 디스플레이 기업인 삼성 SMD 이외에도 네오뷰 코오롱, 모디스텍 등이 참여를 준비 중에 있다. LG화학은 2012년 본격적인 양산을 목표로 양산투자를 진행하고 있으며 국내 OLED 장비업체와 공동으로 5세대 OLED 조명장비를 개발하고 있다. 현재 40 lm/W급의 패널을 2011년 하반기 또는 2012년 초에 공급할 계획이며 조만간 60 lm/W의 패널도 공급할 수 있을 것으로 보인다. 삼성SMD는 현재 디스플레이 제품 수요가 확대되면서 조명사업 진출이 늦어지고 있으나 자타가 공인하는 OLED 관련 최고의 기술력을 보유하고 있는 기업으로 향후 시장이 형성되면 삼성LED 설립과 유사하게 OLED 조명사업부가 설립할 것으로 예상된다. NeoView Kolon도 현재 조명패널을 개발 중에 있으며 투명 OLED 기술을 바탕으로 다른 기업과 차별화된 면광원을 개발하고 있다.

중국에서는 정부차원에서의 막대한 지원을 바탕으로 약 20 여개의 업체가 OLED를 개발하고 있으며 이중 Visionx는 현재 40 lm/W의 하이브리드 OLED 패널을 개발하였고 시장진출을 검토하고 있다.

3. OLED 조명을 위한 기술 이슈

OLED 조명을 개발하기 위해서는 OLED 광원, 제조 공정, 제품 개발에 대한 연구가 필요하다. OLED 광원 기술은 White를 구현하기 위한 OLED 소자에 관한 것으로 효율, 색온도(CCT), 휘도, 연색성(CRI), 수명에 대한 요구 조건을 갖는다. 일반적으로 주조명으로 사용되기 위해서는 색온도는 대략 3000K 이상, CRI는 80 수명은 10,000 시간 이상이 특성을 요구한다. 이러한 특성을 확보하기 위해서는 고효율에 선택성이 우수한 소재와 소자 구조의 개발이 필요하다. 높은 연색성을 갖는 소자를 구현하기 위해서는 넓은 발광 스펙트럼을 갖는 발광 소재의 개발이 요구되는데 특히 청색발광재료는 다른 발광재료에 비하여 수명이 짧고 효율이 낮아 신규소재 개발이 절실한 실정이다. 또한 OLED는 한 소재에서 하나의 색을 내기때문에 백색을 구현하기 위해서는 최소한 두 개 이상의 발광물질을 필요한데 이를 소자 구조 내에서 단일층화하거나 적층하여 원하는 스펙트럼을 갖으면서도 고휘도를 낼 수 있는 구조의 개발이 필요하다. 소자를 다층으로 적층하는 구조는 높은 휘도를 낼 수 있다는 장점이 있지만 색안정성 확보, 원가 상승, 장비 투자 증가 등의 문제가 있다.

OLED는 여러 종류의 광학적 특성, 굴절률이 다른 물질이 적층되어 있는 구조이기 때문에 OLED 소자에서부터 만들어진 빛은 전반사에 의하여 밖으로 방출되어 활용되는 비율이 약 20% 정도로 낮다. 따라서 고효율의 소자를 얻기 위해서는 이를 개선하기 위한 소자가 가능한 많이 활용될 수 있도록 굴절률을 제어하거나 waveguide된 빛을 반사시켜 소자 밖으로 꺼내는 광추출할 수 있는 기술개발도 요구된다.

OLED 조명의 상용화를 위해서는 OLED 조명에 적합한 양산공정 개발이 반드시 필요하다. 조명은 디스플레이에 비해서 높은 가격경쟁력을 요구한다. 따라서 제조원가에 대한 경쟁력을 확보하기 위해서는 OLED 소자의 구성에 대한 검토도 필요하지만 재료사용효율을 높이고 대면적의 기판을 사용하여 빠른 시간 내에 많은 물량을 불량없이 생산해 내는 생산측면도 매우 중요하다. 디스플레이용 장비와 조명용 장비는 기본적으로는 같은 기술

이지만 조명용 장비는 생산성을 극대화하기 위한 형태로 발전하고 있다. 둘 간의 가장 큰 차이는 디스플레이에서는 고해상도의 RGB화소의 패턴 형성에 주안점을 주는 대신 조명에서는 높은 생산성과 고효율 증착을 통해 제조원가 절감을 목표로 한다는 것이다. 따라서 조명용 장비는 인라인 방식으로 구성되고 있으며 고가의 유기재료를 낭비없이 증착하기 위한 linear source를 채택하고 있다. 장비의 개발은 일본의 Tokki, Ulvac, 미쯔비시 중공업, Applied materials 등이 각자 다른 방식으로 개발해 오고 있으며 국내에서는 DMS, 선익, SNU precision이 공동으로 2012년 개발 완료를 목표로 5세대 인라인 장비를 개발 중에 있다.

