

## 온도와 두께 변화에 따른 유기 발광 다이오드의 전기전도 특성

이동규, 오용철, 정동희, 이호식<sup>\*,</sup>, 장경욱<sup>\*</sup>, 김충혁, 홍진웅, 김태완<sup>\*\*</sup>, 이준웅  
광운대학교, 경원전문대<sup>\*</sup>, 홍익대학교<sup>\*\*</sup>

### Characteristics of Electrical Conduction of OLED with Various Temperature and thickness

D.G.Lee, Y.C.Oh, D.H.Jung, H.S.Lee<sup>\*\*</sup>, K.U.Jang<sup>\*</sup>, C.H.Kim, J.W.Hong, T.W.Kim<sup>\*\*</sup>, J.U.Lee  
Kwangwoon Univ., Kyungwon College<sup>\*</sup>, Hongik Univ.<sup>\*\*</sup>

**Abstract :** We made use of Alq<sub>3</sub> which is the representative light-emitting material. Electric conduction mechanism were analyzed in this paper. We have also measured current density-thickness-voltage characteristics with thickness variation from 60 to 400 nm. We analyzed the low electric and the high electric field in theoretically.

**Key Words :** OLED, Conduction mechanism

#### 1. 서론

1987년에 Tang과 VanSlyke가 유기 발광 소자를 구현한 이후, 유기 발광 소자는 디스플레이 장치의 응용 가능성 때문에 많은 흥미를 유발시키고 있다. 특히 Tang 이후 높은 효율과 견고한 내구성을 지닌 발광 소자를 얻고자 많은 분야에서 연구가 진행되어 왔다[1-3]. 유기 발광 소자는 위성 방송과 HDTV 그리고 3차원 영상 처리 기술의 발달로 디스플레이 소자로써 각광을 받을 것으로 예상되고 있다.

유기 발광 소자에서의 전기 전도 메커니즘의 해석은 고전계 영역에서의 전압-전류 특성이 전극에서 유기물 층으로 주입되는 정공과 전자의 터널링으로 해석하고, 저전계 영역에서는 공간 전하 영향으로 해석하여 왔다. 본 논문에서는 유기 발광 소자의 전기 전도 메커니즘을 해석하고자 10K에서 300K까지의 온도 변화에 대하여 전압-전류 특성을 분석하였고 보았고 온도 변화에 따른 전압-취도를 측정하였다[4,5].

#### 2. 실험

본 연구에서 양극으로는 ITO(Indium-Tin-Oxide)를 사용하였고, Al을 음극으로 사용하여 소자의 구조를 ITO/Alq<sub>3</sub>(100nm) /Al(150nm)로 하였다. 양극으로 사용한 ITO 기판은 표면 저항이 15 Ω/□이고 두께가 170 nm로 삼성 코닝사에서 제조하였다. 유기물층으로 사용한 Alq<sub>3</sub>(tris(8-hydroxyquinolate) aluminum)는 TCI 사의 제품으로 분자량은 459.44이며 베이스 압력 5×10<sup>-6</sup> torr의 진공도에서 열 증착하였다. 음극으로 사용한 Al도 베이스 압력 5×10<sup>-6</sup> torr의 진공도에서 열 증착하였으며 두께는 150 nm이다. 소자의 발광 면적은 15mm<sup>2</sup>로 하였다.

소자의 전압-전류 특성은 Keithley 236 source-measure unit, 617 electrometer 그리고 Si-photo diode (Centronics Co. OSD100-5T)를 이용하여 측정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 옴전도전류 영역

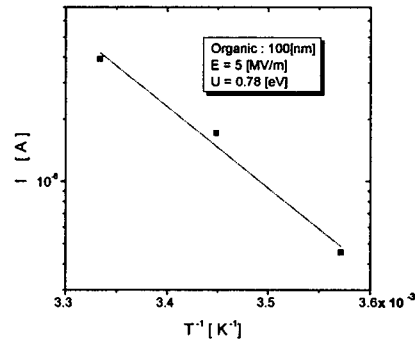


그림 1. 옴영역에서 I vs. T<sup>-1</sup>

그림 1은 5[MV/m]의 일정한 전계에서 도시한 것인데 이 계산된 전위장벽의 높이는 0.78[eV]이었다.

##### 3.2 공간전하 제한 전류영역

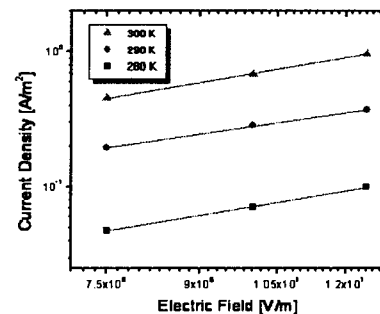


그림 2. 공간전하제한전류영역에서의 전계-전류밀도

J-V 관계를 시료의 두께에 따라 관측한 결과 약 2승의 값을 얻었다.

