

산소질화알루미늄 계면층에 의한 유기발광 소자의 효율 향상

박형준^a, 김정해, 남은경¹, 정동근¹, 이준신
 성균관대학교 정보통신공학부, ^a성균관대학교 물리학과

Efficiency enhancement of Organic Light Emitting Diodes by the AION interfacial Layer

Hyungjun Park, Jin Zheng Hai, Eunyoung Nam¹, Donggeun Jung¹, Junsin Yi

School of information and communication engineering, Sungkyunkwan University

¹Department of physics, Institute of Basic Science, and Brain 21 Physics Research Division, Sungkyunkwan University

Abstract : In this work, Organic Light Emitting Diodes using Aluminum-Oxynitride as a hole-injecting interfacial have been fabricated. This interfacial layer is inserted at the ITO/ N,NV-diphenyl-N, NV-bis(3-methylphenyl)-1,1V-diphenyl-4,4V-diamine (TPD) interface. The brightness and efficiency of the device with the AION film is higher than that of the device without it. The enhancements are attributed to an improved balance of hole and electron injections due to the energy level realignment and the change in carrier tunneling probability by the interfacial layer.

Key Words : OLEDs, AION, Interfacial layer, Sputter, Barrier height

1. 서 론

새로운 평판 디스플레이로 주목을 받고 있는 유기발광 소자(Organic Light Emitting Diodes)는 내부에서 발생한 빛이 기판 외부로 효율적으로 발광될 수 있도록 투과도가 높은 투명 전극인 In₂O₃-SnO₂(ITO)를 사용한다. 하지만 ITO는 유기물 또는 정공 수송층과 일함수 차이가 커서 정공 주입에 제약이 있었다. 이 차이를 줄여 효율을 향상시키기 위해 다양한 물질의 계면층을 삽입하는 연구가 진행되고 있다[1-3]. 본 연구에서는 새로운 계면층으로 산소질화알루미늄 (AION)를 사용하였다. AION는 high-k 물질로 반도체 소자에서 절연층으로 연구하고 있다[4]. 이를 이용해 ITO와 정공 수송층 사이의 에너지 장벽을 조절하여 소자의 효율을 향상 시키고자 한다.

2. 실험

본 연구에서는 ITO가 코팅된 유리 기판을 질산과 염산을 3:1비율로 섞은 왕수를 이용해 식각하고 클리닝 공정을 거쳐 이용하였다. ITO기판 위에 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 증착 시간을 3, 5, 10초로 AION를 증착하였다. 증착온도는 300℃, 가스 비율은 Ar : O₂ = 2 : 2, 타겟은 AlN (99.95%)을 이용해 0.8 x 10⁻³ torr 에서 증착하였다. AION의 두께는 각각 5.8Å, 14Å, 16.4Å 이다. 증착된 시료를 열 증기 증착 장비를 사용하여 약 3 x 10⁻⁶ torr 에서 TPD (28 nm), Alq₃ (32 nm), LiF (0.5 nm), Al (80nm)을 증착하였다. 소자의 전기적 특성은 Keithley 2400 SMU electrometer, Keithley 485 picoameter 와 Oriel 71609 Silicon photodiode를 이용해 측정하였다. 어드미턴스 특성은 LF 4192A impedance analyzer를 이용하여 주파수를 가변하면서 측정하였다. 측정신호는 전압을 인가하지 않고, 진폭 50 mV, 주파수를 5 Hz에서 10 MHz까지 가변하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1에서 OLED 소자의 전류밀도 대 전압, 휘도 대 전압 특성을 보여주고 있다. 전반적으로 AION를 계면층으로 이용한 소자에서 사용하지 않은 소자 보다 높은 전류밀도와 휘도를 보였다.

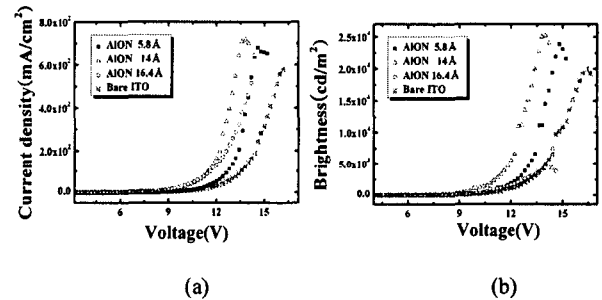


그림 1. OLED 소자의 (a) J-V, (b) B-V 특성

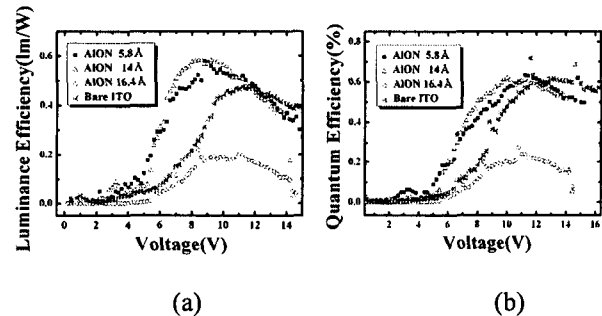


그림 2. OLED 소자의 (a) 전력변화효율, (b) 양자효율 특성

AION를 8초 동안 증착시킨 소자에서 가장 우수한 특성이 나왔고 10초 이상에서는 기존의 소자보다 특성이 안 좋았다. 5.8 Å~14 Å 사이의 AION 두께에서 정공의 주입량이 증가하고 16.4 Å 에서는 절연층의 두께가 두꺼워 정

