

불화리튬 버퍼층에 의한 유기 발광 소자의 전기적인 특성 및 효율 분석

배상호, 박형준, 남은경*, 정동근*, 이준신
 성균관대학교 정보통신공학부, *성균관대학교 물리학과

Efficiency Analysis of Buffer Layer Using LiF on the Electrical Characteristics of OLED

Sang-Ho Bae, Hyung-Jun Park, Eun-Kyoung Nam*, Dong-Geun Jung*, Jun-Sin Yi

School of information and communication engineering, Sungkyunkwan University

Department of physics, Institute of Basic Science, and Brain 21 Physics Research Division, Sungkyunkwan University*

Abstract : In this work, Organic Light Emitting Diodes using LiF as a electron-injecting interfacial have been fabricated for efficiency enhancements. This interfacial layer is interposed between Al/Alq₃ layer. The brightness and specific character as current density are higher than those of the device without it. To find best thickness of LiF layer, we used some samples with various thickness. The LiF interposition at the Alq₃/Al interface encouraged the electrons injection and balances the injection numbers of hole and electron in the emission layer.

Key Words : OLEDs, LiF, Buffer Layer, Impedance

1. 서 론

LCD, PDP에 이은 차세대 평판 디스플레이로 기대를 받고 있는 유기 발광 소자(Organic Light Emitting Diode)는 유기물 박막의 음극과 양극을 통해 주입된 전자와 정공이 유기 물질 안에서 자유 이동 중 재결합을 통해 여기자를 형성하고 이 여기자의 에너지에 의해 특정한 파장의 빛이 발생하는 현상을 이용한 장치이다. 이런 OLEDs는 낮은 발광 효율을 향상시키기 위해 전극과 유기물 계면 사이에 다양한 물질의 버퍼층을 결합하는 연구가 진행되고 있다 [1-3]. 본 연구에서는 버퍼층으로 불화리튬(LiF) 층을 삽입하여 Al과 전자 수송층 사이의 에너지 장벽을 조절, 유기 발광 소자의 효율을 높이고자 하였다.

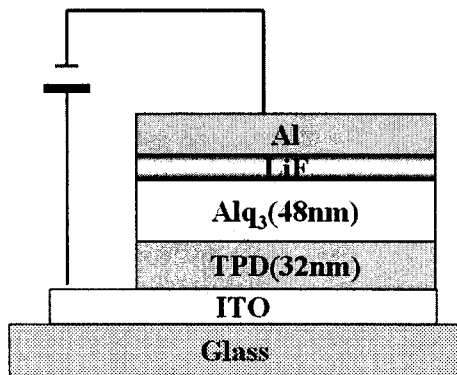


그림 1 유기 발광 소자의 구조

2. 실험

본 연구에서는 ITO가 코팅된 유리 기판을 질산과 염산을 3:1비율로 섞은 왕수를 이용해 식각하고 클리닝 공정을 거쳐 이용하였다. 이 위에 열 증기 증착 장비를 사용하여 약 3×10^{-6} torr에서 TPD (28 nm), Alq₃ (32 nm) 층을 증착하였다. LiF 두께는 각각 0.5 nm, 0.7 nm, 1 nm, 1.5

nm 이다. 일련의 공정을 거친 시료는 Keithley 2400 SMU Electrometer, Keithley 485 picoameter 와 Oriel 71609 Silicon Photodiode를 이용해 전기적인 특성을 측정하였다. 임피던스 특성은 LF 4192A Impedance Analyzer를 이용하여 주파수를 가변하면서 측정하였다. 측정신호는 4, 6, 8 V 의 DC 전압을 인가하고, 진폭 50 mV의 주파수를 5 Hz에서 10 MHz까지 가변하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 0.5 nm ~ 1.5 nm까지의 LiF 버퍼층 두께의 변화에 따른 임피던스의 변화를 보여준다. 전반적으로 LiF를 버퍼층으로 삽입한 소자에서 사용하지 않은 소자 보다 낮은 임피던스를 보였다. 다만 1.5 nm 두께의 층을 삽입하는 경우에는 임피던스가 기하급수적으로 높아졌다. 이는 LiF가 오히려 특정 두께 이상에서는 절연층으로 작용해 전자의 수송을 방해하는 것으로 생각된다.

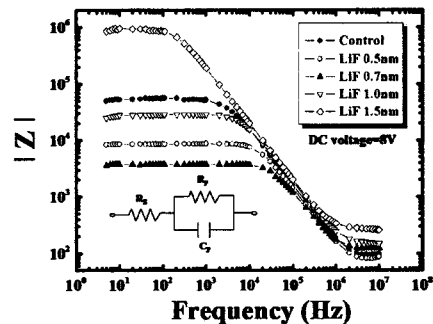


그림 2 OLED 소자의 임피던스와 등가모델

그림 3은 LiF 층의 두께 변화에 따른 유기물의 벌크 저항 성분(R_b)을 알아 본 것이다[4]. 전압에 상관없이 0.7 nm 두께의 LiF 버퍼층을 삽입하였을 때 가장 우수한 특성이

나왔고 1nm 이상부터는 버퍼층 삽입의 의미를 잃어버리
는 안 좋은 특성이 나왔다.

