



&lt;연구논문&gt;

한국표면공학회지  
J. Kor. Inst. Surf. Eng.  
Vol. 46, No. 3, 2013.

<http://dx.doi.org/10.5695/JKISE.2013.46.3.111>

## 접착 필름과 평판 유리를 이용하여 봉지된 유기 발광 소자의 발광 특성

임수용, 양재웅, 주성후\*

대전대학교 신소재공학과

### Emission Characteristics of Encapsulated Organic Light Emitting Devices Using Attaching Film and Flat Glass

Su Yong Lim, Jae-Woong Yang, Sung-Hoo Ju\*

Department of Advanced Materials Science & Engineering, Daejin University, Pocheon 487-711, Korea

(Received May 31, 2013 ; revised June 14, 2013 ; accepted June 20, 2013)

#### Abstract

To study the encapsulation method for large-area organic light emitting devices (OLEDs), OLED of ITO / 2-TNATA / NPB / Alq<sub>3</sub>:Rubrene / Alq<sub>3</sub> / LiF / Al structure was fabricated, which on Alq<sub>3</sub>/LiF/Al as protective layer of OLED was deposited to protect the damage of OLED, and subsequently it was encapsulated using attaching film and flat glass. The current density and luminance of encapsulated OLED using attaching film and flat glass has similar characteristics compared with non-encapsulated OLED when thickness of Al as a protective layer was 1200 nm, otherwise power efficiency of encapsulated OLED was better than non-encapsulated OLED. Encapsulation process using attaching film and flat glass did not have any effects on the emission spectrum and the Commission International de L'Eclairage (CIE) coordinate. The lifetime of encapsulated OLED using attaching film and flat glass was 287 hours in 1200 nm Al thickness, which was increased according to thickness of Al protective layer, and was improved 54% compared with 186 hours in same Al thickness, lifetime of encapsulated OLED using epoxy and flat glass. As a result, it showed the improved efficiency and the long lifetime, because the encapsulation method using attaching film and flat glass could minimize the impact on OLED caused through UV hardening process in case of glass encapsulation using epoxy.

*Keywords: OLED, Encapsulation, Flat glass, Attaching, Film, Lifetime*

## 1. 서 론

최근 유기전계발광소자(Organic Light Emitting Diode : OLED)는 스마트폰 및 TV와 같은 능동형 표시소자에 활용되면서 중·소형 및 대형 디스플레이에 이르기까지 상용화가 활발히 진행되고 있다<sup>1)</sup>.

OLED는 자체 발광 소자로서 높은 발광휘도와 명암비, 빠른 응답속도 등의 장점을 가지며 LCD와 비교하여 우수한 표현 능력을 가질 수 있다. 또한 기관의 두께가 바로 OLED 소자의 두께라 말할 수 있을 정도로 공간적인 제약이 거의 없으며, 방전 공

간을 확보해야 하는 PDP보다 고해상도의 디스플레이가 가능하다<sup>2,3)</sup>.

OLED는 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 대기 중의 수분이나 산소에 노출될 경우 흑점을 유발하고, 음극전극으로 사용되는 박막에 존재하는 핀홀(pin-hole)과 같은 결함을 통해 투과되는 산소와 수분에 의해 수 시간 내에 성능이 저하된다<sup>4,6)</sup>. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 외부 환경에서부터 침투되는 산소와 수분을 차단하는 봉지 기술이 필요하다. 현재 OLED 수명 문제가 완전히 해결되었다고는 볼 수 없지만 점차 수명이 개선되고 있다. 봉지기술은 크게 금속이나 유리를 이용하여 제작하는 방법과 박막형태, 유-무기 다층 박막으로 제작

\*Corresponding author. E-mail : sunghooju@daejin.ac.kr

하는 방법으로 나눌 수 있다<sup>7-9)</sup>.

본 논문에서는 유리 기판의 처짐 및 에폭시(Epoxy) UV(Ultraviolet) 경화 시 발생하는 열팽창에 의한 OLED의 손상을 방지하기 위하여 접착 필름을 이용하여 평판 유리를 부착하는 방법으로 봉지하였다. OLED를 제작한 후 유기물인 Alq<sub>3</sub>, 무기물인 LiF와 금속인 Al을 보호막으로 형성하고, 필름을 압착하여 부착한 후 유리판을 압착, 부착하였다. 제작한 OLED 소자는 전류-전압-휘도(I-V-L) 특성과 수명특성을 측정하였다.

