

# 차세대 조명 기술로서 OLED 기술의 현황

Trends of OLED Lighting Technology for Future Lighting

유병곤 (B.-G. Yu)	산화물전자소자연구팀 책임연구원
이정익 (J.-I, Lee)	OLED 조명연구팀 팀장
추혜용 (H.-Y, Chu)	신소자/소재연구부 부장

## 목 차

- .....
- I . 서론
  - II . 조명 소자로서 OLED
  - III . 고연색성 백색 OLED 패널
  - IV . 향후 과제 및 개발 전망
  - V . 결론

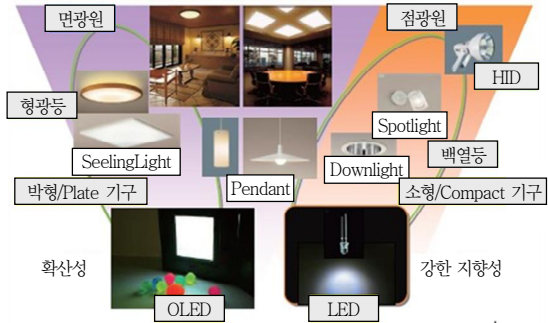
백색 OLED 조명 기술의 실용화가 사정거리에 들어왔다. 다양한 제조 기술도 검토되기 시작하였고, 일부 샘플 출하도 시작되었다. 최근에는 수명, 효율도 함께 크게 개선되었고, 또한 고연색성 향상도 동시에 실현될 수 있는 디바이스 개발이 진행되고 있다. 최근에 선두업체들은 조명전문 업체를 설립하여 제품 출하를 시작하고 있다. 본 고에서는 스타트라인에 와 있는 OLED 조명 기술의 현황과 꼭 풀어야 할 과제에 대하여 살펴보고 그 장래의 방향성에 대하여 의견을 개진하고자 한다.

## I. 서론

최근, 발광다이오드(LED)의 급속한 발전에 의하여 새로운 조명 방식이 세상 중에 나오려고 하는 중이다. 한편, 백색 Organic LED(OLED)도 효율과 수명의 개선이 진행되어, 차세대 조명광원으로서는 또 하나의 유력한 후보로 되고 있다. 특히, 양자 모두가 고효율화에 의한 에너지 절약뿐만 아니라 수은을 사용하지 않은 환경에 친근한 조명 디바이스로서 주목을 받고 있다.

그럼에도 불구하고 실용적인 조명 관점에서 보면, 조명으로서 갖추어야 할 다양한 면에서 균형 잡힌 특성을 갖는 디바이스 개발이 요구되고 있다. 예를 들면, 조명에서는 존재를 인식시키기 위한 밝기가 강조되는 조명과 존재물의 색을 인식시키기 위한 조명의 두 가지 역할이 있는데, 전자는 도로 조명 등으로 대표되는 광량을 중심으로 특성을 중요하게 생각하는 응용이고, 후자는 가정과 사무실에서 사용하는 일반 조명, 미술관 조명 등의 광의 질을 중요하게 생각하는 응용이 된다. LED는 점광원으로서 좁은 면적에서 강한 지향성의 높은 광량을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있지만, 넓은 면의 확산광을 만들기는 어렵다. 반면 OLED는 넓은 면으로 제작되며 고품질의 확산광을 제공할 수 있는 특성을 가지고 있다. 따라서, LED와 OLED가 각각의 특성을 더욱 발전시키면 종래의 백열등, 형광등을 교체하는 고효율이며 무수은 조명 광원이 실현될 것이며, 또한, 점광원인 LED와 면광원인 OLED를 잘 활용하게 되면 새로운 양질의 조명 공간 실현이 기대된다.

이것이 차세대 조명광원으로 불리워지는 까닭이라고 할 수 있을 것이다. (그림 1)에 OLED와 LED의 역할 분담의 방향성을 나타내고 있다. 확산광원은 OLED로 지향성 광원은 LED로 치환되어 갈 것으로



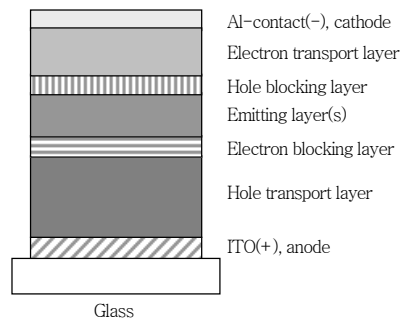
<자료>: Panasonic.

(그림 1) LED와 OLED의 구분

기대되고 있다. 본 고에서는 차세대 조명에서 주요 기술인 OLED 조명 기술의 현황과 장래전망에 대하여 기술하고자 한다.

