

ITO/Alq₃/Al 소자 구조에서 전기 전도 메카니즘

정동희, 김상걸*, 이동규, 이준웅, 허성우**, 장경욱***, 이원재***, 송민종****, 김태완**

광운대학교, 특허청 전기전자심사국 전자소자과*, 홍익대학교**, 경원전문대학***, 광주보건대학****

Electrical Conduction Mechanism in ITO/Alq₃/Al device structure

Dong-Hoe Chung, Sang-Keol Kim*, Dong-Gyu Lee, Joon-Ung Lee, Sung-Woo Hur**, Kyung-Uk Jang***, Won-Jae Lee***, Min-Jong Song****, Tae Wan Kim**

Kwangwoon University, Electronic Parts and Components Examination Div. KIPO.*, Hongik University**, Kyungwon College***, Kwangju Health College****

We have used ITO/Alq₃/Al structure to study electrical conduction mechanism in Alq₃ based organic light emitting diode. Current-voltage characteristics were measured at room temperature by varying the thickness of Alq₃ layer from 60 to 400nm. We were able to prove that there are three different mechanism depending on the applied voltage; Ohmic, SCLC (space-charge-limited current), and TCLC (trap-charge-limited current) mechanism.

Key Words : organic light emitting diode, electrical conduction mechanism, Ohmic, space-charge-limited current, trap-charge-limited current.

1. 서 론

유기 발광 소자의 상용화와 직접적인 관련이 있는 연구 논문으로는 1987년에 Tang과 VanSlyke가 발표한 논문으로 저분자인 tris (8-hydroxyquinol inato) aluminum (Alq₃)과 N,N'-diphenyl-N,N'-di (m-tolyl)-benzidine (TPD)를 이용하여 낮은 전압에서 녹색 발광을 처음으로 얻었으며, 1990년에 캠브리지 대학교의 Friend가 poly (phenyleneviny lene) (PPV)를 이용하여 고분자 녹색 발광을 처음으로 얻었다. 가장 적합한 디스플레이 소자는 천연색 구현, 낮은 동작 전압, 긴 수명, 안정적인 동작 파라미터, 고휘도, 높은 효율, 그리고 낮은 가격 등이 요구 된다[1]. 본 논문에서는 이러한 요구 조건을 만족시키기 위하여 필수적으로 규명되어야 할 전기 전도 특성을 연구 분석하였다[2].

2. 실험

본 실험에서 양극으로는 투명 전극으로 알려진 ITO (Indium-Tin-Oxide)를 사용하였고, Al을 음극으로 사용하여 소자의 구조를 ITO/Alq₃/Al로 하였다. 양극으로 사용한 ITO 기판은 표면 저항이 15Ω/□이고 두께가 170nm로 삼성 코닝사에서 제조하였다. 유기물 층으로 사용한 Alq₃ (tris (8-hydroxyquinolinato) aluminum)는 TCI 사의 제품으로 분자량은 459.44이며 베이스 압력 5×10⁻⁶torr의 진공도에서 열 증착하였다. 음극으로 사용한 Al도 베이스 압력 5×10⁻⁶torr의 진공도에서 열 증착하였으며 두께는 150nm이다. 소자의 발광 면적은 15mm²로 하였다.

그림1은 본 실험에서 사용한 소자의 구조를 나타내고 있다. Alq₃의 두께는 60~400nm까지 변화시켰다.

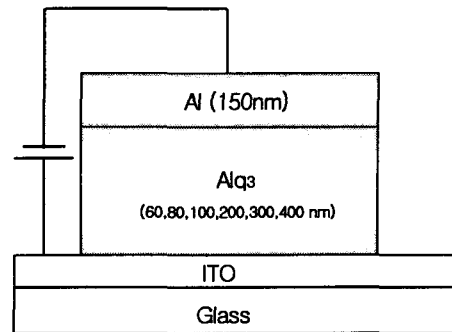


그림 1. ITO/Alq₃/Al의 소자 구조.

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

3. 결과 및 고찰

유기물의 전도 특성에 대하여 Ma Dongge 등은 Ohmic 영역, space-charge-limited current 영역, 그리고 trap-charge-limited current 영역 등으로 구분하였다[3].

$$J_{Ohmic} = en_0\mu \frac{V}{d} \quad (1)$$

$$J_{SCLC} = \frac{9}{8} \epsilon\mu \frac{V^2}{d^3} \quad \text{or} \quad J_{SCLC} = \frac{9}{8} \epsilon\Theta\mu \frac{V^2}{d^3} \quad (2)$$

$$J_{TCLC} = \frac{V^{m+1}}{d^{2m+1}} \quad (3)$$

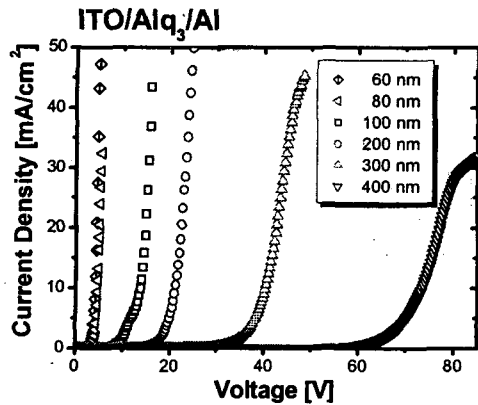


그림 2. ITO/Alq₃/AI 구조의 다양한 두께에서 전압-전류 곡선.