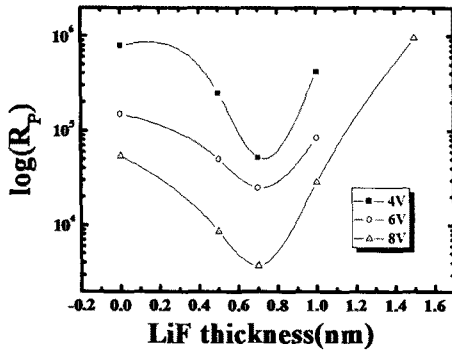


그림 3 LiF 버퍼층 두께 변화에 따른 Rp 성분

LiF 버퍼층의 두께에 따른 유기 발광 소자의 전류밀도와 밝기를 측정한 결과를 살펴보면 앞서 측정한 전기적 특성을 잘 반영함을 확인할 수 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 0.7 nm에서 전류 밀도와 밝기가 각각 최대값을 나타내었고 1 nm 이상에서는 버퍼층으로써의 의미를 잃어버리는 결과를 확인할 수 있었다.

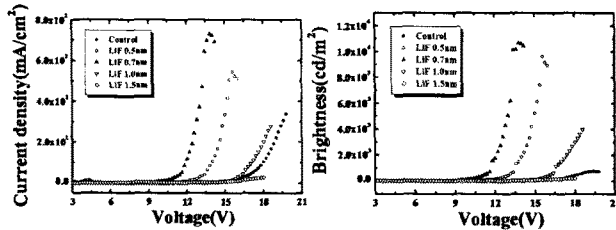


그림 4 전압에 따른 소자의 (a) 전류밀도와 (b) 밝기 특성

이와 같은 소자 동작의 향상은 얇은 버퍼층을 삽입함으로써 음극(Al)에서 터널링 효과와 에너지 레벨의 정렬이 향상된 것 이다[5]. 전자의 주입이 늘어 발광층에서 전자-정공 쌍 생성이 증가하여 발광 효율이 좋아졌음을 보였다.

Fowler-Nordheim 터널링 공식을 이용하여 유도 및 간략화 한 것이다[6].

$$\ln\left(\frac{I}{F^2}\right) \propto -\frac{k}{F} \dots \dots (1)$$

I 는 전류, F 는 전기장 세기 그리고 k 는 장벽 높이(barrier shape)에 의존하는 상수이다. 그림5의 $\ln(I/F^2)$ 대 $1/F$ 곡선이 거의 직선에 가깝고 그 기울기에서 k 값을 구할 수 있다. LiF를 증착한 소자와 증착하지 않은 소자의 기울기는 각각 4.11×10^8 , 6.43×10^8 이었다. k 의 값이 더 작다는 것은 장벽 높이가 낮아졌음을 의미한다[6]. LiF를 적절한 두께로 증착한 소자에서 낮은 k 값을 얻었다.

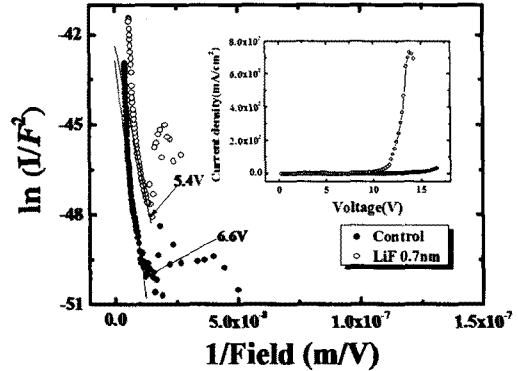


그림 5 유기 발광 소자의 Fowler-Nordheim 터널링 곡선

4. 결론

본 연구에서는 LiF의 절연 특성을 이용하여 유기 발광 소자의 효율을 향상 시키고자 하였다. 음극(Al)과 발광층(AIQ3) 사이에 LiF를 다양한 두께로 증착하였다. 여러 측정을 통해 LiF의 적절한 두께를 가질 때 기존의 소자보다 높은 전류 밀도, 낮은 저항, 향상된 밝기를 보였다. 이는 LiF에 의해 전자의 주입량이 증가하고 전자와 정공의 균형이 향상되어 나타난 결과이다.

참고 문헌

- [1] J. M. Zhao, Appl. Phys. Lett. Vol. 84, No. 15, p 2913, 2004
- [2] H. Jiang, Thin Solid Films. Vol. 363, Issues 1-2, p 2913, 2000
- [3] Z. B. Deng, Appl. Phys. Lett. Vol. 74, No. 15, p 2227, 1999
- [4] S.O. Kasap, Principles of Electronic materials and Devices (McGraw-Hill, Boston, 2005) 3rd ed.
- [5] S. S. Sohn, J. J. Appl. Phys. Vol. 45, No. 4B, p 3733, 2006
- [6] I. D. Parker, J. Appl. Phys. Vol. 75, issue3, p 1656, 1994