## 2. 실험 방법

OLED 소자를 제작하기 위하여 유리 기판에 ITO(indium tin oxide)가 증착된 기판을 사용하였다. 기판의 크기는 150 mm × 150 mm, 두께 150 nm, 면저항 10 Ω/□, 표면 평탄도 10 Å의 특성을 가진다. 기판을 세정 후 ITO 패턴 형성 및 감광제를 사용하여 절연층을 형성하였다.

기판 전처리 공정으로는 산소분위기를 만들어 UV와 플라즈마를 사용하였다. 증착 장비 내부의 진공도를  $1.0 \times 10^{-6}$  torr 이하로 유지하고, ITO 전극 위에 정공주입층으로 2-TNATA {4,4',4''-Tris(2-naphthylphenyl amino)}를, 정공수송층으로 NPB {N,N'-bis-(1-naphyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine}를, 발광층으로는 형광모체인 Alq<sub>3</sub> {Aluminum tris(8-hydroxyquinoline)}에 활성제인 Rubrene {(5,6,11,12)-Tetraphenylanthracene}을, 전자 수송층으로 Alq<sub>3</sub>를 증착하였다. 이후 LiF와 Al을 증착하여 기본 OLED 소자를 제작하였다.

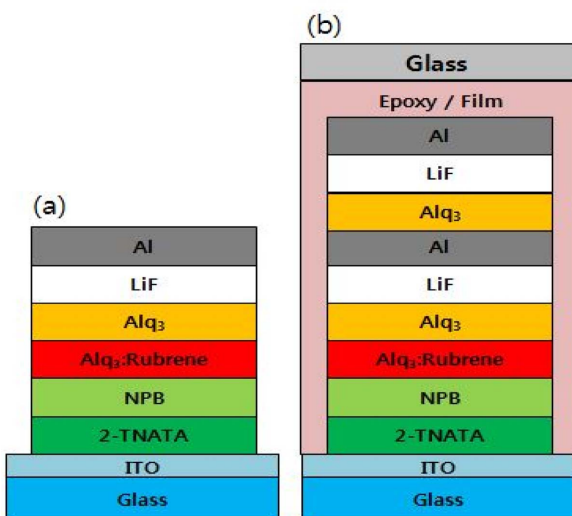


Fig. 1. Structure of (a) non-encapsulated OLED and (b) encapsulated OLED using attaching film and flat glass.

제작된 OLED 소자는 접착제로부터의 손상을 보호하기 위하여 소자 위에 유·무기 보호막인 Alq<sub>3</sub>, LiF를 각각 150 nm 두께로 증착하고 이 후 Al의 두께를 변경하여 다층 구조로 열 증착한 후 접착제로써 필름을 사용하여 110°C로 압착하여 평면 유리판을 부착하였다. 이와 같이 제작된 OLED 소자의 구조를 그림 1에 나타내었다.

제작된 OLED 소자의 휘도, 전력효율, 색좌표, 발광스펙트럼 등을 측정하기 위해 Photo Research사의 PR-650 Spectrascan I-V-L 측정기를 사용하여 전기적 특성을 측정하였다. 또한 소자의 수명은 OLED 수명 측정 시스템(JYS Co., Ltd.)을 사용하여 측정하였다. OLED 소자의 수명은 항온 항습기에서 온도 30°C와 상대습도 60%의 분위기에서 초기 휘도를 1,000 cd/m<sup>2</sup>로 설정하여 초기 휘도의 50%가 되는 시간을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2는 ITO / 2-TNATA / NPB / Alq<sub>3</sub>:Rubrene / Alq<sub>3</sub>/LiF / Al 구조로 제작된 기본 OLED 소자(OLED)와 기본 소자 위에 Alq<sub>3</sub> 유기박막 150 nm와 LiF 무기 박막 150 nm, 그 위에 Al 금속박막 150 nm를 총 2번 적층한 후 그 위에 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 소자(OLED\_B2\_F\_Glass), Al 150 nm를 총 4번 적층한 후 그 위에 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 소자(OLED\_B4\_F\_Glass), Al 150 nm를 총 6번 적층한 후 그 위에 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 소자(OLED\_B6\_F\_Glass), Al 150 nm를 총 8번 적층한 후 그 위에 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 소자(OLED\_B8\_F\_Glass)에 대한 인가전압에 따른 전류밀도와 발광휘도를 나타낸 것이다.

