

## ITO/Alq<sub>3</sub>/Al 구조 박막의 유전분산과 흡수에 관한 연구

오용철, 김상진\*, 성낙진\*  
 광운대학교, \*시립인천전문대학

### A Study on the Dielectric Dispersion and Absorption of ITO/Alq<sub>3</sub>/Al Thin Film

Y-C Oh, S-J Kim\*, N-J Sung\*  
 Kwangwoon Univ. \*Incheon City College

**Abstract :** We have investigated dielectric dispersion and absorption in organic light-emitting diodes using 8-hydroxyquinoline aluminum(Alq<sub>3</sub>) as an electron transport and emissive material. We analyzed the dielectric dispersion and absorption of organic light emitting diodes using impedance characteristics measurement by the auto-balancing bridge technique of ITO/Alq<sub>3</sub>/Al. Impedance characteristics was measured complex impedance  $Z$  and phase  $\theta$  in the frequency range of 40Hz to 10<sup>8</sup>Hz. We obtained dielectric constant and loss tangent ( $\tan \delta$ ) of the device. From these analyses, we are able to interpret a dielectric dispersion and dielectric absorption contributed by an interfacial and orientational polarization.

**Key Words :** OLED, Alq<sub>3</sub>, Dielectric dispersion, Dielectric absorption, Polarization

#### 1. 서 론

1884년 Nipkow에 의해 발명된 텔레스코프는 발전을 거듭하여 오늘날까지 사용되고 있는 디스플레이 즉, TV 브라운관(CRT : Cathode Ray Tube)으로 발전되었는데 이 CRT는 고화질, 대형화, 저가, 고속응답 및 광시야각 등의 장점을 갖고 있다. 그러나 전자총에서 전자파가 다량으로 방출되어 눈이 피로해지고, 부피가 크다는 단점이 있다. 이 단점을 보완할 새로운 디스플레이로 LCD, PDP 그리고 OLED가 있으나 그 중 얇고 가벼우며 저전력 고화질인 유기 발광 다이오드(OLED : Organic Light-Emitting Diode)가 최근 많은 주목받고 있다.

따라서 본 연구에서는 차세대 디스플레이로 주목받고 있는 OLED의 최초로 개발된 대표적인 재료 Alq<sub>3</sub>(tris(8-hydroxyquinolate)Aluminum)를 Emitting Layer로 사용한 ITO/Alq<sub>3</sub>/Al 구조 박막의 유전분산 및 흡수에 관하여 분석하여 기초 물성 및 전기전도 메커니즘에 대한 연구의 기초 자료를 제공하고자한다[1],[2].

#### 2. 실험

본 실험에서 사용한 녹색 발광재료인 Alq<sub>3</sub>는 진공 준위에서 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital)까지의 이온화 준위(Ionization Potential : IP)가 5.8 eV이고, LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital)까지의 전자 친화도(Electron Affinity)는 3.1 eV이다. 따라서 HOMO와 LUMO 사이의 에너지 갭( $E_g$ )은 2.7 eV이다. 또 유리 전이 온도는 175 °C이고, 화학식은 C<sub>27</sub>H<sub>18</sub>AlN<sub>3</sub>O<sub>3</sub>, 분자량은 459.44이다.

Anode로 사용된 Indium Tin Oxide는 인듐산화물과 주석산화물의 화합물로 되어있는데, 유기 발광 다이오드 뿐만 아니라 각종 디스플레이 소자를 제작하는데 사용되는

대표적인 양전극(anode)이다. 발광 다이오드에서는 작은 면저항이 요구되는데 보통 면저항은 ITO의 두께가 두꺼울수록 전도도는 향상되지만 투과율이 감소한다. 실험에 의하면 150nm 이하의 두께가 적당하고, 비저항이  $1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$  이하, 면저항 10 $\Omega/\square$ 로 전기전도성이 우수하고, 380~780nm의 가시광선 영역에서의 투과율이 80% 이상인 성질을 만족시키는 박막이 요구된다. 본 실험에서는 15 $\Omega/\square$ , 두께 170nm의 삼성 코닝사 제품을 사용하였다.

Cathode로 사용된 Al은 pellet 타입으로 텅스텐 보트에서 두께는 150nm, 폭 3mm로 열 증착 하였다.

표 1. 실험에 사용된 물질의 증착 조건.

Alq <sub>3</sub> (TCI Co.)	Condition	Al(TCI Co.)
Powder	Type	Pellet
99.99	Purity [%]	99.99
10 <sup>-6</sup>	Base Pressure [torr]	10 <sup>-6</sup>
2.50	Substrate Rotation Speed [rpm]	2.50
0.5~0.7	Deposition Speed [ $\text{Å/s}$ ]	0.5~0.7 < 10
Pyrex cell	Equipment	Tungsten boat
Voltage 340 [°C]	Electrical Source	Current 20 [A]

#### 3. 결과 및 검토

바이어스 전압이 증가함에 따라서 10<sup>5</sup>Hz 이상의 주파수에서 비유전율  $\epsilon_r'$ 이 서서히 감소하다가 5 $\times 10^5$ Hz에서부터 급격히 감소하는데 이를 유전 분산이라 한다. 이 주파수 범위에서는 발광물질 Alq<sub>3</sub> 내의 쌍극자들이 인가전계에 따라 분산이 일어나는 것으로 생각할 수 있다. 일반적

으로  $10^2$ Hz이하의 주파수 범위에서 일어나는 계면 분극의 영향과 일치하는 모습이 그림 1에서 보인다.