##### 3.3 부정저항 영역

그림 3은 전계 30[MV/m]~80[MV/m] 사이에서 부정저항이 나타나고 있는데 이와 같은 현상은 Gunn다이오드나 Tunnel다이오드와 같은 반도체 소자에서도 관측된다.

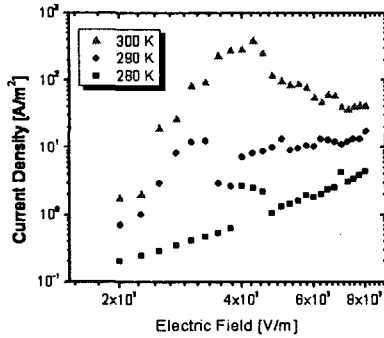


그림 3. 부성저항영역에서의 전계-전류밀도

### 3.4 쇼트키 전도전류 영역

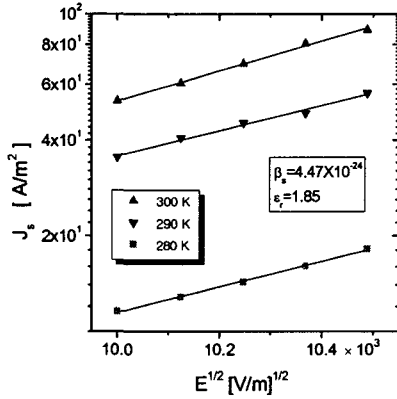


그림 4. 쇼트키영역에서의 J-E<sup>1/2</sup>

그림 4의 기울기로부터  $\beta_s=4.47 \times 10^{-24}$ 과 비유전율 1.85를 얻었으며 쇼트키 전도전류가 흐르는 것으로 사료된다..

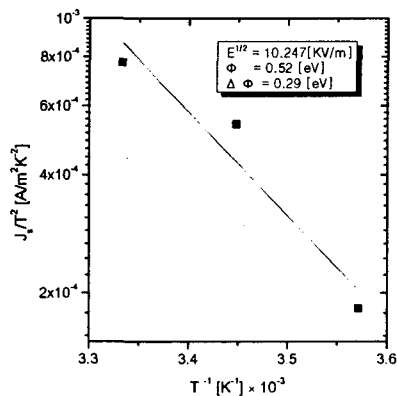


그림 5. 쇼트키 영역에서 아레니우스 플롯

그림 5의 기울기로부터  $\phi_D=0.52$ 를 얻었으며 100[MV/m] 일 때 전위장벽의 감소는 0.29[eV]로 전자가 전극으로부터 쉽게 주입됨을 알 수 있었다.

### 3.5 터널형 전도전류 영역

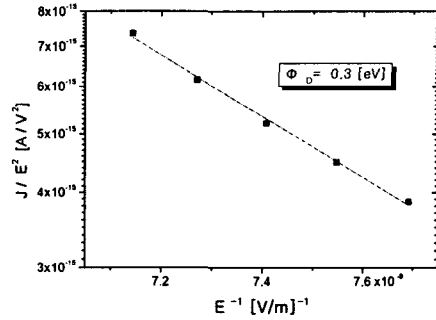


그림 6. 터널링 영역에서 log J/E<sup>2</sup> - E<sup>-1</sup>

그림6의 기울기로부터 전위장벽의 높이는 약 0.3[eV]를 얻었다. 일반적으로 120[MV/m] 이상의 고전계가 인가되면 전위장벽의 실제적인 두께가 100[Å] 정도로 얇아져 전극으로부터 시료내로 터널효과에 의한 전자주입이 급증하게 되어 절연파괴에 이르게 된다.

## 4. 결론

유기 발광 다이오드에서 전계에 따른 전도 메커니즘을 다섯영역으로 구분하였다. 음영역에서 활성화 에너지는 0.78[eV]이었고, 차일드 법칙에 의한 공간전하 제한전류영역, 부성저항영역이다. 그리고 쇼트키 영역에서 Alq<sub>3</sub>의 비유전율은 1.85로 계산되었고 에너지 장벽은 0.52[eV]에서 100[MV/m]인가 시 0.29[eV]의 에너지 장벽 감소를 보였고, 터널링 영역에서 0.3[eV]의 전위장벽 높이를 얻을 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] C. W. Tang, S. A. Vanslyke, "Organic Electroluminescent", Appl. Phys. Lett. 51, p. 913, 1987.
- [2] Ananth Dodabalapur, "Organic Light Emitting Diodes", Solid State Commun. 102, 259 1997.
- [3] N. C. Greenham and R. H. Friend, "Semiconductor Device Physics of Conjugated Polymer", in Solid State Physics (Ed.s H. Ehrenreich and F. Spaepen) 49, pp. 1-149, 1995.
- [4] Sang-Keol Kim, "Efficiency Improvement and Electrical Properties of Organic Light-Emitting Diodes", Ph.D. Thesis, p. 115, 2002.
- [5] W. Reiss, "Chapter 2", Organic Electro luminescent Materials and Devices, 1997.