그림 2(a)의 인가전압에 따른 전류밀도는 인가전압이 증가함에 따라 전류밀도는 지수 함수적으로 증가하였다. 인가전압이 10 V인 경우 전류밀도는 67.25 mA/cm<sup>2</sup>(OLED)를 나타내었고 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 소자의 경우 전류밀도는 각각 28.78 mA/cm<sup>2</sup>(OLED\_B2\_F\_Glass), 49.95 mA/cm<sup>2</sup> (OLED\_B4\_F\_Glass), 58.11 mA/cm<sup>2</sup>(OLED\_B6\_F\_Glass), 70.31 mA/cm<sup>2</sup>(OLED\_B8\_F\_Glass)로 보호층인 Al을 2번 적층하여 두께 300 nm인 OLED\_B2\_F\_Glass 소자에서는 기본 OLED 소자와 비교하여 낮은 전류밀도를 나타내었으나 Al 층의 두께가 증가할수록 전류밀도도 증가하여 Al을 8번 적층하여 두께 1200 nm인 OLED\_B8\_F\_Glass 소자에서는 기본소자와 유사한 값을 나타내었다. 이러한 현상

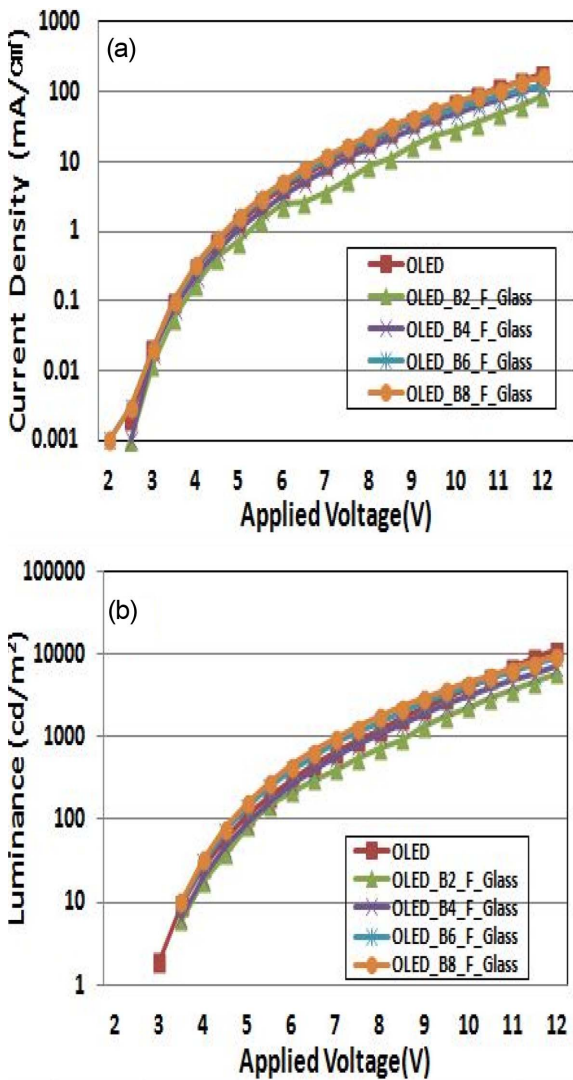


Fig. 2. Emission characteristics of OLEDs encapsulated using attaching film and flat glass. (a) current density vs. applied voltage, (b) luminance vs. applied voltage.

은 필름을 이용하여 유리판을 부착하는 과정에서 주어지는 110°C의 온도와 압력 및 접착 필름에서 방출되는 가스(gas)의 영향으로 Al 층의 두께가 900 nm까지는 소자의 손상이 나타나는 것을 확인할 수 있었고, Al의 두께가 증가함에 따라 소자의 손상이 점차 감소하여 Al 층의 두께가 1200 nm에 도달하면 OLED 소자에 영향을 주지 않아 오차범위 내의 전류밀도 값이 나타나게 되는 것으로 설명할 수 있다. 사전에 연구한 에폭시를 사용하여 유리판을 부착하는 연구 결과에서도 유사한 결과를 얻을 수 있었다<sup>8)</sup>.