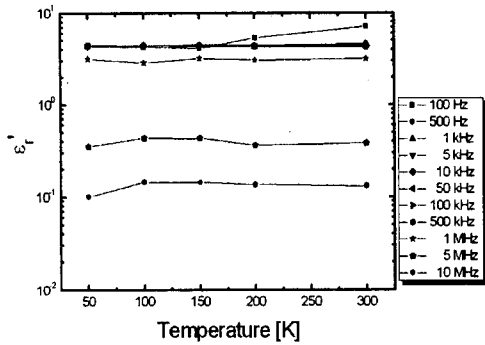


그림 1. Alq<sub>3</sub>(60nm)의 온도 변화에 따른 비유전율.

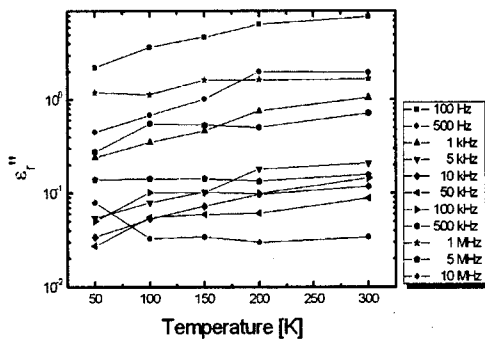
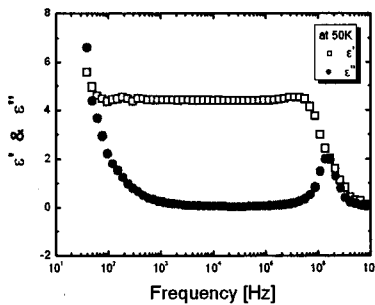
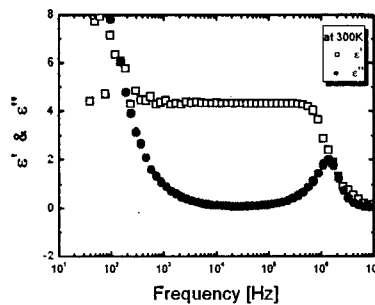


그림 2. Alq<sub>3</sub>(60nm)의 온도 변화에 따른 유전 손실.



(a)



(b)

그림 3. Alq<sub>3</sub>(60nm)의 온도에 따른 유전 분산과 흡수[3].

그림 2에서는 온도가 높을수록 낮은 주파수 영역에서

피크가 높은 주파수 영역으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 이는 계면 분극에 의한 현상으로 온도 증가에 따라서 전하주입 확률이 높아지는 것으로 예상할 수 있다. 또  $1.5 \times 10^6$ Hz 부근에서 나타난 피크는 배향 분극에 의한 유전 흡수로 온도의 변화에 대한 영향 없이 대부분 같은 주파수에서 나타나는 것을 볼 수 있다.

그림 3(a), (b)는 온도 변화에 따른 비유전율과 유전 손실을 도시한 것으로 유전 분산과 흡수를 명확하게 관찰할 수 있다.  $1.5 \times 10^6$ Hz에서 중첩되는 지점은 2.1의 값으로  $(\epsilon'_{\infty} - \epsilon'_{\infty})/2$ 과 거의 일치한다. 비유전율 특성 곡선에서는 계면에서의 전하주입 확률에 따른 분산, 즉 계면 분극의 영향을 일부 확인할 수 있다. 그리고 유전 손실 곡선을 통해서 발광 물질과 전극사이에서 일어나는 계면 분극에 의한 흡수 경우는 온도 증가에 따라 그 값이 커지며 발생 주파수가 고주파 영역으로 이동된다. 이것은 그림 3에서 온도 변화에 따라 유전 손실곡선의 이동으로 알 수 있다.

#### 4. 결론

- (1) 발광물질 Alq<sub>3</sub>의 온도에 따른 쌍극자 배향 분극에 의한 분산 주파수, 즉 원화 주파수  $f$ 의 범위는 온도와는 무관하게  $5 \times 10^5$  [Hz]에서  $10^7$  [Hz] 사이로 나타났는데 유전 분산과 흡수는 상호 상대적인 관계이기 때문에 같은 범위에서 유전 흡수 현상을 예상할 수 있다.
- (2) 온도 변화에 따른 발광 물질 Alq<sub>3</sub>의 쌍극자 배향 분극에 의한 유전 흡수는 주파수의 변화에 따라서 나타나지 않고, 낮은 주파수 영역에서 나타나는 계면 분극에 의한 유전 분산과 흡수는 온도가 증가 할수록 높은 주파수 영역으로 이동되는 것을 알 수 있다.
- (3) 계면 분극에 의한 분산과 흡수는 온도가 증가 할수록 그 값이 커지며 발생 주파수의 영역은 고주파로 이동된다는 것을 알 수 있고 쌍극자 배향 분극에 의한 유전 분산과 흡수는 물질고유의 값으로 온도 변화와 무관하게  $1.5 \times 10^6$  [Hz] 부근에서 2.1인 것을 확인할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R. H. Friend, P. I. Burn, and A. B. Holmes, "Light emitting diodes based on conjugated polymers", Nature, Vol. 347, pp. 539-541, 1990. Cailiao Xuebao, J. Inorg. Mater. Vol 12, p. 231, 1997.
- [2] S. K. Kim, D. H. Chung, H. S. Lee, H. N. Cho, J. W. Park, J. W. Hong, and T. W. Kim, "Temperature dependent electrical properties in ITO/Alq<sub>3</sub>/Al organic light-emitting diodes", Synth Metals, Vol. 137, pp. 1041-1042. 2003.
- [3] Yong-Cheul Oh, Joon-Ung Lee, "Dielectric Properties Depending on Bias Voltage in Organic Light-Emitting Diodes.", J. KIEEME, Vol. 18, No. 11, 2005.