

경사증착법을 이용한 PM-OLED용 무기박막형 보호층 연구

Study on the MgO Passivated PM-OLED using the Tilt & Rotate Technique

김광호*, 김 훈*, 김재경*, 도이미***, 한정인**, 주병권*

(Kwang-Ho Kim*, Hoon Kim*, Jae-Kyung Kim*, Lee-Mi Do***, Jeong-In Han**, and Byeong-Kwon Ju*)

Abstract

In this study, the MgO thin-film passivation layer was adopted to protect passive matrix organic light emitting diode(PMOLED) with the cathode separator from moisture and oxygen. Using the substrate rotate and tilt technique during the deposition, the organic and cathode layers were perfectly covered with MgO. And then, we analyzed the difference of the current-voltage and luminescence characteristics between passivated OLED of the MgO and non-passivated OLED. It was found that the number of dark spot generated from the degraded pixel was decreased owing to the MgO thin-film passivation layer using the tilt & rotate technique. And the half-life time passivated OLED was improved two times more. Thus, the MgO could be vacuum-deposited under the low temperature and had a merit that the organic layer was not much affected. We can consider that MgO thin film passivation method can be adopted to protect the OLED from moisture and oxygen and can offer the enhancement of lifetime.

Key Words : OLED, Passivation layer, MgO, Cathode separator, Degradation

1. 서 론

최근 수년간 유기 EL[1]을 디스플레이로서 실용화하는데 있어서 가장 큰 과제는 소자의 구동 수명 개선에 있으며 이에 대한 지속적인 연구 개발이 진행되고 있다. 현재는 소자 수명 문제가 완전히 해결되었다고는 볼 수는 없지만 점점 가능성이 보이고 있다. 실제로 수분 및 산소의 침투를 방지하기 위해서 메탈 캔을 이용한 passive matrix 방

식의 유기 EL이 상용화가 되어서 휴대폰에 적용되고 있다. 상용화된 passive matrix형 유기 EL 소자는 규칙적인 선형패턴을 가진 음극전극을 형성하였고, 유기재료의 특성상 일반적으로 wet-etching 공정이 적용되기 어려운 점을 감안하여 ITO 양극전극 위에 유기물을 적층하기에 앞서 photo-lithography를 이용한 음극분리 절연격벽을 형성하는 기술을 사용하고 있다. 유기층과 음극전극을 절연격벽의 형성 후에 연속적으로 증착하는 공정 때문에 별도의 음극 패턴을 형성 하지 않아 공정이 간편하고 비용이 적게 든다. 이런 장점으로 인하여 passive matrix를 이용한 유기 EL 소자에 많이 적용되고 있다[2]. 그러나 유기 EL 소자의 cathode는 다양한 금속 재질이므로 경우에 따라 대기중의 산소 및 수분에 의해 부식되기 쉽고, 유기층은 산소와 수분에 반응을 일으키기도 한다. 각 박막 계면 사이의 접착력이 좋지 않기 때문에 구

* : 한국과학기술연구원 마이크로 시스템 (서울시 성북구 하월곡동 39-1, Fax : 02-958-5692 Corresponding Author : ys1490@kist.re.kr)

** : 전자부품연구원

*** : 한국전자통신연구원

2002년 12월 9일 접수, 2003년 2월 21일 1차 심사완료, 2003년 4월 8일 2차 심사완료, 2003년 4월 21일 3차 심사완료, 2003년 4월 29일 최종 심사완료

동 전압 및 온도가 높을 경우 계면 전압 차이 및 서로 다른 열팽창 계수로 소자의 열화 현상이 심하게 나타나 수명이 급속하게 감소한다. 또한, 급속 캔을 이용한 현재의 방법은 공정이 복잡하고, flexible 디스플레이로의 적용을 할 수 없다는 단점을 지니고 있기 때문에 무기 재료를 이용한 보호층의 연구가 필요하다[3,4].