그림 2(b)에는 인가전압에 따른 발광휘도를 나타낸 것으로 각 소자의 최대 발광휘도는 각각 11,000 cd/m²(OLED), 5,785 cd/m²(OLED\_B2\_F\_Glass), 7,194 cd/m² (OLED\_B4\_F\_Glass), 9,137 cd/m²(OLED\_B6\_

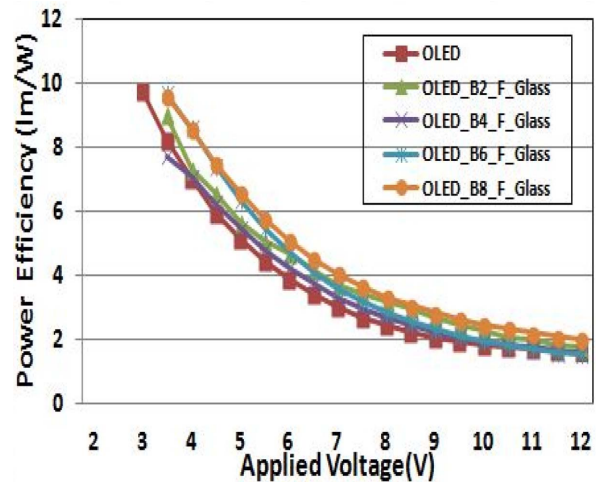


Fig. 3. Power efficiency vs. applied voltage of OLEDs encapsulated using attaching film and flat glass.

F\_Glass), 9,527 cd/m²(OLED\_B8\_F\_Glass)를 나타내었다. OLED의 발광휘도도 전류밀도와 유사한 결과로 Al 금속박막의 두께가 증가할수록 증가하여 Al 층을 8번 적층하여 1200 nm인 OLED\_B8\_F\_Glass 소자에서 기본 OLED와 유사한 발광휘도를 나타내었다. 그림 2의 결과로부터 OLED 위에 Al 보호층을 1200 nm 이상으로 형성함으로써 소자의 손상을 방지하면서 접착 필름을 사용하여 유리판을 부착할 수 있음을 알 수 있다.

그림 3은 인가전압에 따른 전력발광효율을 나타낸 것으로 발광휘도가 1,000 cd/m²일 때의 기본 OLED의 전류발광효율은 2.7 lm/W(OLED)를 나타내었고, 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 경우의 전력발광효율은 각각 2.96 lm/W (OLED\_B2\_F\_Glass), 2.68 lm/W(OLED\_B4\_F\_Glass), 3.2 lm/W (OLED\_B6\_F\_Glass), 4.05 lm/W(OLED\_B8\_F\_Glass)를 나타내었다. 전력발광효율은 필름을 이용하여 유리판을 부착하는 봉지방법의 적용에 의하여 기본 OLED와 유사하거나 금속 박막인 Al의 두께 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

그림 4(a)는 기본 OLED와 보호층으로 사용한 Al 금속 박막의 두께 변화에 따른 OLED의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 그림에서 기본 OLED의 최대 세기를 갖는 발광파장은 564 nm(OLED)를 나타내었고, Al 금속 박막의 두께를 변화시키고 유리판을 부착하여 봉지한 4가지 OLED도 모두 동일한 564 nm의 발광파장에서 최대 세기를 나타내었다. 이러한 현상은 보호층으로 사용하는 Al층의 두께가 변하여도 발광 스펙트럼에는 영향을 미치지 않는다는 것을 나타낸 결과이다.

그림 4(b)는 기본 OLED와 보호층으로 형성한 Al

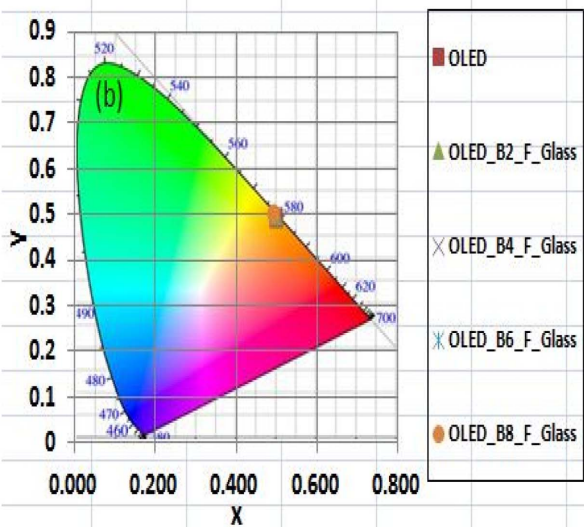
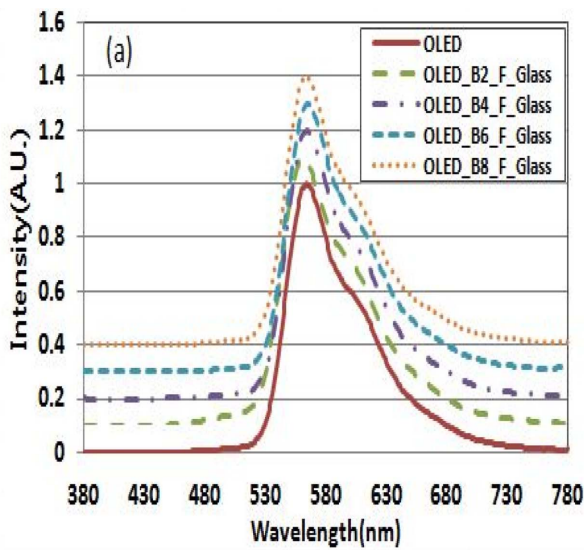


