

유기 발광 다이오드(ITO/Alq₃/Al)의 온도 변화에 따른 유전 특성

오용철, 이동규, 조춘남, 안준호, 정동화, 이성일*, 김귀열**, 김태완***
광운대학교, 충주대학교*, 한국기술교육대학교**, 홍익대학교***

Dielectric Properties Depending on Temperature in Organic Light-emitting Diodes(ITO/Alq₃/Al)

Y. C. Oh, D. K. Lee, J. H. Ahn, C. N. Cho, S. I. Lee*, G. Y. Kim**, T. W. Kim***

Kwangwoon Univ.,*Chungju Univ, **Korea Univ. of Technology and Education, ***Hongick Univ.

Abstract : We have investigated dielectric properties depending on temperature in organic light-emitting diodes using 8-hydroxyquinoline aluminum (Alq₃) as an electron transport and emissive material. We analyzed the dielectric properties of organic light-emitting diodes using characteristics of impedance. The Impedance characteristics was measured complex impedance Z and phase θ in the temperature range of 10 K to 300 K. 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, Alq₃, 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.

또한, 최근 디스플레이 분야에서 각광받는 유기 발광 다이오드의 연구가 발광 및 효율 등으로 제한적으로 연구되고 있어 기초 물성 및 전기전도 메커니즘에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다 [1].

따라서 본 연구에서는 ITO/Alq₃/Al 구조에서 대표적인 녹색 발광 유기물인 Alq₃의 온도 변화에 따른 유전 특성을 분석하고자 10K에서 300K 까지의 온도변화에 대하여 임피던스를 측정하였으며 임피던스 분석을 통해 유기발광 다이오드의 온도 의존성을 살펴볼 수 있었다 [2]-[4].

2. 실험

유기 발광 다이오드의 온도변화에 따른 유전 특성을 연구하기 위하여 ITO(170 nm)/Alq₃(150 nm)/Al(150 nm)의 구조로 소자를 제작하였다.

Anode 전극으로 사용된 기판(Indium-Tin-Oxide : ITO)은 삼성 코닝사에서 공급받은 것으로 염산과 질산을 3:1의 부피의 비로 혼합하여 전기절연 테이프를 이용하여 5 mm의 폭이 되도록 혼합증기로 patterning 하였다.

Alq₃와 Al은 베이스 압력 5×10^{-6} torr의 진공도에서 각각 열 증착시켰다. 발광 면적은 ITO 너비(5 mm)와 음극 너비(3 mm)의 곱으로 15 mm²이다.

유전 특성을 분석하기 위해서 제작된 시편은 Agilent사

의 Precision impedance analyzer 4294A를 이용하여 임피던스 크기 Z 와 위상 θ 를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도 변화에 따른 전기 전도도

그림 1은 ITO/Alq₃/Al에서 온도 변화에 따른 전기 전도도를 나타낸 그림이다. 전기 전도도는 $1/R_p$ 에 비례적으로 나타나기 때문에 저주파에서는 매우 높은 R_p 의 영향으로 매우 낮은 전기 전도도로 나타나며 고주파에서는 높은 전기 전도도를 보인다.

또 온도가 높을수록 전기 전도도는 높게 나타나는 일반적인 경향과 전체적으로 벌크내의 저항성분 R_p 가 감소하여 전기 전도도가 증가하는 현상과 일치하는 것을 알 수 있다. 그리고 4×10^4 Hz 이상에서 급격하게 증가하는 전기 전도도가 나타나는데, 주파수 증가에 따라 벌크내 저항이 급격히 감소하는 것에 따른 영향으로 보인다.

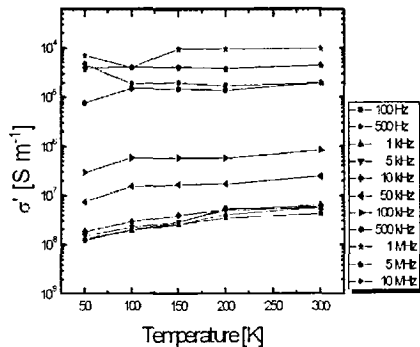


그림 1. ITO/Alq₃/Al의 온도 변화에 따른 실수부 전도도.

3.2 온도 변화에 따른 유전 특성 분석

그림 2는 ITO/Alq₃/Al에서 온도 변화에 따른 비유전율 특성곡선이다. 바이어스 전압이 증가함에 따라서 10⁵ Hz 이상의 주파수에서 비유전율 ε_r'이 서서히 감소하다가 5×10⁵ Hz에서부터 급격히 감소하는데 이를 유전 분산이라 한다. 이 주파수 범위에서는 발광물질 Alq₃ 내의 쌍극자들이 인가전계에 따라 분산이 일어나는 것으로 생각할 수 있다. 일반적으로 10² Hz이하의 주파수 범위에서 일어나는 계면 분극의 영향과 일치하는 모습이 그림에서 보인다.