## II. 조명 소자로서 OLED

백색으로 발광하는 OLED 기술은 1993년 일본 Yamagata 대학의 J. Kido 등에 의해 실현된 이래[1]로 OLED의 차세대 조명광원으로서는 활용이 논의되어 지고 있다. 기본적인 구조는 (그림 2)에 보여주고 있다. 유리기판 상에 투명전극(ITO 박막)을 증착하고 전자-홀(hole) 수송층으로 유기소재 박막을 형성한 다음에 반사효과를 가진 캐소드인 금속전극(AI 박막)을 형성한 구조이다. 형광등 효율(약 100lm/W)을 능가하는 고효율 백색 광원으로 될 potential을 충분히 가지고 있을 뿐만 아니라[2] 형광등과 냉음극 광원



(그림 2) 기본적인 백색 OLED 소자 모식도

램프(CCFL)를 대체 가능하게 될 수을 포함하지 않은 친환경적인 광원이면서, 또한 초박형 플렉시블한 가능성을 함께 가지고 있는 차세대 면발광 광원으로 기대되고 있다. 최근에는 복수의 기업과 연구기관으로부터 백색 발광 OLED의 광원·조명으로서 실용화를 염두에 둔 보고와 OLED 조명의 시작품의 전시 등이 많이 열리고 있다.

최근의 OLED 재료 및 소자의 진화는 현저하게 되어 일부 특성에 관하여서는 기존의 광원과 견줄만한 정도로까지 달성되고 있다. 효율의 관점에서는 50lm/W를 초과하는 레벨에까지 달성한 고효율 백색 OLED 소자가 여러 가지로 보고가 되고 있어 OLED의 고효율화의 가능성은 이미 실험적으로도 증명되고 있다고 말할 수 있을 것이다[3]-[10]. 또한 수명의 관점에서는 휘도 5000cd/m<sup>2</sup>에서 추정수명이 3만 시간 이상의 고휘도·장수명 백색 발광 소자의 보고도 되고 있어서[11], OLED의 최대 염려였던 수명 문제도 착실하게 해결되고 있다. 이상과 같이 OLED의 효율, 수명은 각각의 단독 특성으로 보는 한, 현행의 조명광원인 형광등(전력효율 약100lm/W, 반감수명이 1만 시간 이상, 휘도 수천~1만cd/m<sup>2</sup>)의 특성에 근접해 있다고 말할 수 있다.

그러나 지금부터 OLED를 조명광원으로서 실용화를 하기 위해서는 효율, 수명을 보다 높은 레벨로 양립할 뿐만 아니라 조명광원으로서의 특성, 예를 들면 대상물을 밝게 비추는 것(대광속화), 대상물의 색조를 정확하게 재현하는 것(고연색성화), 등을 확보해 나가는 것이 필요할 것이다. 예를 들면 가정용 형광등 조명에는 6,000lm정도의 광속을 방사하는 것이 사용되고 있지만 동등량의 광속을 OLED에서 얻기 위해서는 휘도 5,000cd/m<sup>2</sup>·(60×60)cm 등의 고휘도뿐만 아니라 대면적 발광이 가능한 것이 요구되고 있다. 또, 고연색성의 백색광원을 얻기 위해서는 청·

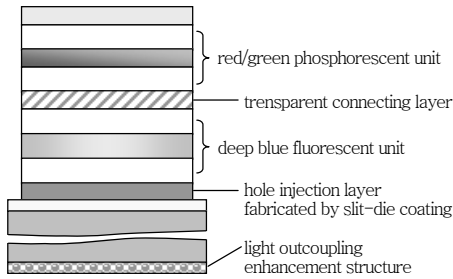
황색 등의 보색에 의한 백색구성이 아닌 RGB 3파장의 발광을 내는 소자구조 등을 사용할 필요가 있다. 따라서 고휘도·장수명화 기술, 고연색성화 기술, 대면적 소자의 균일 발광화 기술 및 제조 기술 등, 실용화에 맞는 기술개발에의 주력이 지금까지 이상으로 중요하게 될 것으로 생각이 된다.