따라서, cathode와 유기층의 열화를 방지하고, 급속 캔을 대체할 수 있는 절연 보호 수단이 필요하다. 본 실험에서는 전기전자재료학회 논문지 제 16권 제1호에 게재되었던 “무기 박막형 보호층을 이용한 고분자 유기 발광 다이오드의 특성 평가”의 논문에서 여러 가지 무기 박막의 기본 특성을 서술한 것을 토대로 MgO를 보호층으로 사용하였다. 기판 온도가 상대적으로 낮은 전자선 증착기를 사용하여 산소와 수분으로부터 소자를 보호할 수 있는 무기 박막인 MgO를 증착하였다. passive matrix형 EL 소자는 역삼각형 모양인 절연격벽을 형성하는데 절연격벽의 안쪽을 완전히 보호할 수 있도록 기판 회전 속도와 경사각을 변화시켜 증착하였다. 이 경사증착 기술을 사용하여 보호층을 덮은 소자와 보호층을 덮지 않은 소자의 수명 특성 및 휘도를 비교·분석하였으며, 이로 인하여 경사증착 기술을 이용한 passive matrix형 EL 소자는 절연격벽의 안쪽부분을 보호할 수 있었고, 수분과 산소에 의한 dark spot의 발생이 줄어들었으며, 휘도의 반감기가 두 배 이상 향상된 것을 확인할 수 있었다[5,6].

2. 본 론

본 실험에 사용된 소자는 하부발광 방식(bottom-emission type)으로 유리기판 위에 양극전극인 ITO(120nm)를 증착하였고, 유기층과 음극전극을 형성한 후 음극전극 위에 절연격벽이 만들어진 구조이다. Passive matrix형 구조를 갖고 있는 소자는 홀주입층(HIL)과 홀전도층(HTL)을 각각 25nm, 15nm로 저분자(Alq₃) 발광층(EML)과 전자주입층(EIL)을 각각 70nm, 25nm의 두께로 그 후 음극전극인 Li-Al을 150nm의 두께로 고진공 챔버에서 연속 증착하였다. 증착시 챔버의 압력은 2×10^{-6} Torr 이었다. 위 소자는 음극전극 위의 절연격벽을 이용하여 픽셀을 구분하였으며 픽셀의 크기는 $230 \mu\text{m} \times 230 \mu\text{m}$ 이고 발광 부분의 크기는 0.7 inch 이다. 절연격벽은 negative PR을 사용하여 높이 $5.5 \mu\text{m}$ 의 크기로 제작되었다[7]. 이렇게 제작된

소자를 그림 -1에 나타내었다. 그림 1은 가로 40mm, 세로 32mm인 0.7 inch 저분자 유기 EL 소자를 나타낸 것이다.

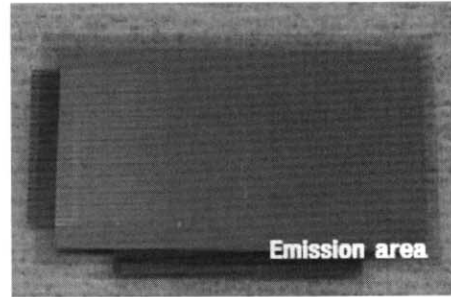


그림 1. 0.7 inch급 저분자 유기 EL 소자.
Fig. 1. The 0.7 inch small molecular OLED.

제작된 유기 EL 소자에 기판 온도가 낮은 전자선 증착기를 이용하여 무기 박막인 MgO를 증착하였다. 위 소자의 경우에는 구동을 위하여 절연격벽이 존재하며 역삼각형 모양의 단차가 형성되어 있어서 전자선 증착기를 이용하여 MgO를 증착했을 시 그 증착 면적이 실제 유기물이 존재하는 부분보다 작게 형성 될 수도 있다. 따라서, 이런 단차의 안쪽까지 MgO가 증착되도록 기판 회전 속도와 경사각을 변화시키는 방법을 사용하였다.

2.1 경사 증착 기술을 이용한 보호층 증착

전자선 증착기를 이용하여 MgO 박막을 증착하기 전 경사각의 조절이 쉽고 회전수를 증가시킬 수 있는 시편 홀더를 제작하였다. 그림-2에서 볼 수 있듯이 역삼각형 모양의 절연격벽을 나타낸 것으로 경사각이 40° 정도가 되기 때문에 기판의 경사각을 약 35° 가 되도록 기울였으며 기판의 회전 속도를 분당 17회 이상으로 하였다. MgO 박막을 800nm까지 증착하기 위하여 0.1nm/s의 증착률로 증착하였고, 증착시 챔버의 압력은 5.0×10^{-5} Torr를 유지하였다. 소자의 보호층 특성을 확인하기 위하여 SEM을 촬영하여 그 단면을 확인하였으며 그림-3에 나타내었다. 그림-3에서 볼 수 있듯이 증착 기판의 각도를 35°로 고정시키고회전수를 17회 이상 변화시킴으로써 절연격벽 안쪽까지 완전히 보호막이 형성된 것을 확인할 수 있었고, 증착 온도가 낮아 두께를 증가시킬 수 있는 MgO를 무기 박막으로 증착함으로써 유기층에 미치는 영향을 최

