

# 유/무기 복합 박막을 이용한 유기발광 소자의 보호층에 관한 연구

배성진<sup>1,2</sup>, 이주원<sup>2</sup>, 이영훈<sup>2</sup>, 강남수<sup>2</sup>, 김동영<sup>2</sup>, 황성우<sup>3</sup>, 김재경<sup>2</sup>, 주병권<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 디스플레이 및 나노시스템연구소, <sup>2</sup>한국과학기술연구원 광전자재료연구센터,

<sup>3</sup>고려대학교 나노전자연구소

## Study on the Hybrid Passivation layer of OLEDs using the Organic/Inorganic Thin Film

Sung Jin Bae<sup>1,2</sup>, Joo Won Lee<sup>2</sup>, Young Hoon Lee<sup>2</sup>, Nam Soo Kang<sup>2</sup>, Dong Young Kim<sup>2</sup>, Sung Woo Hwang<sup>3</sup>,

Jai Kyung Kim<sup>2</sup>, Byeong Kwon Ju<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Display and Nanosystem Laboratory, Korea University, <sup>2</sup>Opto Electronic Materials Research Center, KIST,

<sup>3</sup>Nano Electronic Laboratory, Korea University.

**Abstract :** The hybrid thin-film (HTF) passivation layer composed of the Ultra Violet (UV) curable acrylate layer and MS-31 (MgO:SiO<sub>2</sub>=3:1wt%) layer was adopted in organic light emitting device (OLED) to protect organic light emitting materials from penetrations of oxygen and water vapors. The results showed that the HTF layer possessed a very low WVTR value of lower than 0.007gm/m<sup>2</sup>day at 37.8°C and 100% RH. This value was within the limited range of the sensitivity of WVTR measurements. And the lifetime of the HTF passivated device became almost three times longer than that of the bare device. The HTF on the OLED was found to be very effective in protect what from the penetrations of oxygen and moisture.

**Key Words :** Barrier property, Permeation, Passivation layer, WVTR, OLED

## 1. 서 론

차세대 디스플레이 시스템으로 각광 받고 있는 OLED 는 그 특성상 온도와 습도에 매우 취약한 특성을 보이고 있다 [1]. OLED 소재들을 보호하기 위하여 디스플레이 제조업체들은 현재 유리를 디스플레이 기판으로 사용하며, 금속제 용기나 유리 덮개를 OLED 디스플레이의 뒷면에 접착함으로써 물과 산소에 닿지 않도록 한다. 그러나, 이는 효과적이기는 하지만 대면적 적용에는 한계가 있다. 또한, 차세대 디스플레이 시스템 응용의 하나인 플렉시블(Flexible) 디스플레이의 적용은 불가능한 방법이라고 생각된다. 따라서, 이러한 기계적 패키징을 대체할 수 있는 박막형 보호층(Thin Film Passivation layer)에 관한 연구를 지속적으로 수행 중에 있다. 이를 위해서는 수분이나 산소로부터 내부 유기 발광층을 보호할 수 있는 우수한 내수성 보호막 물질 채택이 필수적이다[2]. 더욱이, 전면 발광형(Top Emissive Type)이나 플렉시블(Flexible) 화면 형에서 우수한 투과율과 굴절율을 가지면서 동시에 상술한 특성을 지녀야만 한다 [3].

따라서, 본 연구에서는 MgO와 같은 무기물을 토대(Base)로 SiO<sub>2</sub>를 혼합(Composite)하여 증착함으로써, 단일 무기물을 사용하는 방법에 비해 산소와 수분에 대한 저항성을 대폭 향상시킬 수 있었다. 나아가 휨 강도(Bending Stress)에 따른 내구성이 뛰어나며, 동시에 보호막 특성이 우수한 고기능성 유기물 보호층을 적용하고자 한다. 그래서 이상적인 방법으로 두 물질을 동시에 활용함으로써 투과율과 투습율을 대폭 감소시킬 수 있는 실험을 수행하였다.