그림2는 Alq₃의 각각의 두께에 따른 전압-전류 특성을 나타내고 있다.

식 (1)은 Ohmic 영역, 식 (2)는 공간 전하 제한 전류 영역 (SCLC), 그리고 식 (3)은 트랩 전하 제한 전류 (TCLC) 영역을 나타내고 있다. 그림3은 그림2에서 Alq₃의 두께가 300nm일 때의 전압-전류 특성을 나타내고 있다. 그림3에서 전기전도 특성은 3단계의 전압-전류 특성 (ohmic 영역, SCLC 영역, TCLC영역)을 나타내고 있다. 그림 4는 공간 전하 제한 전류 영역에서의 전압-전류 특성을 나타내고 있다. 식(2)의 $J_{SCLC} \propto \frac{V^2}{d^3}$ 의 관계가 성립함을 알 수 있다.

식 (3)은 트랩 전하 제한 전류 영역(TCLC)에서 전류, 전압 그리고 두께 특성을 나타내고 있다. 그림 5의 TCLC 영역에서 전류 밀도가 일정할 경우 log (V) vs log (d)의 기울기는 이론적으로 약 2의 값을 갖으며 실험적으로 분석한 값은 약 1.97으로 분석되었다. 따라서 유기 발광 소자의 전기 전도 메카니즘은 이론적인 값과 실험적인 값이 거의 일치함을 알 수 있다.

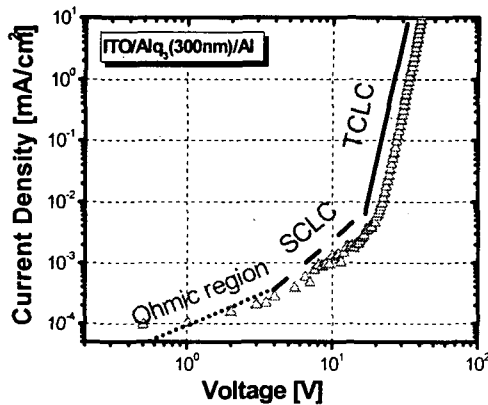


그림 3. ITO/Alq₃(300nm)/AI 구조에서 전압-전류 곡선.

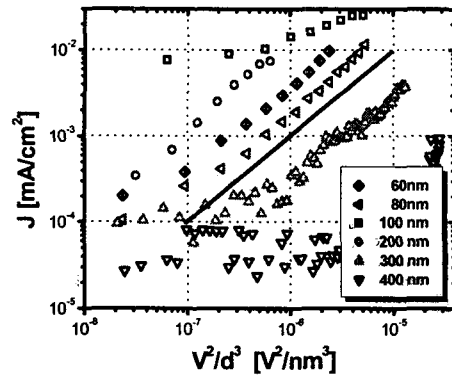


그림 4. SCLC 영역에서 전압-전류 특성 곡선.

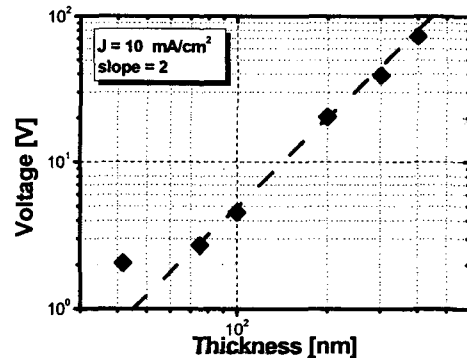


그림 5. TCLC 영역에서 두께-전압 특성 곡선.

4. 결론

우리는 ITO/Alq₃/AI 소자 구조에서 Alq₃의 두께 변화에 따른 전도 특성을 연구하였다. 우리는 유기 발광층에 인가하는 전압에 따라서 Ohmic 영역, SCLC영역, TCLC 영역으로 전도 특성을 분류하였다[4].

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic Electroluminescent Diodes", Appl. Phys. Lett. Vol. 51, pp. 913-915, 1987.
- [2] Dong-Hoe Chung, Joon-Ung Lee, "Electrical Conduction Mechanism in ITO/Alq₃/AI Organic Light-Emitting Diodes", Trans. of KIEEME. Vol. 5, No. 1, pp. 24-28, 2004.
- [3] Ma Dongge and I. A. Hummelgen, "Charge carrier mobility in electroluminescent alternating block copolymers", J. Appl. Phys., Vol. 86, No. 6, pp. 3181-3186, 1999.
- [4] Dong-Hoe Chung, "Electrical Conduction Mechanism and Equivalent Circuit Analysis in Alq₃ based Organic Light Emitting Diode". Ph.D. Thesis. pp. 87-88, 2004.