더욱이 광추출 효율의 개선도 효율향상에 크게 기여하는 기술 중에 하나다. 50lm/W를 넘어서는 고효율이 얻어진 백색 소자 대부분은 광추출 구조가 기여한 것이다. 광추출 효율향상을 위해서는 기판 mode의 광추출을 하여 외부방사 mode의 증가, 소자 내 도파 mode의 억제·추출 등, 각종 검토가 이루어지고 있다[12]. 구체적으로는 기판 표면의 피라미드 어레이 형성과 광학 필름을 붙이는 것으로 추출 효율을 1.6~1.7배 정도 높은 사례 등이 기판 mode의 광추출 예로서 알려져 있다[13],[14]. 또 소자 내 도파 mode를 고려하여 기판과 전극 간의 저굴절율층과 산란구조를 설정하는 것에 의하여 1.4~1.6배 정도의 광추출 효율향상을 실현한 보고도 있다[9],[15]. 그러나 현재로서는 어떠한 방법으로도 광이용 효율은 40% 정도로 머물러 있기 때문에 금후에 이에 대한 검토를 통하여 보다 높은 광추출 효율향상을 기대하고 있다.

### III. 고연색성 백색 OLED 패널

#### 1. 소자구조

조명용 백색 OLED는 높은 휘도가 요구되므로 기존의 디스플레이에 비하여 더 높은 소자 안정성이 요구된다. 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 소자구조로 적층형(multi-unit) OLED가 논의되고 있다. 이는 기존의 소자구조에 비교하여 적층의 수에 비례하여 높



(그림 3) 2층 형태의 Multi-Unit 구조 백색 OLED 소자 모식도

은 휘도를 낼 수 있기 때문이다. 그러나, 적층하기 위한 연결층의 소재, 색안정성을 확보할 수 있는 소자구조, 유기소재의 원가 비중 상승, 증착 장비 투자 부담 등의 숙제도 있다.

또한, 적층형 OLED 소자구조는 고휘도와 장수명을 동시에 실현할 수 있는 것이 가능한 소자구조로 잘 알려져 있고, 특히 조명 응용에 적당한 것이다. 그러나 복수의 박막을 적층하는 구조이기 때문에 광학적인 간섭효과에 의한 광의 방사각도에 의한 색조의 변화가 관측될 때가 있다. Panasonic사는 고품질의 고CRI 백색 발광소자를 얻기 위해서, 여러 특성의 재현성을 고려하여 청색 형광발광 unit과 적/녹색 인광 발광 unit을 적층으로 하는 2층 구조의 multi-unit 구조를 채용하고 있다[16].

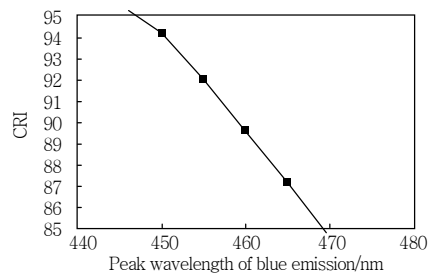
(그림 3)에서는 Panasonic사에서 개발한 2층 형태의 multi-unit 구조 백색 OLED 소자의 모식도를 보여주고 있으며, <표 1>에서는 얻어진 소자의 특성을 나타내고 있다[17].

고연색성을 실현하기 위해서는 피크 파장이 460nm 이하의 굉장히 깊은 청색발광을 나타내는 형광재료를 개발하여 청색발광 unit에 이용하여야 한다(그림 4) 참조).

녹색과 적색의 혼색층에는 고효율의 인광 발광재료를 사용하였다. 인광발광 dopant의 특성을 충분히 이끌어내기 위해서는 에너지를 고효율로 발광 dopant

(표 1) 2층 형태의 Multi-Unit 구조 백색 OLED 소자의 특성

평균연색평가수(CRI)	95
색온도	4,590K
CIE 색좌표(x,y)	(0.36, 0.36)
발광효율	37lm/W(@1000cd/m <sup>2</sup> )
	47lm/W(@100cd/m <sup>2</sup> )
휘도반감 수명 (@1000cd/cm <sup>2</sup> )	40,000h (추정수명)



(그림 4) 청색발광 스펙트럼 피크 파장과 연색성의 관계

에 집약하는 특성과 높은 전하 수송성(ETL, HIL)을 가진 수송재료와 host 재료가 필요하다. 이것으로 고효율·저구동 전압을 실현하였다. 두 개의 unit을 결합하기 위해서 중간층에는 hole과 전자가 각각 수송층에 주입될 수 있는 특성을 가진 재료를 선택하였다. 또, ITO 상에 최초로 형성하는 hole 주입층(HIL)에는 도포형 hole 주입재료를 선택하여 고효율 저전압 구동을 실현할 뿐만 아니라 ITO 전극의 표면에 결함 등도 억제할 수 있게 된다.