## 2. 실험

300nm두께의 MS-31 (MgO:SiO<sub>2</sub>=3:1wt%)과 1000nm 두께의 UV경화성 아크릴레이트 레진으로 구성되어진 복합 박막 보호층은 기판사이즈 5×5 cm<sup>2</sup>, 두께 500um의 PES기판 위에 형성되었다. 우선, 보호층 적용 이전에 초음파 세정기에서 이소프로필알콜과 메탄올을 이용하여 PES 기판을 세척하였다. 그 후 MS-31혼합 박막은 전자선 증착기를 사용하여 PES 기판 위에 증착되었다. 증착 공정 후 UV경화성 아크릴레이트 레진을 스핀코팅 방법을 이용하여 MS-31박막 위에 도포하였다. 그리고 코팅된 유기막에 미세 구멍이 발생되지 못하도록 조심스럽게 경화 공정을 수행하였다. 본 실험에서 사용되어진 경화방법은 3단 경화 방식으로 코팅된 아크릴레이트 레진은 핫플레이트를 이용하여 80도에서 3분간 경화하였으며, 다음에 UV 조사기를 사용하여 광 경화공정을 수행하였다. 그리고 마지막으로 오븐을 이용하여 120도에서 2시간동안 열경화 공정을 수행하였다. 또한, 보호층이 소자에 미치는 효과를 알아보기 위하여 그림 1에서와 같이 열충착기를 이용하여 녹색광 OLED소자를 제작하였다. 소자의 발광 면적은 10 × 10mm<sup>2</sup> 이다.

제작된 보호층의 투습율 (Water Vapor Transmittance Rate) 측정을 위하여 Mocon사의 PERMATRAN W3/31 MA장비를 사용하였으며, 전자현미경을 통하여 표면과 단면 이미지를 분석하였다. 또한, 보호층이 적용된 소자와 그렇지 않은 소자의 수명을 비교 분석 하였다. 또한, 제작된 보호층의 투과도를 알아보기 위하여 자외선-가시광 투과도 측정 장비를 이용하였다.

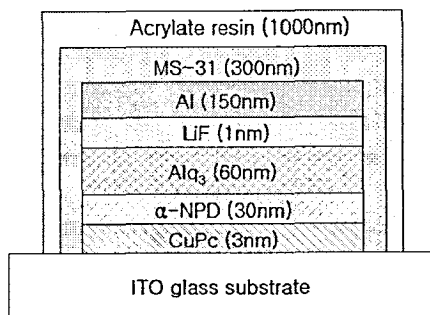


그림 1. 복합 박막 보호층이 적용된 OLED 소자 구조.

### 3. 결과 및 검토

WVTR (Water Vapor Transmittance Rate)는 박막에 수분이 얼마나 투과될 수 있는 지 알아보는 것으로 보호층의 여러 가지 구조에 따른 투습 특성을 비교하기 위해 사용되었다. 그림 2와 같이 MS-31박막의 WVTR는  $1.847 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$  을 나타내었다. 하지만 MS-31/아크릴레이트 레진의 이중 박막 보호층의 경우에는 WVTR 값이  $0.007 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$  ( $37.8^\circ\text{C}$ ,  $100\% \text{ RH}$ )이하로 급격하게 감소한 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 복합 박막 보호층의 수분투과도가 두 박막 사이의 계면상태와 박막 형성 구조의 치밀도에 의존하고 있다는 것을 보여준다.

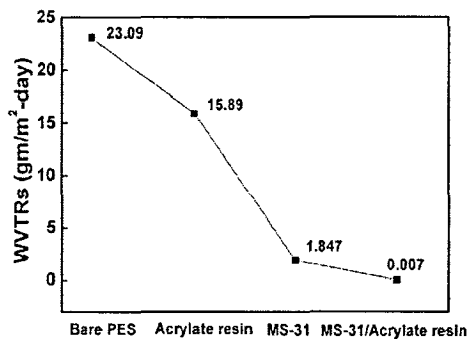


그림 2. Bare PES, 아크릴레이트 레진, MS-31 그리고 MS-31/아크릴레이트 레진 이중 박막 보호층의 WVTR.

이러한 사실은 그림 3 (a)를 통하여 MS-31 박막의 표면이 매우 치밀하게 형성되었음을 확인할 수 있다. 앞에서 언급했듯이 적용된 복합 박막의 이러한 특성들은 수분과 산소의 투과 통로를 원천적으로 차단할 수 있을 뿐 아니라 투과 통로 길이를 확장함으로써 보호막으로써의 기능을 개선할 수 있었다 [4]. 또한, 그림 3 (b)의 단면 이미지를 통하여 코팅된 유기 보호층에 어떠한 결점도 없이 제작되었음을 확인할 수 있다. 이러한 사실은 유기 박막의 보호층 특성을 향상시킬 수 있었다는 것을 말해준다.

