

플렉시블 유기 EL 소자를 위한 초박막 보호층

임재성¹, 신백균¹, 임경범², 송진호³, 김찬영⁴, 이백수⁵, 정영식⁶, 임현찬⁷
¹인하대학교, ²한국소방안전협회, ³(주)세종기술, ⁴우석대학교, ⁵특허청, ⁶인천대학교, ⁷대구공업대학

Ultra Thin Film Encapsulation for Flexible OLED

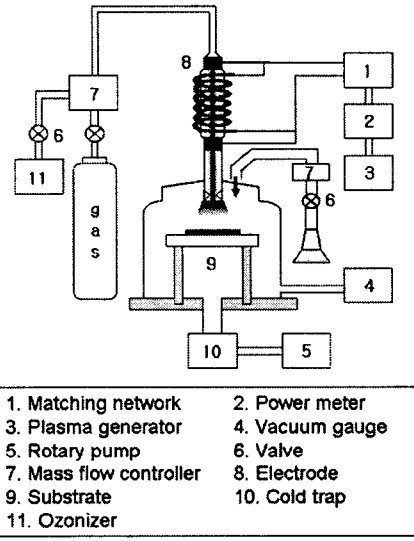
J.S. Lim¹, P.K. Shin¹, K.B. Lim², J.H. Song³, C.Y. Kim⁴, B.S. Lee⁵, Y.S. Jeung⁶, H.C. Lim⁷
¹InHa Univ., ²KOFEIC, ³Sejong Tech. Ltd., ⁴WooSuk Univ., ⁵KIPO, ⁶InCheon Univ., ⁷Taegu Tech. Coll.

Abstract - In this research, an organic thin film passivation layer was newly adopted to protect the organic layer from ambient moisture and oxygen. As the organic thin film passivation layer, poly methyl methacrylate thin films (ppMMA) were deposited using a plasma polymerization technique. In order to their passivation performance for OLEDs, water vapor transmission rate (WVTR) of the ppMMAs were analyzed and luminance-current-voltage (L-I-V)/luminance-time (L-T) characteristics of the OLEDs with and without ppMMA passivation layer were investigated. The OLEDs had a structure of ITO/TPD (HTL)/Alq3 (EML&ETL)/Al. The OLED with ppMMA passivation layer showed improved L-T performance than that of without ppMMA passivation layer.

30K-3)를 연결하였다. 진공의 검출은 진공계이지(Pirani Gauge(Model PG-1S 23593 Okano, 10~10⁻³ torr)를 사용하였다. 그리고 요구되는 진공도를 확보하기 위해서 액체질소를 사용하는 쿨드랩(Cold Trap)을 설치하였다. 가스의 유입은 방전관 내부로 캐리어 가스가 유입될 수 있도록 하고, 반응기 안으로 모노머 가스가 유입될 수 있도록 하기 위해 두 개의 가스공급원을 각각 설치하였으며, 유량조절장치(Mass Flow Controller, FC-280, Tylan)를 사용하여 아르곤 캐리어가스 유량을 조절하여 방전관으로 유입되도록 하였다. 그림 2는 제작된 OLED 소자의 구조(Passive Matrix OLED)를 보여주고 있다. OLED 소자를 제작한 후 플라즈마 중합장치로 이동하여 ppMMA를 보호막으로 하는 소자를 구현하여 측정하였다.

1. 서 론

1987년 Eastmann kodak의 Tang에 의해 유기 발광소자(OLED : organic light-emitting device)가 개발된 이래 유기 물질을 이용한 발광소자에 대한 연구가 급격히 증가하고 있다[1]. 현재에는 자체발광, 고휘도, 저소비전력, 응답속도 및 광시야각 등의 타 디스플레이 대비 많은 장점으로 몇몇 기업에서는 상용화에 있다. 그러나, OLED 소자의 수명 개선의 연구가 시급한 상황이다. 최근 이슈화 되고 있는 문제점인 소자에 수분 및 산소가 유기물에 침투되어 degradation으로 인한 dark spot 발생현상은 소자의 수명에 치명적인 영향을 미치고 있다. 이를 보호하기 위한 방법으로 금속 및 유리를 이용한 밀봉(encapsulation)을 적용하고 있으나, 차세대 디스플레이 OLED의 장점인 투명하고 플렉시블한 디스플레이를 구현하기 힘들다는 것을 쉽게 예측할 수 있다. 또한 비용, top emission 구현 및 제작공정의 복잡성 문제점도 가지고 있다. 최근에는 무기 박막을 보호층으로 적용하려고 기업이나 연구소에서 활발한 연구가 진행 중에 있다[2,3]. 이와 같은 문제점을 보완 및 개선하고자, OLED 소자의 encapsulation 공정에 박막을 도입하는 기술이 시급한 실정에 직면해 있다. 이에 본 연구에서는 핀홀-프리(pinhole-free) 특성과 고조밀도 특성을 고려하여 플라즈마 중합된 유기 박막(ppMMA layer)을 OLED 소자의 보호층(passivation layer)으로 도입하였고, 소자 성능에 미치는 영향을 고찰하고자 한다. 또한 유기 발광소자의 수명 개선을 위해 RF 플라즈마 중합장치를 이용하여 보호막 성막법을 제안하고, 상기 기술한 방법으로 제작한 ppMMA 박막을 소자의 degradation 개선 목적으로 보호층에 초점을 맞추어 Mocon 장비를 이용하여 투습율(WVTR:Water Vapor Transmission Rate)을 측정하고, OLED 소자에 보호막으로 사용하여 전압-전류-휘도를 측정하고, 보호층이 없는 소자와 비교 분석하였다.



