

다양한 혼합 전극을 사용한 Organic Light Emitting Diodes(OLEDs)의 전기적 특성

이현구, 김준호, 김영관
홍익대학교

Electrical Characteristics of Organic Light Emitting Diodes (OLED) using the cathode change

Hyun-Koo Lee, Jun-Ho Kim, Young kwan Kim
Hongik Univ.

Abstract : Efficient electron injection is essential to achieve bright and efficient organic light-emitting diodes (OLEDs). In spite of high work function of Al, it is a common cathode because of its stability. In this paper, to overcome the poor electron injection in OLEDs with Al cathode, OLEDs with various composite cathodes were fabricated and investigated using a conventional OLEDs structure of indium tin oxide ITO/NPB(40 nm)/Alq₃(50 nm)/Al. composite cathodes were composed of alkaline materials such as Ca and Li, Al deposition or codeposited with Al. We showed best performance at the device with composite cathode (LiF/Al).

Key Words : OLEDs, composite cathodes, electron injection, stable cathode

1. 서 론

정보화 사회에 있어서 평판 디스플레이가 관심을 끌게 됨에 따라 유기 전기 발광 소자 (OLEDs)의 평판 디스플레이 가능성에 관심이 맞추어지고 있다 [1-2]. OLEDs의 발광은 캐리어의 주입에 의해 이루어진다. 양극에서 캐리어의 효율적인 주입은 OLEDs의 효율 향상에 중요한 역할을 한다. 정공과 전자의 이동도가 다르기 때문에 유기물 내의 다수의 캐리어는 정공이 되게 되고, 다수의 정공은 quencher로 작용하기 때문에 정공과 전자의 균형을 맞추어 주는 것이 중요하다. 이 논문에서는 전자의 주입에 주목해 보았다. 전극으로 이용하는 금속 중에서 일함수가 낮은 Li, Ca, Mg 등을 사용하는 것이 효율적이겠지만 이러한 금속들은 반응성이 높아 대기중에서 쉽게 산화되므로 안정성의 문제가 있다. 그러므로 전자 주입 장벽은 높지만 안정성이 좋은 Al 등이 음극으로 많이 쓰인다. 그러나 전자 주입이 안 좋지 않기 때문에 효율을 높이기 위하여 혼합 전극의 변화를 주었다[3-5].

2. 실험

본 연구에 사용된 기판은 Indium-Tin-Oxide (ITO)가 코팅된 glass로 삼성전사에서 제작하였다. 가로, 세로 길이가 각각 20 x 20 mm²인 glass의 두께는 0.5 mm, 코팅된 ITO의 두께는 80 nm, 표면 저항은 30 Ω/□, 평균거칠기는 (root mean square) 2 nm이었다. 기판의 표면 상태는 증착된 박막의 특성에 커다란 영향을 미친다. ITO는 아세톤에 15 분, 메탄올에 15 분, 증류수에 15 분동안 세척한 후 이소프로필 알콜에 보관하였다[6]. ITO 위에 TPD 40 nm, Alq₃ 50 nm, Al 100 nm를 증착하고 음극을 Ca/Al, LiF/Al, Li:Al 로 변화시켜 주었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 실험에서 사용한 유기물들의 에너지 준위이다. 그림에서 보이듯이 Al의 일함수가 커서 전자의 주입이 힘들 것이라는 것을 예측할 수 있다.

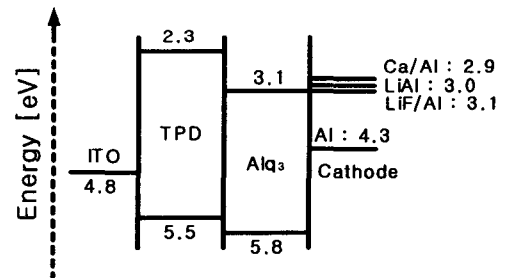


그림 1. ITO/TPD/Alq₃/Cathode에 따른 에너지 준위도

전자의 주입은 유기물/음극의 영향을 일차적으로 받기 때문에 혼합음극을 사용하여 계면의 변화를 주었다. 그림에서 보듯이 혼합음극들을 사용하면 전자주입이 향상될 것이라는 것을 예측할 수 있다. 그림 2 (a)는 ITO/TPD/Alq₃/Cathode 소자 구조에서 음극(Al, LiF/Al, Li:Al, Ca/Al) 변화에 따른 전압-전류 특성을 나타내고 있으며, 그림 2 (b)는 전압-휘도 특성을 나타내고 있다. 모든 전극이 3 V 이하에서는 거의 같은 전류 특성과 휘도 특성을 나타낸다. 그러나 3 V 이상에서는 Al 전극보다 전류와 휘도 특성이 좋게 나온다. 이는 그림 1에서 전자 주입 에너지 장벽의 높이가 Al 전극의 경우에는 약 4.3 eV로 높은 반면에 다른 음극은 2.9 eV 정도로 낮기 때문에 전자 주입이 용이하기 때문이다.

