

## ITO/Alq<sub>3</sub>/Al의 주파수 변화에 따른 유전 특성

오용철, 이동규, 김진사, 신철기, 이성일\*, 김충혁, 김태완\*\*  
광운대학교, 충주대학교\*, 홍익대학교\*\*

### Dielectric Properties depending on Frequency in ITO/Alq<sub>3</sub>/Al

Y. C. Oh, D. K. Lee, J. S. Kim, C. G. Shin, S. I. Lee\*, C. H. Kim, T. W. Kim\*\*  
Kwangwoon Univ., Chunju Univ.\*, Hongick Univ.\*\*

**Abstract :** We have investigated dielectric properties depending on bias voltage in organic lightemitting diodes using 8-hydroxyquinoline aluminum(Alq<sub>3</sub>) as an electron transport and emissive material. We analyzed the dielectric properties of organic light emitting diodes using impedance characteristics measurement by the auto-balancing bridge technique and equivalent circuit of ITO/Alq<sub>3</sub>/Al. Impedance characteristics was measured complex impedance  $Z$  and phase  $\theta$  in the frequency range of 40 [Hz] to  $10^8$  [Hz]. We obtained complex electrical conductivity, dielectric constant, and loss tangent ( $\tan \delta$ ) of the device at room temperature. From these analyses, we are able to interpret a conduction mechanism and dielectric properties contributed by an interfacial and orientational polarization

**Key Words :** Organic light-emitting diodes, Alq<sub>3</sub>, Dielectric loss tangent ( $\tan\delta$ ), Polarization

### 1. 서론

유전체란 어떤 물체에 정전계를 인가하였을 때 유전 분극 현상이 일어나는 물질을 말한다. 이러한 유전분극현상은 유전체 내의 분극특성과 전기전도특성을 보여주는데, 분극 특성은 유전체 내의 고유한 분자구조에 따른 주파수 특성을 보여주게 되고, 이는 전기 전도 특성에 중요한 영향을 끼치게 된다.

단분자 유전체를 이용한 유기 발광 소자는 1987년 Tang[1] 등에 의해 개발된 이래 많은 연구자들의 연구가 이루어져 현재 실용화되었지만, 아직 다른 디스플레이 소자와의 특별한 비교 우위를 점하고 있지는 못한 상황이다. 이는 소자의 안정성과 수명, 전도 메커니즘 등이 명확하게 규명되지 못한 결과라 여겨진다.

따라서 따라 유기 발광 소자의 기초 물성 및 전기전도 메커니즘에 대한 연구의 필요성이 대두 되었고, 임피던스 분석을 통해 유기발광 소자의 전기 전도 특성과 주파수, 전압, 온도, 두께 의존성을 살펴볼 수 있었다.

임피던스는 유전체에 바이어스 전압을 인가하고 주파수에 따른 전기적인 특성을 살펴보는 방법으로 오래된 역사를 가지고 있으며, 유기 발광 소자에 관한 임피던스 연구는 고분자를 중심으로 활성화되어 몇몇 연구 결과를 가지고 있다[2],[3].

임피던스 분석 결과는 어떤 시스템의 전기적인 특성 해석에 기초적인 정보를 제공하는데, 본 연구에서는 ITO/Alq<sub>3</sub>/Al 구조에서 대표적인 녹색 발광 유기물인 Alq<sub>3</sub>의 바이어스 전압에 따른 전기 전도도와 유전 특성을 고찰하였다.

### 2. 실험

유기 발광 다이오드의 온도변화에 따른 유전 특성을 연구하기 위하여 ITO/Alq<sub>3</sub>/Al의 구조로 소자를 제작하였다.

발광층으로 사용된 유기물 Alq<sub>3</sub>의 두께는 60, 100, 150, 300 nm로 베이스 압력  $5 \times 10^{-6}$  torr의 진공도에서 0.7 Å/sec의 증착 속도로 각각 열 증착하여 제작하였는데 이 범위는 anode와 cathode가 서로 short 되지 않는 최소의 범위에서 서부터 절연체로 변환되어지기 전까지의 두께로 소자를 제작하였다.

또한, Anode 전극으로 사용된 기판(Indium-Tin-Oxide : ITO)은 염산과 질산을 3:1의 부피의 비로 혼합하여 전기 절연 테이프를 이용하여 5 mm의 폭이 되도록 혼합증기로 patterning 하였다.

Cathode로 사용된 Al은 베이스 압력  $5 \times 10^{-6}$  torr의 진공도에서 열 증착시켰다. 발광 면적은 anode로 사용된 ITO 너비(5 mm)와 cathode로 사용된 Al의 너비(3 mm)의 곱으로 15 mm<sup>2</sup>이다.

제작된 시편은 Agilent사의 Precision impedance analyzer 4294A를 이용하여 바이어스전압 8 V에서 40 Hz 에서  $10^8$  Hz 주파수 범위에서 임피던스 크기  $Z$ 와 위상  $\theta$ 를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 발광 물질의 두께 60 [nm]일 때 바이어스 전압 별 주파수 증가에 따른 임피던스의 변화를 도시한 것인데  $10^1$  [Hz] 이하의 주파수 영역에서 임피던스의 크기가 전압에 의존함을 알 수 있다.