제작한 소자는 색온도가 4,590K, CRI가 95인데, 발광색의 위치가 정확하게 흑체 복사선 위에 놓여있다. 전력효율은 37lm/W로 휘도 1,000cd/m<sup>2</sup>에서의 추정 반감수명은 약 40,000시간으로 추정되었다 [18]. 이와 같이 굉장히 균형 잡힌 특성을 얻은 소자는 지금까지 보고된 것 중에서도 가장 우수한 특성을 가지고 있다고 생각이 된다.

## 2. 백색 OLED의 개발 사례

최근에 OLED 조명 연구를 활발하게 하고 있는 회

사들은 미국의 GE를 비롯하여, 일본의 Panasonic, NEC Lighting, Rohm, Konica Minolta, Lumiotech 등이 중심이 되고 있고, 유럽은 OSRAM, Philips, Novaled, Siemens 등이 중심이 되고 있다. 또한 한국은 SMD, LG화학, 주성엔지니어링, 네오뷰코오롱, 필룩스 등이 주도를 하고 있고, 재료와 소자 연구 등은 연구소와 학계를 중심으로 진행되고 있다.

2010년 4월에 독일 프랑크푸르트에서 개최된 “Lighting and Building 2010”에 Panasonic사가 개발한  $8 \times 8 \text{cm}^2$  크기의 백색 OLED 패널을 보여주었다. 전체 두께를 2mm 이하로 한 발광체로부터 고품질의 백색발광이 얻어지고 있는 것을 볼 수 있다. 이 패널의 연색성은 90이고, 색온도는 약 5,000K이다. 동사는 2011년 4월에 PIOL사라는 조명전문회사를 설립을 하고 (그림 5)에 보여주는 것 같이 패널과 조명모듈을 시판하게 되었다. 휘도가  $3,000 \text{cd/m}^2$ , 효율이  $30 \text{lm/W}$ , 수명이 10,000시간(광속유지율 70%)의 특징을 가지고 있다.

또한 지난 3월에 동경에서 열린 “Lighting Fair 2011”에서 NEC Lighting사는 발광효율이  $60 \text{lm/W}$ 의 세계 최고 레벨의 OLED를 발표하였다. (그림 6)에 보여주는 바와 같이 크기는  $100 \times 96 \text{mm}^2$ 이고 두께가 2mm이며, 발광색은 주황의 전구색이다.

독일의 Novaled AG사는 드레스덴 공대와 협력하여  $1,000 \text{cd/m}^2$  휘도에서  $90 \text{lm/W}$ 의 효율을 달성하였다. 또한 3D 광추출 시스템을 이용 시에는  $124 \text{lm/W}$ 에 달하는 전력효율을 달성하는 백색 OLED 기술을



(그림 5) PIOL사가 시판하는 OLED 패널



(그림 6) Lighting Fair 2011에서 NEC Lighting사의 OLED 패널



(그림 7) Salone Internazionale del Mobile에서 발표된 Novaled사의 패널

개발하였다. (그림 7)은 2010년 4월에 이탈리아 밀라노에서 열린 “Salone Internazionale del Mobile”에서 발표된 독자의 도핑 기술에 의하여 PIN 발광층을 개발하여 높은 전자이동도와 전극재료의 제약이 작은 것을 특징으로 하는 백색 OLED 패널이다.

또한 OSRAM도 발광효율이  $87 \text{lm/W}$ 이고, 휘도가  $1,000 \text{cd/m}^2$ , 색온도가 4,000K인 제품을 개발하고 있다.

Lumiotech사는 (그림 8)에 보여주는 VANITY(탁상용)와 HANGER 제품을 이탈리아 밀라노에서 열린 “Salone Internazionale del Mobile”에서 발표한 바가 있으며, 동 제품들을 2011년 9월 1일부터 주문 판매하고 있다.  $145 \times 145 \text{mm}^2$  크기에 2.3mm 두께 패널에, 그 특성은 휘도  $2,700 \text{cd/m}^2$ , 색온도 4,900K이고, 정격전력은 9.5W이다[19].





(그림 8) Lumiotec사가 생산 발매하는 VANITY(탁상용)와 HANGER 제품



(그림 9) ETRI와 필룩스, SMD가 공동으로 제작한 패널 KBS에서 소개

ETRI는 OLED 조명디자인 공모전을 통해 다양한 아이디어의 디자인을 공모하여 조명 패널을 국내 업체와 공동으로 제작하여 IMD 국제정보디스플레이 전시회에 전시하여 호평을 받고 있다. (그림 9)는 2010년 공모전에서 대상을 받은 작품을 필룩스, SMD와 공동으로 제작하여 전시한 패널이다. 2011년도 공모전을 개최하여 10월에 KINTEX에서 전시회를 가졌다[20].