소화 할 수 있었다. 이와 같은 실험을 통하여 passive matrix형 EL 소자에 메탈 캔 방식을 대신 할 수 있는 무기 박막 보호층을 적용할 수 있고, 절연격벽의 안쪽까지 무기 박막이 증착되었기 때문에 수분과 산소로부터 유기층을 보호할 수 있을 것으로 예상된다.

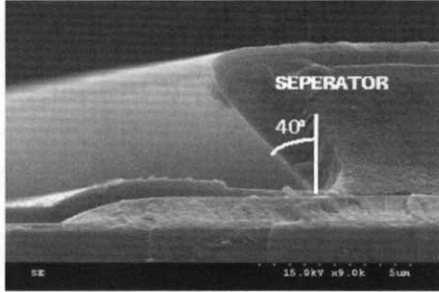


그림 2. Passive matrix형 EL 소자의 절연격벽 부분.
Fig. 2. The cathode separator of passive matrix OLEDs.

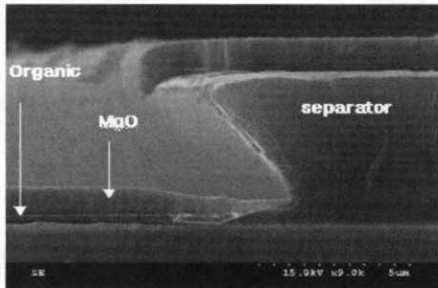


그림 3. MgO가 증착된 유기 EL 소자의 경사증착 특성.
Fig. 3. The tilt & rotate deposition property of the OLEDs to be deposited MgO.

2.2 MgO를 증착한 유기 EL 소자의 특성

위에서 서술한 경사증착 기술로 제작된 유기 EL 소자에 MgO를 보호막으로 증착한 후 전류-전압 특성 및 발광 특성을 조사하였다. Keithley 237 measure unit로 전류-전압 특성을 측정하였고, Minolta luminance meter LS-110을 사용하여 소자의 휘도를 측정하였다. 위에서 언급한 것과 같이 전자선 증착기를 이용하여 MgO를 800nm로 증착하였다. 측정 후 전기적 특성 및 발광 특성을 그림-4에 나타내었다. 그림-4에서 볼 수 있듯이 전기적

특성은 약 20시간 동안 측정하였고, 보호막의 존재 유무에 따른 특성을 보다 정확히 나타내기 위하여 수명 측정 초기의 휘도를 100 cd/m²를 유지하였고, Diode current가 절반 이하로 감소하며 휘도가 50 cd/m² 이하로 감소되는 시간까지를 나타내었다. 이를 위하여 전압을 고정시키는 방법을 사용하였다. MgO를 증착한 소자는 20시간 후 휘도가 60 cd/m² 이었고, 보호층이 없는 소자는 7 cd/m²의 수치를 나타내었다. 시간에 따른 휘도의 반감기는 MgO를 증착한 소자는 20시간, 보호층이 없는 소자는 10시간 내외로 볼 때 반감기가 2배 이상 차이가 나는 것을 알 수 있다. 시간에 따른 Diode current 곡선은 비슷한 경사를 보였지만, 20시간 후 MgO를 증착한 소자의 휘도가 8배 이상 더 밝았다. 따라서, MgO가 보호층 역할을 함으로써 수분 및 산소가 침투하면서 생기는 degradation에 의한 dark spot의 발생을 억제했기 때문으로 판단된다. 반면, 보호층이 없는 소자는 시간이 지남에 따라 빠른 dark spot의 발생으로 인한 급격한 소자 파괴 때문인 것으로 생각된다. 이러한 전류-전압 특성 및 휘도의 반감기 측정치를 통하여 비교한 결과, 유기층과 음극전극에 영향을 줄 수 있는 수분 및 산소에 대한 취약성이 상당히 개선된 것으로 생각할 수 있다. 따라서 MgO를 무기 박막 보호층으로 적용할 수 있을 것으로 생각되며, 이러한 무기 박막은 증착 조건이 유리하고 박막 자체가 유기 EL 소자에 미치는 영향이 매우 적은 특성을 보였다.