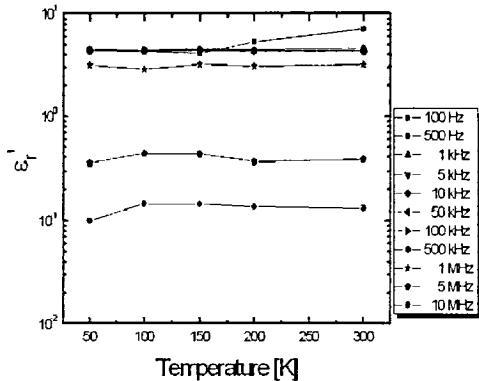


그림 2. ITO/Alq₃/Al의 온도 변화에 따른 비유전율.

발광물질 Alq₃의 온도에 따른 쌍극자 배향 분극에 의한 분산 주파수, 즉 완화 주파수 f_r의 범위는 온도와는 무관하게 5×10⁵ Hz에서 10⁷ Hz 사이로 나타났는데 유전 분산과 흡수는 상호 상대적인 관계이기 때문에 같은 범위에서 유전 흡수 현상을 예상할 수 있다.

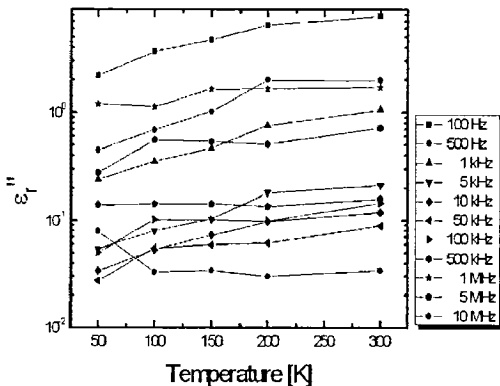


그림 3. ITO/Alq₃/Al의 온도 변화에 따른 유전 손실.

그림 3은 ITO/Alq₃/Al에서 온도 변화에 따른 유전 손실을 나타내고 있다. 이 그림에서 유전 손실은 산형(山形)으로 나타나는데 유전 손실이 최대가 되는 각주파수는 ω_m으로 주파수에 의한 유전 손실은 식 1로 나타낼 수 있으며, 유전 손실의 최대(유전 흡수는 식 2에 의해서 각각

주파수 1.5×10⁶ Hz, 유전 손실 2.1로 구해졌다.

$$\omega_m = \frac{1}{\tau_0} \quad f_m = \frac{1}{2\pi\tau_0} \quad (1)$$

$$\epsilon''_m = \frac{1}{2}(\epsilon_{r0} - \epsilon_{r\infty}) \quad (2)$$

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 1.5×10⁶ Hz 부근에서 나타난 피크는 배향 분극에 의한 유전 흡수로 온도의 변화에 대한 영향 없이 대부분 같은 주파수에서 나타나는 것을 볼 수 있다.

따라서 온도 변화에 따른 발광 물질 Alq₃의 유전 흡수 즉 쌍극자 배향 분극에 의한 유전 흡수는 주파수의 변화와 무관하고, 낮은 주파수 영역에서 나타나는 계면 분극에 의한 유전 분산과 흡수는 온도가 증가 할수록 높은 주파수 영역으로 이동되는 것을 알 수 있다.

4. 결론

1. 온도가 높을수록 전기 전도도는 높게 나타나는 일반적인 경향과 전체적으로 벌크내의 저항성분 R_b가 감소하여 전기 전도도가 증가하는 현상과 일치하는 것을 알 수 있다.
2. 4×10⁴ Hz 이상에서 급격하게 증가하는 전기 전도도가 나타나는데, 주파수 증가에 따라 벌크내 저항이 급격히 감소를 보인다.
1. 발광물질 Alq₃내에서의 쌍극자 배향 분극에 의한 유전 분산이 5×10⁵ Hz 에서 10⁷ Hz 온도와 무관하게 발생한다.
2. 온도 변화에 따른 발광 물질인 Alq₃의 유전 흡수는 온도 변화와 무관하고, 낮은 주파수 영역에서 나타나는 계면 분극에 의한 유전 분산과 흡수는 온도가 증가 할수록 높은 주파수 영역으로 이동되는 것을 알 수 있다.

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 and J.-U. Lee, "Electrical conduction mechanism in ITO/Alq₃/Al organic light-emitting diodes", Trans. EEM, Vol. 5, No. 1, p. 24, 2004.

[3] D.-G. Lee and J.-U. Lee, "Dynamic response of organic light-emitting diodes in ITO/Alq₃/Al structure", Trans. EEM, Vol. 6, No. 3, p. 115, 2005.

[4] E. Barsoukov and J. Ross Macdonald, "Impedance Spectroscopy-Theory, Experiment, and Applications", 2nd Eds, Wiley Inter-science, p. 8, 2005.