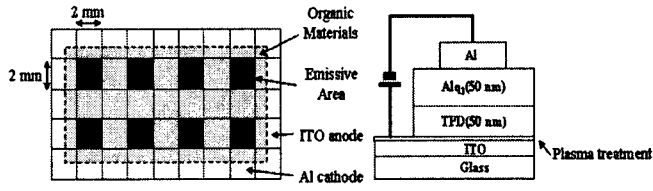
〈그림 1〉 플라즈마 중합장치의 개략도

2. 본 론

2.1 실험

2.1.1 OLED 소자의 제작과 보호막 중합 방법

12Ω/□의 면 저항을 가진 ITO(유리기판)를 2.0 mm 간격으로 습식 식각하여 패터닝 하였다. 패터닝 된 ITO 표면을 acetone, ethanol, decorex, DI water 순서로 각각 10분씩 초음파 세척하였고, 세척한 ITO 기판은 진공 챔버로 이동되었다. 정공 수송층(HTL) 물질로서 TPD를 사용하였고, 녹색 발광을 하는 발광(EML) 물질로서 Alq3를 사용하였다. 상부전극으로는 Al을 사용하여 전자(electron)들이 잘 유입되고 빛 반사의 영향을 고려해서 전기 발광 소자를 제작하였다. 정공 수송층 물질로서 잘 알려진 TPD와 전자 수송(EIL) 물질인 동시에 녹색 발광 물질인 Alq3를 사용하여 1 A/s의 증착속도로 각각 50 nm 두께로 열 증착하였고, 알루미늄은 200 nm 두께로 성막 하였다. 발광면적은 2X2 mm²의 크기로 하였다. ITO 기판의 플라즈마 표면처리와 ppMMA 보호막 제작 장비로 사용된 플라즈마 중합 장비의 전체적인 개략도를 그림 1에 나타내었다. 플라즈마를 발생시키는 전원으로는 13.56 MHz의 RF 플라즈마 발생기(RF Plasma Generator(AUTO ELEC. ST-500, 600 W))를 사용하였고, 임피던스 매칭을 위해서 매칭 박스(Matching Box(Load Coupler LC-1000))를 설치하였으며, 방전부에 공급되는 전력을 측정하기 위해서 RF 방전전력계(RF Power Meter(Collins



〈그림 2〉 OLED 소자의 구조

2.1.2 WVTR 특성 실험

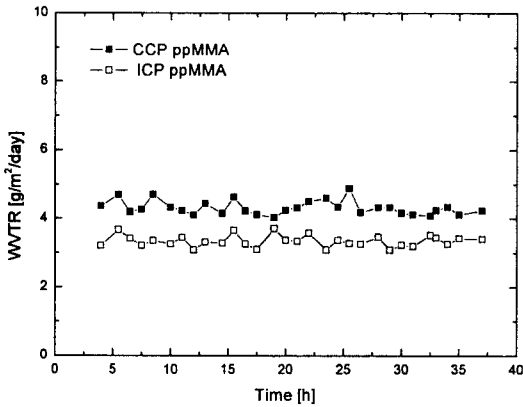
WVTR(water vapor transmission rate)은 박막의 투습율을 알아보기 위한 일반적인 실험방법으로서 본 연구에서 OLED 소자 보호막으로 사용된 ppMMA 박막의 수분 투과율 측정에 사용하였다[4]. 샘플의 크기는 50 x 50 mm² 크기를 사용하였고, 투습율 측정은 안정한 상태를 유지시킨 후 측정하였으며, 온도는 37.8 °C, 질소(N₂) 주입량은 10 sccm, 상대습도 100 %, 측정단위는 g/m²-day의 조건으로 측정 하였다. 플라즈마 중합 방법으로 성막된 박막은 다른 유기물 성막 방법과는 달리 pinhole의 발생을 최소화 시키고 가교결합 형태를 가지는 방법으로서, 저온공정으로 유기 박막의 밀도를 높이는 방법으로 OLED 소자의 보호막 제작하는데 선택하였다. 전류-전압-휘도(V-I-L) 측정 장비로 Source Measurement Unit (SMU : Keithly, Model 2400)과 휘도계(TOPCON. BM-8)를 사용하였고, 측정시스템 구성은 노트북

PC와 LabVIEW 프로그램을 이용하여 RS-232C 인터페이스를 통해 측정 장비의 제어와 전류-전압-휘도 및 측정시간을 동시에 측정할 수 있었다.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 WTR 특성