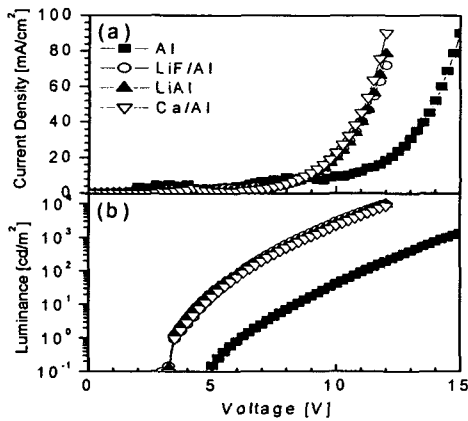


그림 2. 음극 변화에 따른 (a) 전압-전류
(b) 전압-휘도 특성

그림 3 (a)는 음극 변화에 따른 전압-발광 효율 특성을 나타내고 있다. 음극으로 Al을 사용한 경우에는 최대 발광 효율이 0.1 lm/W를 나타내었다. 혼합전극들의 최대 발광 효율은 각각 LiF/Al이 1.7 lm/W, Li/Al은 1.5 lm/W, 그리고 Ca/Al은 1.3 lm/W로 분석되었다. 또한 Al은 14 V에서 최대 발광 효율 특성을 나타내고 있지만, 다른 음극들은 약 4~5V에서 휘도 특성이 급격히 증가하다가 8 V 부근에서 최대 발광 효율을 나타내고 있다. 그림 3 (b)에서 각 음극들의 외부 양자 효율은 14 V에서 Al이 0.16 %, LiF/Al은 1.6 %, Li/Al은 1.5 %, Ca/Al은 1.15 %를 나타내었다. 전자 주입 에너지 장벽에 따른 최대 외부 양자 효율을 살펴 보아도 혼합음극 LiF/Al을 사용한 소자가 가장 우수한 특성을 나타내는 것을 알 수 있다. 일반적으로 OLEDs에서 전자 주입 에너지 장벽의 높이를 제어한다는 것은 정공과 전자의 밸런스를 맞추어 주는 것으로써 급격한 효율의 향상을 가져올 수 있다.

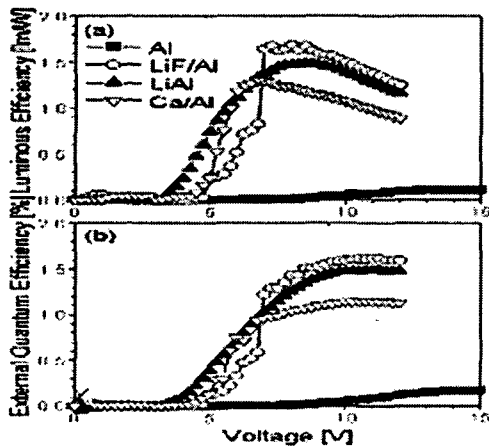


그림 3. 음극 변화에 따른 (a) 전압-발광 효율 특성
(b) 전압-외부 양자 효율 특성

4. 결론

이 실험에서는 여러 혼합 전극 중에서 LiF/Al을 혼합전극으로 사용한 소자가 전기적 광학적 특성에서 가장 우수한 모습을 보였다. 일반적으로 LiF가 전자주입층으로 사용되지만 아직 그 메카니즘은 명확하지 않다. LiF/Al을 혼합전극으로 사용한 소자의 전자 주입을 변화시키며 소자 성능을 살펴보는 일이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음 (KRF-2001-005-D22001).

참고 문헌

- [1]. J .C. Scott and G. G. Malliaras, in *Semiconducting Polymers*, edited by P. F. van Hutten and G. Hadziioannou (WILEY-VCH, New York, 1999), pp. 411-461.
- [2]. C. W. Tang and S. A. Van Slyke, *Appl. Phys. Lett.* 51, 913. (1987).
- [3]. L. S. Hung, C. W. Tang and M. G. Mason, *Appl. Phys. Lett.* 70, 152 (1997).
- [4]. S. J. Kang, D. S. Park, S. Y. Kim, C. N. Whang, K. Jeong and S. Im, *Appl. Phys. Lett.* 81, 2581 (2002).
- [5]. F. Zhu, B. Low, K. Zhang and S. Chua, *Appl. Phys. Lett.* 79, 1205 (2001).
- [6]. T. P. Nguyen, L. P. Rendu and N. N. Dinh, *Synth. Met.* 138, 229 (2003).