OLED 조명 양산을 위해서는 증착기 외에 기판에 대한 생산기술도 필요하다. 조명용 기판은 유리 기판위에 투명전극(ITO)과 저항을 줄이기 위한 보조배선이 위치하게 되는데 전극의 패턴형성 작업은 photolithography 공정을 이용하여 진행된다. 그런데 이 photolithography 공정은 매우 안정적이고 대면적 적용도 용이한 생산기술이지만 고가의 장비가 필요하고 공정수도 많아 원가 경쟁력을 낮추는 원인이 된다. 따라서 이를 해결하기 위하여 전극을 shadow mask를 사용하여 증착과 동시에 패턴을 얻는 방법을 사용하거나 인쇄공정을 이용하여 전극을 형성하는 방법이 개발 중에 있다. 특히 인쇄공정을 사용하는 방법은 대면적 생산성이 우수하고 향후 플렉시블 조명에 적용이 용이할 것으로 판단되어 차세대 기술로 기대되고 있다.

조명제품을 개발하기 위해서는 조명제품 자체에 대한 기본적인 컨셉 결정이 바탕이 되어야 한다. 즉, 기본 단위가 되는 타일의 크기와 형태, 배선의 형태와 밀도, 전류를 인가하기 위한 단자의 수와 위치, 단자와 외부 전원 공급장치 간의 연결방식 등이 결정이 되어야 한다. 또한 단위 타일을 단독으로 사용할 경우도 있지만 여러 개의 타일을 배열하여 사용할 경우 각각에 구성이 가능하도록 하는 tiling기술 또한 필요하다. 이때 고려할 것 중 하나는 불량 또는 먼지 휘도가 낮아진 제품에 대한 교체이다. LED의 경우 문제되는 것 중에 하나는 제품상태로 패키징이 되어 있는 상태에서 불량 LED가 발생하였을 경우 해당 LED 하나만의 교체가 거의 불가능하다는 것인데,

OLED에서는 LED에 비해 단위 광원의 크기가 매우 커서 동작하지 않는 타일을 그대로 유지시키기는 어렵다. 따라서 불량 패널을 용이하게 교체할 수 있도록 설계하는 것이 필요하다.

OLED 조명제품은 얇은 유리판의 형태로 기존의 다른 조명과는 전혀 다른 형태를 갖게 되는데 이를 설치하기 위한 고정장치와 외부 충격이나 기계적 안정성을 부여하기 패키징 기술이 필요하다. LED의 경우에는 기존 조명과 같은 소켓을 사용하기 위하여 백열등 형태, 형광등 형태로 개발되어 왔으나 OLED는 이러한 형태로 제작하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 기존의 광원을 설치하던 장치들과는 다른 형태의 인입 장치가 필요하며 특히 구동 형태에 있어서 기존의 교류대신에 직류가 공급되어야 한다. 이러한 기술이 어느 정도 성숙하게 되면 이러한 요구조건들은 표준화되어 개발될 것으로 판단되며 이에 대한 국제표준화작업은 현재 시작단계에 있다.

4. OLED 조명의 전망

세계 조명시장은 2015년까지 연평균 3.8% 정도의 꾸준한 성장을 지속할 것으로 전망되고 있으며 2015년에는 약 1500억 달러 규모가 될 것으로 전망되고 있다. 현재 가장 많은 부분을 차지하고 있는 백열등은 점차 시장이 감소할 것으로 보이며 이외의 다른 방식은 지속적으로 성장할 것으로 보인다. 특히 OLED는 약 244%의 높은 성장률을 보일 것으로 전망된다.

조명시장의 지역별 점유율을 보면 북미와 서유럽이 각각 31%와 22%로 세계 시장의 절반 이상을 점유하고 있고 중국과 인도, 동남아시아 등 신흥시장이 빠르게 성장하고 있다. 미국, 유럽, 일본의 선진국들은 저가조명에 대한 생산 기술을 중국 등의 해외로 이전하고 있으며 OLED와 같은 신기술 개발에 전략적인 투자를 진행 중에 있다.