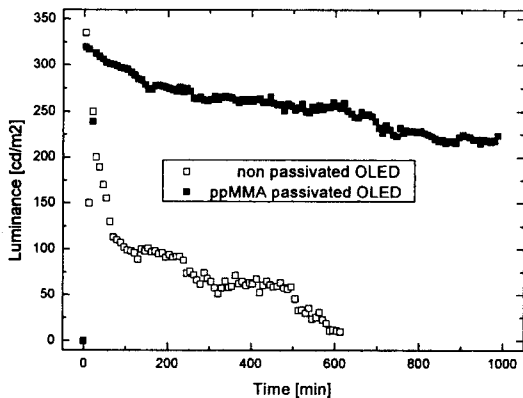
그림 3을 보면, CCP 보다 ICP 방법을 이용한 ppMMA 박막이 좋은 결과를 보여주고 있고, 투습율(WVTR)을 측정할 결과, 투습율 값이 각각 $3.4 \text{ g/m}^2\text{-day}$, $4.1 \text{ g/m}^2\text{-day}$ 로 측정되었다. 기존의 유기 박막의 투습 특성보다는 크게 개선되어 나타났지만, 무기 박막의 특성에 비해 저하된 특성을 나타냈다. 이러한 결과는 무기 박막 대비 조밀도화, 핀홀의 제거, 불순물의 혼입 및 접착력 등의 저하로 인한 유기 박막의 본질적인 특성으로 사료된다.



〈그림 3〉 ppMMA 박막에 대한 투습율

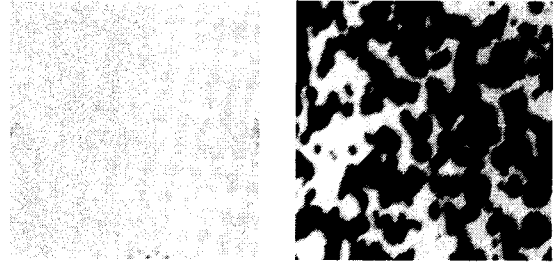
2.2.2 OLED 소자의 특성

제작된 OLED 소자와 ppMMA를 보호막으로 하는 OLED 소자의 전류-전압 및 발광 특성에 대해서 조사하였다. 그림 4에 나타난 결과와 같이 ppMMA 박막이 보호막으로서 기능을 할 수 있다는 결과가 나타난다. 플라즈마와 온도의 영향으로 OLED소자의 치명적인 손상을 예상했지만, 음극전극으로 사용된 알루미늄(Al)과 유기물들은 영향을 받지 않은 것으로 나타났고, ppMMA를 OLED 소자의 보호막으로 적용 가능성을 확인하였다. 보호막의 유무에 따른 OLED 소자의 수명 특성을 정량적으로 관찰하기 위해 두 소자에 8 V의 전압을 인가한 후 휘도-시간 특성에 대하여 측정하였다. 초기 휘도의 1/2이 되는 시간을 수명이라고 본다면 두 소자는 큰 차이를 보이고 있다.



〈그림 4〉 ppMMA 보호층 유무에 따른 휘도-시간 특성

그림 5는 OLED 소자의 초기 발광 모습과 dark spot이 발생된 발광 모습을 보여주고 있다. 여러 가지 원인이 있겠지만 가장 큰 문제점인 수분 및 산소가 제작된 OLED 소자에 발광층(emitting layer)과 전공 수송층(hole transporting layer)에 침투되어 생기는 degradation에 의한 dark spot의 발생이라고 생각된다.



〈그림 5〉 ppMMA 보호층 유무에 따른 OLED 소자의 CCD 이미지

3. 결 론

플라즈마 증합 방법을 이용하여 코팅된 유기 박막을 OLED 소자의 보호층으로 사용하였다. 투습율(WVTR) 측정 결과 타 유기 박막 보다는 상당히 우수한 특성을 나타냈지만, 무기 박막에 비하여 크게 기여하지 못하는 것으로 판단된다. 따라서, 향후 과제로는 유기 박막의 투습 특성을 향상시키기 위하여 무기 재료를 첨가하여 유기-무기 복합 박막 및 유기/무기 다층 박막을 제작하여 낮은 투습율을 얻을 수 있는 보호막의 재료개발 및 OLED 소자에 적용 가능한 공정이 필요하다고 생각된다. 본 논문의 결과를 토대로 새로운 방법의 보호층 개발을 기대한다.

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] C.W. Tang, S.A. Vanslyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett., Vol. 51, pp. 21, 1987
- [2] J.I. Lee, H.Y. Chu, "Ultra Thin Film Encapsulation of OLED on Plastic Substrate", Journal of Information Display, Vol. 5, pp. 3, 2004
- [3] 김훈, 김광호, 김재경, 이윤희, 한정인, 도이미, 주병권, "무기 박막형 보호층을 이용한 고분자 유기발광 다이오드의 특성 평가", 전자전기재료학회, Vol. 16, pp. 60, 2003
- [4] 김광호, 이주원, 김영철, 주병권, 김재경, "유기EL 보호층으로 적용하기 위한 무기 복합 박막의 투습율 특성 연구", 전자전기재료학회, Vol. 17, pp. 432, 2004