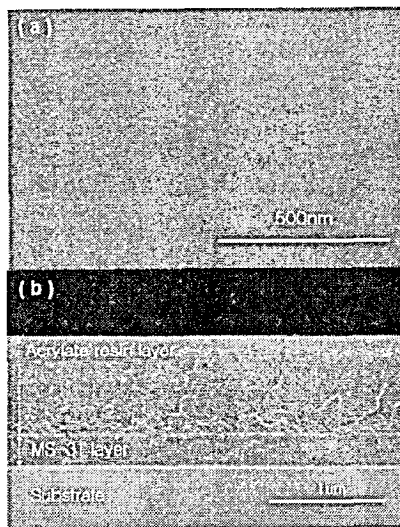


그림 3. (a) MS-31 박막 표면 (b) 복합 박막 보호층의 단면의 전자현미경 사진.

그림 4는 PES기판과 채택된 보호층의 광투과도를 보여준다. 이 그림에서처럼 MS-31/아크릴레이트 이중 박막 보호층의 경우 80%이상의 좋은 가시광 투과율을 나타낼 수 있었다. 결과적으로 일반적인 OLED 뿐만 아니라 상부 발광형 OLED 보호층으로 큰 잠재력을 가지고 있다는 것을 보여준다.

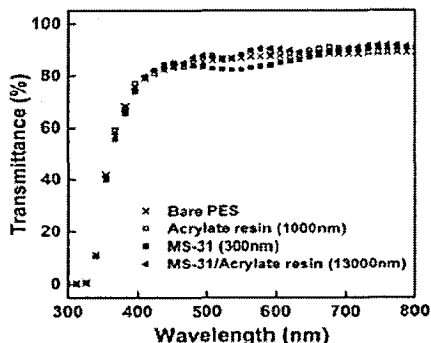


그림 4. Bare PES, 아크릴레이트 레진, MS-31 그리고 MS-31/아크릴레이트 레진 이중 박막 보호층의 가시광 투과도.

그림 5는 보호층 미적용 소자 대비 보호층이 적용된 소자의 수명을 비교한 그래프이다. 소자의 수명 측정은 공기 중에서 초기 휘도  $500 \text{ cd/m}^2$ , DC 고정 전류  $15 \text{ mA/cm}^2$ 에서 초기 휘도 대비 50%로 감소하는 시점까지 측정하였다. 보호층이 적용되지 않은 소자의 경우 반감기까지 도달하는데 79시간이 걸린 것에 비해 복합 박막 보호층이 적용된 소자의 경우는 288시간으로 약 3배 이상

증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 비록 적용된 복합 박막 보호층의 매우 얇은 두께임에도 불구하고 수분에 대한 저항성이 상당히 우수하다는 것을 증명하고 있다.

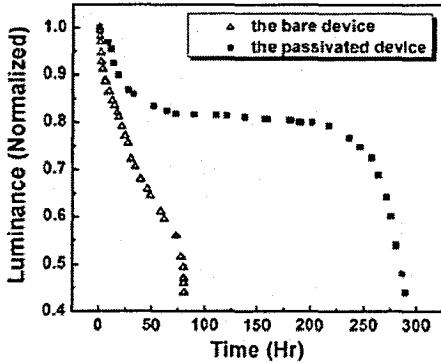


그림 5. 보호층 미적용 소자와 보호층이 적용된 OLED 소자의 수명 비교 (실온에서 전류밀도 15mA/cm<sup>2</sup>에서 수행됨).

#### 4. 결론

본 연구에서 UV 경화방법을 이용하여 개발된 복합 박막 보호층의 경우 0.007g/m<sup>2</sup>·day 이하의 매우 낮은 투습율을 나타냈다. 이 수치는 투습률 측정 장비의 측정 한계치를 넘어간 값이다. 그리고 보호층이 적용된 소자의 수명이 미적용 소자에 비해 약 3배 이상 연장됨을 확인할 수 있었다. 이 결과는 적용된 복합 박막이 1.3um이하의 매우 얇은 두께임에도 불구하고 산소와 수분에 대한 놀라운 저항 특성을 보여주고 있다. 또한, 적용된 보호층은 80%이상의 높은 가시광 투과도를 보임으로써 상부발광구조의 보호층으로도 적용 가능할 것으로 기대된다.

결론적으로 복합 박막 보호층이 적용된 소자의 연장된 수명 데이터는 OLED와 같은 진보된 평판 디스플레이의 실현을 위한 획기적인 개발임을 보여준다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부 차세대디스플레이성장동력사업단의 지원을 받아 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] P. E. Burrows, et al., Displays 22 (2001) 65
- [2] M. S. Weaver et al., Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 2929
- [3] M. Schaer, et al., Adv. Funct. Mater. 11 (2) (2001) 116
- [4] A. B. Chwang, et al., Appl. Phys. Lett. 83 (2003) 413