#### IV. 향후 과제 및 개발 전망

상용화를 목전에 둔 백색 OLED 조명 기술은 몇 가지 핵심적으로 풀어야 할 과제들이 있다. 우선 획기적인 효율향상을 얻기 위해서는 고효율 광추출 기술 개발이 필수적이다. 또한 형광등 수준의 수명을 얻기 위해서 장수명화 기술도 주요한 과제 중에 하나다. 또한 시장에서 손쉽게 활용되기 위해서는 가격 경쟁력

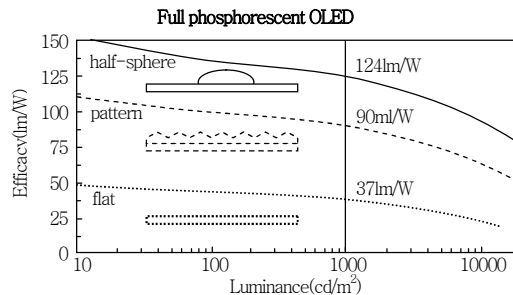
이 주요한 factor 중에 하나다. 그래서 절약 자원형 OLED 제조 기술도 당면한 과제 중에 하나이다.

#### 1. 고효율 광추출 기술

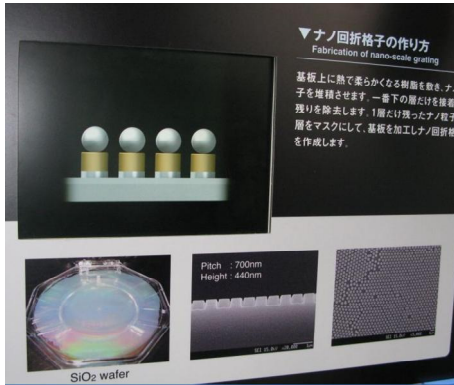
고효율 광추출 기술은 매우 중요한 기술 중에 하나다. 현재 발생된 빛을 25% 정도 밖에 외부로 추출할 수 없어서 약 75%의 빛은 내부 혹은 층간에서 소실되고 있으므로 이에 대한 효율을 향상시키게 되면 획기적으로 효율향상을 기할 수 있을 것이다. 효율향상을 위한 광추출 기술은 다양하게 제안되고 있고, 또한 큰 효과를 얻는 기술도 등장하고 있다. 광추출 기술에는 크게 나누어 보면 광산란·광굴절 효과를 이용하는 기술이 있고, 회절과 간섭효과를 이용한 기술이 있고, 또한 photonics 효과를 이용한 기술이 있다고 할 수 있다.

광산란·광굴절 효과를 이용하는 기술에는 광산란방식, 마이크로 렌즈방식과 고굴절을 또는 저굴절을 방식이 있다. (그림 10)에 보는 바와 같이 Novald사는 표면 패턴에 의하여 90lm/W의 효율을 얻었고, 3D의 렌즈를 형성하는 것으로 124lm/W의 효율을 얻고 있다[21],[22].

회절과 간섭효과를 이용한 기술은 회절격자 방식과 마이크로 캐비티 방식이 있다. Toshiba사는 회절격자를 ‘자기조직화 나노 가공’이라는 기술을 이용하여 2배의 효율을 달성하였다. 플라스틱 상에 직경이



(그림 10) Novald사의 광산란 및 렌즈방식법



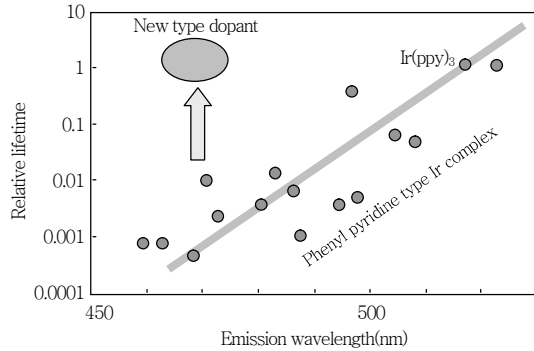
(그림 11) Toshiba사의 나노 회절격자법

수백 nm되는 SiO<sub>2</sub> 미립자를 분산액으로 녹여서 석출시키면 특별한 제어를 하지 않아도 상호작용으로 고밀도의 미립자가 형성된다. (그림 11)에 모식도와 공정으로 형성된 미립자의 단면과 표면을 보여주고 있다[23]-[24].