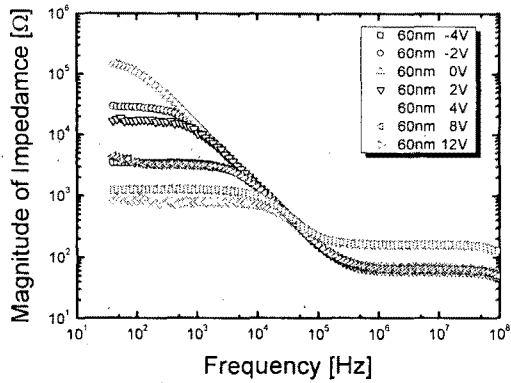


그림 1. Magnitude of impedance-frequency with varied bias voltage in ITO/Alq<sub>3</sub>(60nm)/Al

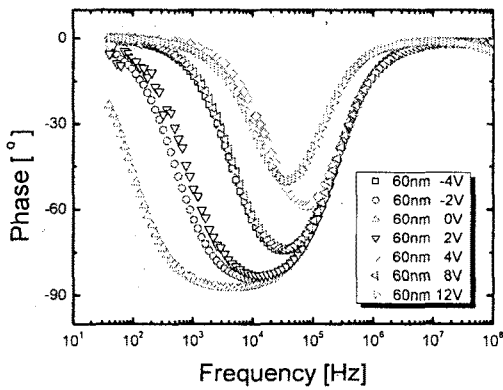


그림 2. Phase-frequency with varied bias voltage in ITO/Alq<sub>3</sub>(60nm)/Al

$$\sigma' = \frac{1}{R} \cdot \frac{d}{A} \quad (1)$$

$$\left(\epsilon_r' - \frac{R_p}{2}\right)^2 + (\epsilon_r'')^2 = \left(\frac{R_p}{2}\right)^2 \quad (2)$$

그림 4는 바이어스 전압별 주파수 변화에 따른 유전 정접을 보이고 있다. 고주파에서의 유전 정접의 피크는 유전 손실의 피크(10<sup>6</sup> [Hz])보다 더 높은 주파수 (10<sup>7</sup> [Hz]) 쪽으로 이동하여 나타나는데 Debye 이론에 의한 유전 분산과 흡수에 의해

$$\tan \delta = \frac{\epsilon_{r0} - \epsilon_{rx}}{\sqrt{\epsilon_{r0} / \epsilon_{rx}}} \quad (3)$$

$$f = \frac{\sqrt{\epsilon_{r0} / \epsilon_{rx}}}{2\pi\tau_0} \quad \omega = \frac{\sqrt{\epsilon_{r0} / \epsilon_{rx}}}{\tau_0} \quad (4)$$

로 나타나기 때문이다.

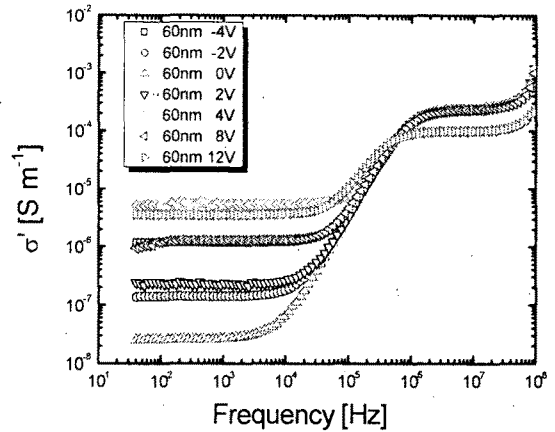


그림 3. Real part conductivity-frequency with varied bias voltage ITO/Alq<sub>3</sub>(60nm)/Al

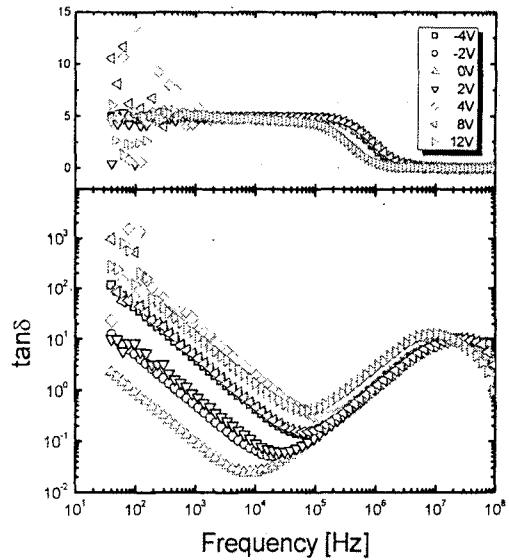


그림 4. Dielectric loss tangent-frequency with varied bias voltage in ITO/Alq<sub>3</sub>(60nm)/Al

#### 참고 문헌

- [1] C. W. Tang, S. A. Vanslyke, "Electroluminescence of doped organic thin films". J. Appl. Phys. Vol. 65, pp. 3610-3616. 1989.
- [2] D. H. Chung, J. U. Lee, "Electrical conduction mechanism in ITO/Alq<sub>3</sub>/Al organic light-emitting diodes", Trans. EEM. Vol. 5, No. 1, p. 24, 2004.
- [3] Yong-Cheul Oh, Joon-Ung Lee, "Dielectric Properties Depending on Bias Voltage in Organic Light-Emitting Diodes". J. KIEEME. Vol. 18, No. 11, 200