시장 전망 기관들에 따르면 OLED 조명 시장은 2012년을 전후로 본격적으로 시작될 것으로 예상하고 있다. OLED 조명의 발전은 3단계로 예상되는데 첫 번째 단계가 시장 진입기로 현재 상태로 볼 수 있다. 이 단계는 아

표 2. 세계 조명 시장 전망 (유비산업리서치 OLED 연간보고서 2010.02)

(단위: M\$)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR
형광등	47,694	55,473	61,084	66,695	73,306	77,917	10.3
백열등	69,698	69,437	66,007	62,578	59,149	55,719	-4.4
LED	2,000	2,495	3,244	4,217	5,482	7,126	28.9
OLED	6	226	432	1,136	1,638	2,902	244.3
Total	119,398	127,631	130,767	134,626	139,575	143,664	3.8

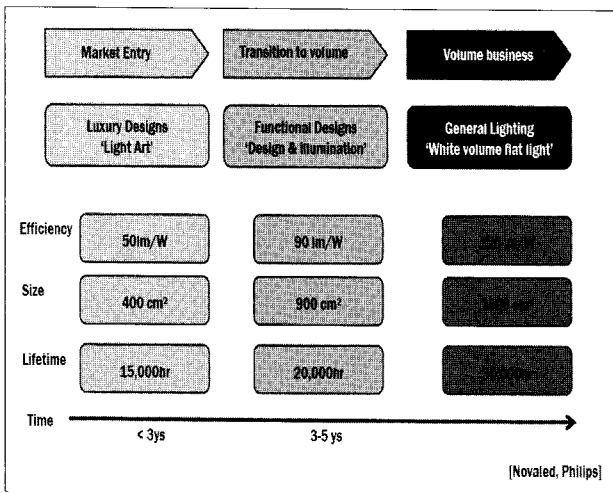


그림 6. OLED 조명의 개발 단계별 특성


직까지 수요는 많지 않으나 고급화된 디자인 관점에서 시장에 진입을 시도하는 단계로 광원의 효율이나 크기, 수명 등이 기존 조명에 비하여 동등 또는 이하의 특성을 보인다. 다음 단계는 양적 팽창이 진행되는 단계로 디자인적 관점과 일반 조명의 관점이 섞여 있는 단계로 이 단계에서의 조명특성은 기존 조명보다 나아지는 특성을 보일 것으로 예상된다. 마지막 단계는 현재 백열등이나 형광등과 같은 volume business 시장으로 일반 조명을 완전히 대체하는 단계로 이 단계로 진입하는 데는 대략 5년 정도의 시간이 걸릴 것으로 전망된다.

5. 결론


OLED 조명은 조명의 패러다임을 바꿀 수 있는 차세대

조명으로 많은 관심을 받고 전세계 유수의 기업들이 연구 개발에 박차를 가하고 있으며 수년 이내에 시장에 본격적으로 포지셔닝을 할 것으로 예상된다. OLED 조명은 기존 조명과 달리 면광원이라는 외형적 특징과 아름다움이라는 차별화된 포인트로 시장에 진입할 것으로 판단된다. OLED는 많은 장점에도 불구하고 가격 경쟁력, 수명, 효율, 색안정성, 대면적화 등에 많은 이슈를 가지고 있으며 이를 해결하고자 하는 많은 연구개발이 진행되고 있다.

OLED 디스플레이와 조명은 기술적 차이가 존재하긴 하지만 소재, 장비 등 많은 부분에서 서로 호환이 가능하다. 현재 OLED 디스플레이는 국내에서 전세계 OLED의 거의 대부분을 차지하고 할 정도로 생산기술 및 소재, 부품 등에 축적된 기술을 보유하고 있다. 따라서 OLED 조명산업이 본격화되면 우리나라는 OLED 조명의 생산 강국이 될 가능성이 매우 높을 것으로 기대된다.



이찬재
 한양대학교 신소재 공학과를 나와 공학박사 학위를 받았고 2000년 전자부품연구원에 입원하여 OLED 디스플레이 및 투명 전극 개발을 담당하였으며 현재는 OLED 조명 및 Printed electronics 관련한 연구를 수행 중에 있다.



이정노
 1997년 KAIST에서 재료공학 박사학위 후 삼성SDI에서 근무하였으며 현재 전자부품연구원에 플렉서블 디스플레이센터의 센터장을 맡아 OLED 및 Flexible display에 관한 연구를 진행하고 있다.