공의 주입이 감소한 것 같다. 이와 같은 소자 동작의 향상은 얇은 절연층을 삽입함으로써 양극(ITO)에서 터널링 효과와 에너지 레벨의 정렬이 향상된 것 이다[5]. 그림 2 에 두께별 소자의 전력변화효율과 양자효율을 보였다. 전력변화효율은 0.48 lm/W에서 최고 0.58 lm/W로 향상되었으며 양자효율은 0.62 %에서 0.63 %로 향상 또는 동일한 효율을 보였다. 하지만 전압을 고려하면 AION 계면층을 이용한 소자가 AION 계면층이 없는 소자보다 낮은 전압에서 최고 효율값을 보였다. 정공의 주입이 늘어 발광층에서 전자와 정공의 균형이 향상되어 소자 효율이 높아진 것이다[6]. 식 1은 Fowler-Nordheim 터널링 공식을 이용하여 유도 및 간략화 하였다[5].

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

I 는 전류, F 는 전기장 세기 그리고 k 는 barrier shape에 의존하는 상수이다. 그림3의 $\ln(1/F^2)$ 대 $1/F$ 곡선이 거의 직선에 가깝고 그 기울기에서 k 값을 구할 수 있다. AION를 증착한 소자와 증착하지 않은 소자의 기울기는 각각 9.8982×10^8 , 1.2696×10^9 이었다. k 의 값이 더 작다는 것은 장벽 높이가 낮아졌음을 알 수 있다[5]. AION를 적절한 두께로 증착한 소자에서 낮은 k 값은 얻었고 동작전압 또한 이전보다 낮아졌다.

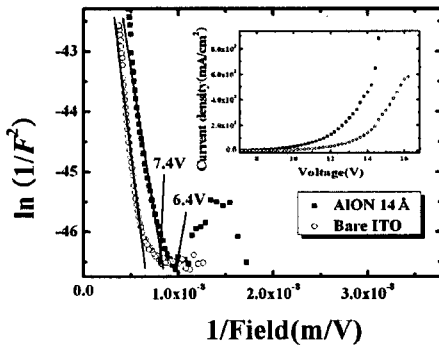


그림 3. OLED소자의 Fowler-Nordheim 터널링 곡선

그림 4는 어드미턴스를 실수와 허수로 나타낸 것이다. 소자를 등가회로 성분으로 해석하면 내부 저항과 내부 커패시턴스가 병렬로 연결되고 그리고 직렬로 저항이 연결된다[7].

$$Y = G_p + j\omega C_p \dots\dots(2)$$

$$C_p = \frac{C}{(1+r_s G)^2 + (\omega r_s C)^2}; G_p = \frac{G(1+r_s G) + r_s (\omega C)^2}{(1+r_s G)^2 + (\omega r_s C)^2} \dots\dots(3)$$

식3에서 내부 커패시턴스 C , 내부 컨덕턴스 G 그리고 직렬 저항 r_s 이며 r_s 는 주로 ITO와 TPD의 접촉 저항에

의해 생기는 성분이다. G_p 는 어드미턴스의 실수부이다(식 2). 이때 G 는 R 의 역수 인데 r_s 보다 상대적으로 작은 값을 가져 G_p 에서 r_s 성분이 주도 한다. r_s 값이 작으면 어드미턴스 곡선의 반경이 커지고 반대로 반경이 작아진다. AION 이용하지 않은 소자는 반경이 작고 AION 삽입된 소자들은 반경이 크므로 낮은 접촉저항을 가진다. 이는 두 물질 사이의 계면 상태가 개선되었음을 의미한다.

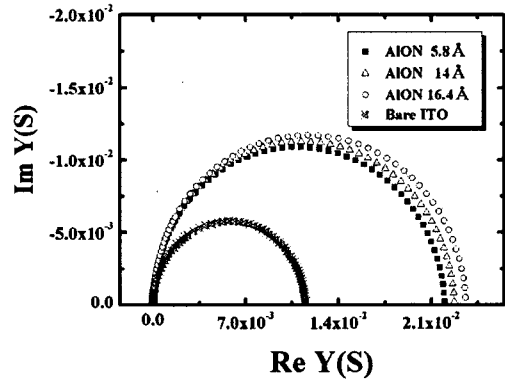


그림 4. OLED 소자의 어드미턴스 Cole-Cole 그래프

4. 결론

본 연구에서는 AION의 절연 특성을 이용해 유기발광소자의 효율을 향상 시키고자 하였다. 양극(ITO)과 정공수송층 (TPD) 사이에 AION를 스퍼터를 이용하여 다양한 두께로 증착하였다. 여러 측정을 통해 AION가 적절한 두께를 가졌을 때 기존의 소자보다 향상된 휘도, 전력변화효율, 양자 효율, 동작 전압을 보였다. 이는 AION에 의해 정공의 주입량이 증가하고 전자와 정공의 균형이 향상되어 나타난 결과이다. 그리고 소자의 어드미턴스를 측정해 기존의 소자보다 낮은 접촉저항을 가짐을 보이고 이를 통해 앞의 결과들을 뒷받침하였다.

참고 문헌

- [1] J. M. Zhao, Appl. Phys. Lett. vol 84, no15, 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] H. Murakami, IEICE Trans. Electron. vol E88-c, no 4, p. 640, 2005
- [5] I. D. Parker, J. Appl. Phys. vol 75, issue3, p. 1656, 1994
- [6] S. S. Sohn, J. J. Appl. Phys. vol 45, no 4B, p. 3733, 2006
- [7] S.O. Kasap, Principles of Electronic materials and Devices (McGraw-Hill, Boston, 2002) 2nd ed.