## 2. 소자의 장수명화 기술

OLED 소자의 장수명화 기술은 많은 연구가 없고 몇몇 연구기관이 주요 지배요인을 분석하는 수준이다. 청색발광 unit을 형성하는 전극 표면에너지 제어, 유기박막의 에너지 상태 및 전기적 특성 등 각종 특성 값을 기준으로 한 구조설계·재료선택에 의하여 청색발광 unit의 장수명화를 연구하고 있다. 도포재료와 전극 사이의 표면 상태의 상호작용, 전자주입층을 구성하는 전자수송층과 알칼리 금속과의 상호작용, 발광층의 호스트와 도펀트의 혼합상태, 성막조건과 얻어진 막질(이동도, 광학 특성), 전극과 유기막의 morphology 등이 OLED 소자의 특성에 크게 기여하면서 수명에 영향을 주는 것으로 분석하고 있다.

(그림 12)에 보여주는 것 같이 천이금속을 도펀트로 해서 청색 인광소자를 기반으로 발광수명 16,000 시간을 달성하였고, 이때 전력효율은 64ml/W를 얻었다고 보고하고 있다[25].

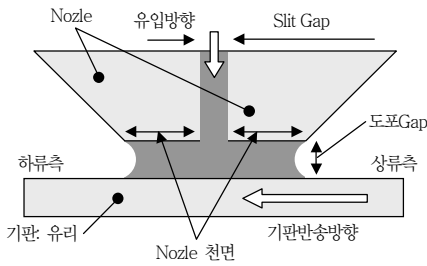


(그림 12) 소자의 파장과 수명의 상관관계

## 3. 절약 자원형 OLED 제조 기술

OLED 조명을 폭넓게 보급시키기 위해서는 전구와 형광등처럼 기존의 조명광원에 대하여도 코스트 경쟁력을 가지도록 하지 않으면 안된다. 그러기 위해서는 제조 프로세스도 극적으로 진화·개선되지 않으면 안된다. OLED 개발에 있어서는 이러한 점을 충분히 시야에 넣고 조기에 실용화될 수 있도록 절약 자원형 환경 배려형의 프로세스 개발에 맞추어 개발하고 있다. 인라인의 도포·증착 하이브리드형의 방식을 채용하여 생산성과 재료 사용률의 향상을 도모할 필요가 있다. 여기에서는 Panasonic사가 개발한 고속박막도포 프로세스 및 고속·고재료 사용 효율 증착 프로세스의 현상에 대하여 소개한다[17].

슬롯·다이 코팅(slot die coating)방식은 박막형성 프로세스로서 폭넓게 알려져 있는 방법 중에 하나이고, 디스플레이용 컬러필터와 반사방지용의 필름용의 박막 제조에 폭넓게 이용되고 있다. 이것은 슬롯·다이 코팅방식이 고속이면서 높은 재료사용 효율이 가능한 방식으로서 안정적인 도포를 할 수 있기 때문이다. 슬롯·다이 코팅 시스템의 일례를 (그림 13)에 보여주고 있다. 그러나 OLED에서 요구되고 있는 수십 nm의 막 두께를 균일하게 또한 고속으로 도포하기 위해서는 통상의 슬롯·다이 코팅방식은 곤란하다.

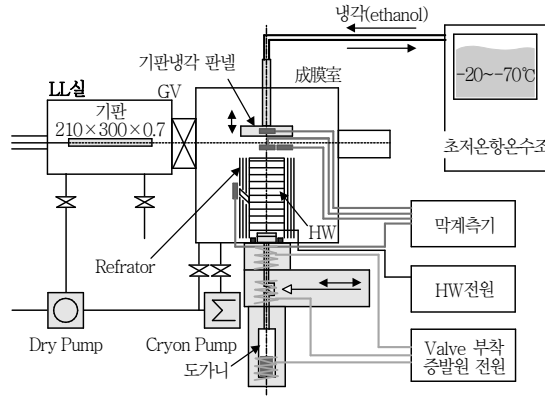


(그림 13) 슬롯·다이 코팅방식 개념도

즉, 현재의 장치 그대로는 OLED에 적용할 수 있는 도포성능을 가진 프로세스 특성을 얻는 것은 어려운 일이다. 그래서 OLED 적용 가능한 고속 막박 슬롯·다이 코팅 기술 개발이 필요하게 된다. 예를 들면 도포에 사용되는 재료의 잉크의 거동 해석을 위하여 in-situ에서 slow-motion video 관찰과 CAD를 사용한 유체 다이내믹 시뮬레이션에 의해 최적화된 장치개발에 의해서 A4 사이즈의 유리기판(210×300mm)에 도포용 홀 수송재료를 200mm/s의 도포 스피드로 도포·건조시켜서 막 두께가 30nm±3%의 정도에서 형성이 실현되는 기술이 필요하다[26].