Fig. 4. Emission characteristic of OLEDs encapsulated using attaching film and flat glass. (a) emission spectra, (b) 1931 CIE coordinate.

두께를 변화시켜 봉지한 OLED의 1931 CIE 색좌표를 나타낸 것이다. 인가전압 6V에서 기본 OLED의 경우 (0.498, 0.496)를 나타내었고, 봉지한 소자의 경우 각각 OLED\_B2\_F\_Glass는 (0.498, 0.494), OLED\_B4\_F\_Glass는 (0.497, 0.496), OLED\_B6\_F\_Glass는 (0.495, 0.499), OLED\_B8\_F\_Glass는 (0.492, 0.503)의 결과를 나타내어 오차 범위 내에 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과에서 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 봉지의 유무 및 보호층으로 사용하는 Al의 두께 변화가 색 좌표 및 발광 스펙트럼에는 영향을 미치지 않았다.

그림 5는 봉지하지 않은 기본 OLED와 Al<sub>3</sub>/LiF를 150 nm, 총 300 nm 증착하고 Al 150 nm를 2, 4, 6, 8회 증착하여 각각 300 nm, 600 nm, 900 nm, 1200 nm 증착 후 접착 필름을 사용하여 유리판을

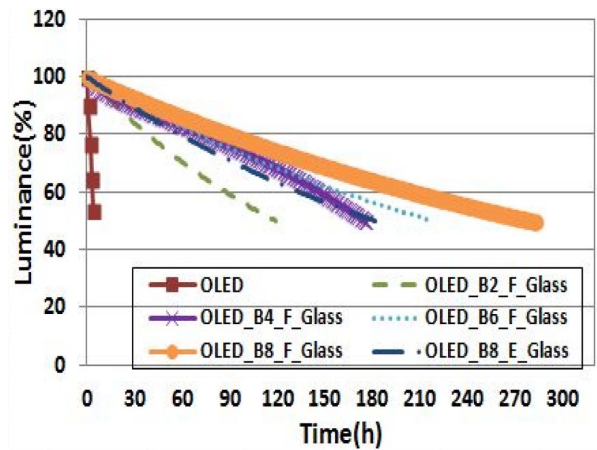


Fig. 5. Lifetime characteristics of OLEDs.

부착한 소자와 Al을 1200 nm 증착하고 기존에 연구하였던 방법<sup>8)</sup>과 동일하게 에폭시를 유리판에 인쇄하여 부착한 후 UV 경화시켜 제조한 OLED\_B8\_E\_Glass의 수명특성을 측정된 결과이다. OLED 소자의 수명은 기준 초기 휘도인 1,000 cd/m<sup>2</sup>로 설정한 후 상대습도 60%, 온도 분위기 30°C에서 일정한 전압을 인가하여 측정된 휘도가 초기 설정 휘도 값보다 50%가 되는 시간을 측정하였다. 봉지 공정을 진행하지 않은 기본 OLED의 경우 소자 수명은 4시간을 나타내었다. Al 금속 박막의 두께를 300 nm 증착하고 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 OLED\_B2\_F\_Glass 소자의 수명은 123시간, Al 금속 박막의 두께를 600 nm 증착하고 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 OLED\_B4\_F\_Glass 소자의 수명은 180시간, Al 금속 박막의 두께를 900 nm 증착하고 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 OLED\_B6\_F\_Glass 소자의 수명은 222시간, Al 금속 박막의 두께를 1200 nm 증착하고 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착한 OLED\_B8\_F\_Glass 소자의 수명은 287 시간으로 OLED 소자 위에 형성된 Al 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 소자의 수명은 점차 증가하였다. 또한 Al 금속 박막의 두께를 1200 nm 증착하고 에폭시를 이용하여 유리판을 부착한 OLED\_B8\_E\_Glass 소자의 수명은 186시간으로 Al 금속 박막을 600 nm 증착하고 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착하는 방법으로 봉지한 경우와 유사한 결과를 나타내었다. Al 금속 보호층의 두께가 증가함에 따라 OLED 소자의 수명이 증가하는 것은 Al이 외부의 영향으로부터 OLED 소자를 보호할 수 있는 능력이 향상되는 것으로 설명될 수 있으며, 또한 유리판을 부착하는 소재로 에폭시 UV 경화를 사용하는 경우보다는 접착 필름을 압착하는 방식의 경우가 접착제 내의 수분 및 가스의