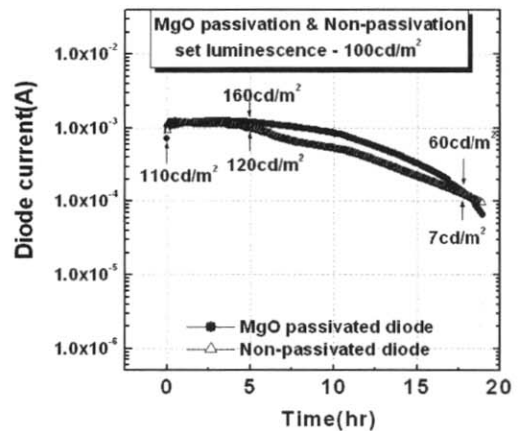


그림 4. 유기 EL 소자의 수명 및 휘도 특성.
Fig. 4. Properties of the lifetime and luminescence from the OLED.

3. 결 론

기판 온도가 낮은 전자선 증착기를 이용하여 MgO를 passive matrix형 EL 소자의 보호층으로 적용하였고, 경사 증착 기술을 이용하여 소자의 절연격벽 안쪽까지 완전히 보호할 수 있었다. MgO를 증착한 EL 소자와 증착하지 않은 EL 소자의 전류-전압 특성 및 발광 특성을 조사한 결과 MgO를 증착한 EL 소자는 수분과 산소를 차단하여 dark spot의 발생을 줄였으며, 휘도의 반감기가 두 배 이상 향상된 것을 확인할 수 있었다. 다른 무기 박막에 비해 MgO의 경우에는 소자의 표면과 접촉 특성이 우수하며, 증착 온도가 낮아 소자의 파괴 없이 쉽게 증착시킬 수 있었다. 증착 후 표면에 pinhole이나 crack과 같은 이상 현상이 발생되지 않아 보호막으로써 사용하기 위한 무기 박막으로 MgO가 우수한 특성을 보이는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 중소기업 거점 사업인 고효율 장수명 유기EL 소자 및 핵심부품 소재 기술 개발 사업과 정보통신 연구개발사업인 플라스틱 유기 반도체 EL passivation 기술 개발 사업, 과학기술부 21세기 프론티어 연구개발사업인 지능형 마이크로시스템개발사업(<http://www.microsystem.re.kr>)의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다. ; 과제 협약번호 MS-01-325-01.

참고 문헌

- [1] 허창식, 임현택, 정혜인, 조원제, "유기전기발광 소자의 구조 및 특성", 전기전자재료학회지, 12권, 6호, p. 18, 1999.
- [2] Yasunori Kijima, Nobutoshi Asai, Noriyuki Kishii, and Shin-ichiro Tamura, "RGB luminescence from passive-matrix organic LED's", IEEE, Transactions on Electron Devices, Vol. 44, No. 8, p. 1222, 1997.
- [3] Kimberly Allen, "OLED encapsulation", Information Display, No. 7, p. 26, 2002.
- [4] Yih Chang, Mao-Kuo Wei, Chih-Ming Kuo, Shwu-Ju Shieh, Jiun-Haw Lee, and Chi-Chung Chen, "Manufacturing of passive matrix OLED-organic light emitting display",

SID'01 Digest, p. 1040, 2001.

- [5] Masamichi Fujihira, Lee-Mi Do, Amane Koike, and Eun-Mi Han, "Growth of dark spot by interdiffusion across organic layers in organic electroluminescence devices", Appl. Phys. Lett., Vol. 68, No. 13, p. 1787, 1996.
- [6] 김 훈, 김광호, 김재경, 이윤희, 한정인, 도이미, 주병권, "무기 박막형 보호층을 이용한 고분자 유기발광 다이오드의 특성 평가", 전기전자재료학회논문지, 16권, 1호, p. 60, 2003.
- [7] 김태완, 이원재, 홍진웅, 오현석, 정택균, 김상걸, 정동희, 이준웅, "ITO/PEDOT:PSS/TPD/Aiq3/LiAl 구조의 유기 발광 소자에서 전도 메커니즘", 전기전자재료학회 2002 하계학술대회 논문집, Vol. 3, No. 1, p. 198, 2002.