Hot Wall 증착원으로서의 따뜻하게 한 원통형의 벽이 증착원의 도가니와 기판 사이에 위치하는 시스템이다. 도가니에서 증기로 된 유기재료는 데워진 원통형 벽면에서 탄성 충돌하여, 흡착된 것이 다시 증착되는 등의 형태가 반복되게 일어나면서 기판에 도달하게 된다. 이처럼 자율적으로 증착 재료가 방향성을 가지게 되어 재료의 사용효율이 약 70%에 달하고 증착 rate도 2nm/s로 비교적 빠른 결과가 이미 얻어지고 있다. 그럼에도 불구하고 high speed의 증착 rate와 보다 높은 재료사용 효율, 또한 장시간 연속 증착에서의 안정성 등이 요구되게 되었다. 그래서 (그림 14)에 보여주는 것처럼 개량된 Hot Wall System 개발도 필요하다.

Hot Wall 형상설계를 행하기 위해서는 분자 dynamic simulation을 활용하여 증기화된 유기분자의



(그림 14) 개량된 Hot Wall 증착 장치의 모식도

공중분포를 일정하게 하기 위한 형상을 구할 필요가 있다. 유기재료에서는 A4 사이즈 기판 일면에 대하여 8nm/s라는 종래의 증착 기술과 비교하여 10배의 고속의 증착 속도에서도 ±3%라는 막 두께 정도(精度)를 얻을 수가 있는 기술이 필요하다.

## V. 결론

차세대 조명을 대표하는 OLED에 있어서 개략적인 설명을 하였다. 조명용 LED에서는 상품화가 이미 진전되어 있고, 또한 높은 발광 효율의 소자개발이 진전되어 왔지만 OLED에 대하여도 기반기술 개발로부터 실용화 개발이 진행되고 있어서, 높은 연색 지수를 가지고, 고효율에서 장수명의 백색 OLED가 실현되고 있다.

OLED 조명의 조기 상용화를 위해서는 광원의 효율, 수명, 대면적화, 가격 특성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히, 일반조명(general lighting)으로 사용되기 위해서는 3,000K 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 개발



과 더불어 광추출 기술 개발이 중요하다.

OLED에 대하여서는 금후에 효율이 비약적으로 향상될 것으로 기대되어, 앞으로 3년 혹은 5년 이내에 LED와 OLED는 어깨를 나란히 되는 수준에까지 될 것으로 생각된다. 제조 기술도 발전되고 있어서 OLED의 시장투입은 가까울 것으로 생각된다.

LED와 OLED는 기본적으로는 점광원과 면광원이라는 점에서 구분이 가능하게 되고, 또한 양쪽의 소자를 조합한 것에 의하여 더욱 고품질의 조명이 실현될 것으로 생각이 되어 에너지 절약과 쾌적한 환경을 양립한 차세대 조명 공간이 실현되는 날도 머지않을 것이라고 기대된다[27].

향후 OLED 기술은 기술개발 수준에 따라 다양한 응용과 상품이 선보일 것으로 기대된다(그림 15) 참조.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OLED Name Value</li> <li>• 박형 면광원</li> <li>• 조광용이</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장수명</li> <li>• 대면적</li> <li>• 투명, 조색</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고효율 &amp; 고휘도 &amp; 장수명</li> <li>• Flexible</li> <li>• Low Cost</li> </ul>				
상품 이미지										

<자료>: NEDO 보고서.

(그림 15) OLED 소자의 상품 Roadmap

● 용어해설 ●

OLED(Organic Light Emitting Diode): 유기물질에 전류를 흘려주면 전기에너지가 빛 에너지로 전환되는 현상을 이용한 발광다이오드를 의미하며, 유기EL, 혹은 유기발광다이오드라고도 함.

약어 정리

CAD	Computer Aided Design
CCFL	Cold Cathode Fluorescent Lamp
CRI	Color Rendering Index
ETL	Electron-Transport Layer
HIL	Hole-Injection Layer