영향을 감소시키기 때문에 얻을 수 있는 결과이다. 이상의 결과로부터 평판 유리를 부착하여 OLED를 봉지하기 위해서는 일정 두께 이상의 Al 보호층이 형성되어야 외부의 영향을 차단할 수 있을 뿐만 아니라 접착제로 에폭시를 사용하는 경우보다는 접착 필름을 사용하여 유리판을 접착할 경우 더욱 우수한 성능의 OLED를 제작할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

대면적에 적합한 OLED의 봉지를 위하여 ITO/2-TNATA/NPB/Alq<sub>3</sub>:Rubrene/Alq<sub>3</sub>/LiF/Al 구조의 OLED를 제작하고, 보호층으로 Alq<sub>3</sub>, LiF, Al을 증착한 후 접착 필름을 이용하여 유리판을 부착하여 봉지하였다.

인가전압에 의한 전류 밀도 특성에서 봉지 공정에 의한 OLED의 손상을 방지하기 위하여 보호층으로 사용하는 Al 금속 박막의 두께가 1200 nm 이상이 요구되었고, Al 금속 박막의 두께가 증가함에 따라 소자의 안정성이 증가하여 발광효율이 증가하는 경향을 나타낸 반면에 발광스펙트럼과 CIE 색좌표는 보호 막 두께 및 봉지공정에 의한 영향이 없음을 확인하였다.

OLED의 수명은 봉지하지 않은 기본 OLED의 경우 4시간에 불과했지만 필름을 이용하여 유리판을 부착하는 경우 급격한 수명의 증가를 보였으며, 보

호층으로 증착한 Al의 두께 증가에 따라 소자의 수명이 증가하여 소자의 안정성이 향상됨을 알 수 있었다. Al 보호 박막의 두께 1200 nm에서 유리판의 접착제로 에폭시를 사용하는 경우에 소자의 수명은 186시간을 나타낸 반면에 접착제로 필름을 사용하는 경우에는 287시간을 나타내 에폭시보다는 필름을 사용하는 경우에 54% 이상의 안정된 수명을 얻을 수 있었다.

#### References

1. G. Parthasarathy, C. Adachi, P. E. Burrows, S. R. Forrest, *Appl. Phys. Lett.*, 76 (2000) 2128.
2. J. Kido, M. Kimura, K. Nagai, *Science*, 267 (1995) 1332.
3. J.-G. Jang J. *KIEEME*, 19 (2006) 437.
4. S. H. Ju, J. *KIEEME*, 19 (2006) 758.
5. Y. Sato, S. Ichikawa, H. Kanai, *IEEE J. Selected Topics in Quantum Electron.*, 4 (1998) 40.
6. Z. D. Popovic, H. Aziz, *IEEE J. Selected Topics in Quantum Electron.*, 8 (2002) 362.
7. H. Kubota, S. Miyaguchi, S. Ishizuka, T. Wakimoto, J. Funaki, Y. Fukuda, T. Watanabe, H. Ochi, T. Sakamoto, T. Miyake, M. Tuschida, I. Ohshita, T. Tohma, *J. of Luminescence*, 87-88 (2000) 56.
8. M.-K. Park, S.-H. Ju, J. W. Yang, K.-K. Paek, J. *KIEEME*, 24 (2011) 905.
9. S. H. Ju, J. W. Yang, *J. Kor. Inst. Surf. Eng.*, 45 (2012) 20.