LED	Light Emitting Diode
OLED	Organic Light Emitting Diode

참고 문헌

- [1] J. Kido et al., "White Light-emitting Organic Electroluminescent Devices Using the Poly(N-vinylcarbazole) Emitter Layer Doped with Three Fluorescent Dyes," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 64, no. 7, Feb. 14th, 1994, pp. 815-817.
- [2] B.W.D' Andrade et al., "Realizing White Phosphorescent 100 lm/W OLED Efficacy," *SPIE Opt. Photon.*, vol. 7051-23, 2008.
- [3] B.W.D' Andrade et al., "Extremely Long Lived White Phosphorescent Organic Light Emitting Device with Minimum Organic Materials," *SID Digest*, 2008, pp. 940-942.
- [4] J. Kido, "High-Efficiency White OLEDs Using Wide-Energy Gap Charge Transport Materials and Phosphorescent Emitters," *MRS Spring Meeting*, L3.4, 2006.
- [5] N. Ide, T. Komoda, and J. Kido, "Organic Light-emitting Diode (OLED) and its Application to Lighting Devices," *Proc. SPIE 6333*, 63330M, 2006.
- [6] J. Kido et al., "Fabrication of Long-Life Organic Light-Emitting Devices with Graded Composition Using an In-Line Evaporation Method," *MRS Spring Meeting*, O10.8, 2007.
- [7] T. Nakayama et al., "Development of Phosphorescent White OLED with Extremely High Power Efficiency and Long Lifetime," *SID Symp. Digest*, vol. 38, no. 1, 2007, pp. 1018-1021.
- [8] B.W.D' Andrade et al., "Efficient White Phosphorescent Organic Light-Emitting Devices," *SID Digest*, 2007, pp. 1026-1029.
- [9] B.W.D' Andrade, et al., "102lm/W White Phosphorescent OLED," *Proc. IDW*, 2008, pp.143.
- [10] N. Ide et al., "High-performance OLEDs and Their Application to Lighting," *Proc. SPIE Opt. Photon.*, vol. 7051-19, 2008.
- [11] T. Koda, "OLED Handbook," RealRize 이공 센터, 光取り出し, 2004, pp. 203-227.
- [12] S. Tanaka, Y. Kawakami and Y. Naito, "Impro-

- vement of the External Extraction Efficiency of OLED by Using a Pyramid Array,” *SPIE 49th annual meeting*, vol. 5519-33, 2004, pp. 184-193.
- [13] T. Koda, “有機EL素子の性能評価に於ける留意点,” *OLED研究会(高分子學會)*, 6-1, pp. 14, 2006.
- [14] T. Tsutsui, et al., “Doubling Coupling-Out Efficiency in Organic Light-Emitting Devices Using a Thin Silica Aerogel Layer,” *Adv. Mater.*, vol. 13, no. 15, 2001, pp. 1149.
- [15] H. Bechtel, W. Busselt, and J. Optis, “Subwavelength Particle Layers for Improved Light Outcoupling of OLEDs,” *SPIE 49th annual meeting*, vol. 5519-34, 2004, pp. 194-205.
- [16] T. Komoda et al., “High-Quality White OLEDs and Resource Saving Fabrication Processes for Lighting Application,” *SID Digest*, 2010, pp. 993-996.
- [17] “有機発光機構を用いた高効率照明技術の開発プロジェクト,” *独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部 報告書*, 2010.
- [18] T. Komoda, “次世代照明技術としての有機EL技術の現状,” *應用物理學會誌*, 제80권 제4호, 2011, pp. 300-303.
- [19] 世界最高レベル(\*) の発光効率を実現 60lm/W の照明用有機ELパネルを開発. <http://www.nelt.co.jp/information/press/2011-03-07.html>
- [20] ETRI, OLED 조명디자인 공모전. <http://www.oleddesign.com/>
- [21] EETimes Japan, 次世代照明が第2の普及期へ、LED蛍光 と有機EL照明が主役に. <http://eetimes.jp/ee/articles/1102/11/news011.html>
- [22] IAPP Dresden announced new efficiency record in OLED lighting. <http://www.oled-display.net/iapp-dresden-announced-new-efficiency-record-in-oled-lighting/>
- [23] T. Nakanishi, “微細回折構造によるOLEDの高輝度化技術,” *Toshiba Review*, vol. 63, no. 8, 2008, p. 71.
- [24] 有機ELの光取り出し効率を約1.6倍にする技術を開発. <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20090218/165952/>
- [25] Hideo Taka and H. Kita, “Development of OLED Materials Utilizing Phosphorescent Emission,” *Konica Minolta Technology Report*, vol. 8, 2011, pp. 147-150.
- [26] T. Kawaguchi, Y. Ikagawa and M. Yamamoto, “Visualization Technique and Evaluation of Meniscus Shape in Slit Coat Methode for Uniform Coating of Nano-meter Film under Atmospheric Environment,” *Proc. IDW*, 2009, pp. 1037-1040.
- [27] 추혜용, 이정익, 유병곤 “OLED 조명 기술 동향,” *전자통신동향분석*, 제24권 제6호, 2009, p. 22.