

온도변화에 따른 유기 발광 다이오드의 전기적 특성

이동규, 오용철, 조춘남, 김진사, 신철기*, 박건호**, 이성일***, 김충혁
광운대학교, *부천대학, **청강문화산업대학, ***국립충주대학교

Electrical Properties of Organic Light-Emitting Diode depending on Varied Temperature

D-K Lee, Y-C Oh, C-N Cho, J-S Kim, C-G Shin*, G-H Park**, S-I Lee***, C-H Kim
Kwangwoon Univ., Bucheon College*, Chungkang College of Culture and Industries**, Chungju National Univ.***

Abstract : We have investigated Electrical Properties of Organic Light-Emitting Diode depending on Varied Temperature using 8-hydroxyquinoline aluminum(Alq_3) as an electron transport and emissive material. We analyzed the electrical properties of organic light emitting diodes by impedance characteristics of ITO/ Alq_3 /Al. Impedance characteristics was measured complex impedance Z and phase θ in the frequency range of 40 Hz to 10^7 Hz. From these analyses, we are able to interpret electrical Properties of OLED depending on temperature.

Key Words : OLED,

1. 서론

최근 IT산업의 발전과 함께 정보의 전달 기능이 매우 중요시 되고 있다. 정보의 전달은 과거와는 달리 일반적인 Data들 마저도 시각화 하려하고 있기에 디스플레이 산업이 매우 빠르게 발전하고 있다. 이중 근래에 상용화를 실현하고 있는 유기 발광 다이오드는 매우 주목 받는 디스플레이산업의 하나이다. 따라서 본 논문에서는 유기 발광 다이오드에서 가장 대표적인 발광 물질인 Alq_3 를 임피던스 분석을 통해 소자의 전기적 특성을 파악하고 직류에서의 전하의 이동이 교류에서 온도에 의존성을 분석하고, 이에 따른 용량 성분의 분석을 통하여 전하들이 계면에서 축적되었음을 보여주고, ITO/ Alq_3 /Al 유기 발광 다이오드의 등가 회로 모형을 제안하고 이에 대한 분석을 통해 소자 내부를 구체적으로 파악하고자 한다.

2. 실험

본 연구를 위하여 유기 발광 다이오드를 ITO/ Alq_3 /Al의 구조로 제작하였다.

발광층으로 사용된 유기물 Alq_3 의 두께는 60nm로 베이스 압력 5×10^{-6} torr의 진공도에서 0.7 A/sec의 증착 속도로 각각 열 증착하여 제작하였다. 또한, Anode 전극으로 사용된 기판(Indium-Tin-Oxide : ITO)은 염산과 질산을 3:1의 부피의 비로 혼합하여 전기절연 테이프를 이용하여 5mm의 폭이 되도록 혼합증기로 patterning 하였다. Cathode로 사용된 Al은 베이스 압력 5×10^{-6} torr의 진공도에서 열 증착시켰다. 발광 면적은 anode로 사용된 ITO 너비(5mm)와 cathode로 사용된 Al의 너비(3mm)의 곱으로 15mm²이다.

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

3. 결과 및 검토

그림 1의 전류-전압 특성으로부터 5가지 서로 다른 전도현상이 일어남을 알 수 있다. 온도별 5가지의 전도현상이 일어나는 영역은 표 4-3에 정리 하였는데 고온에서는 부성특성이 나타나는 NDR 영역이 명확하게 보이나 저온으로 갈수록 부성특성이 나타나는 NDR 영역의 전압 범위가 축소되는 모습을 관찰할 수 있었다. 제 V영역인 터널링 영역에서 발광한다.

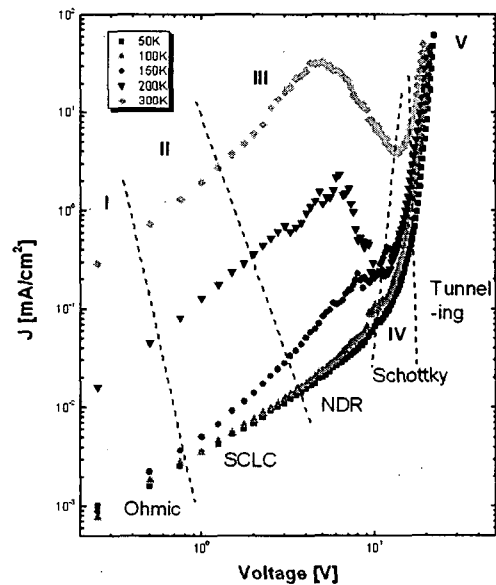


그림 1. OLED의 온도변화에 따른 전류밀도와 전압.

그림 2는 발광 물질의 두께 60nm일 때 온도 변화에 따른 임피던스의 변화를 도시한 것인데 10^4 Hz 이하의 주파수 영역에서 임피던스의 크기가 온도에 의존함을 알 수 있다.

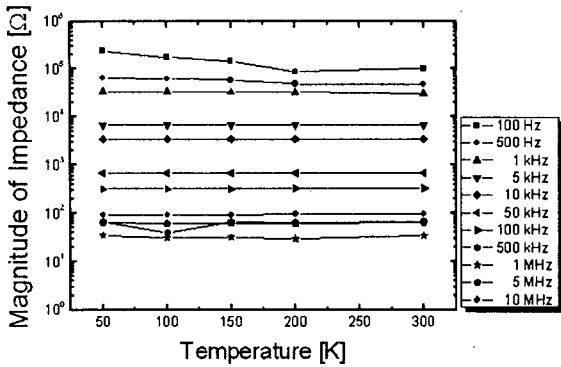


그림 2. OLED의 온도별 임피던스의 크기.

그림 3에서 온도가 높아질수록 계면에서의 전하주입 확률이 높아져 전하는 쉽게 소자로 주입되므로 일정 주파수까지는 저항성분을 포함하고 있으나, 일정 주파수에 이르면 용량성분에 의한 경향을 보인다. 또 일정 주파수를 지나게 되면 급격히 저항성분으로 위상이 변화하는 것을 볼 수 있다. 여기서 일정 주파수는 용량성분이 가장 크게 나타나는 주파수를 말하며, 이는 시정수 τ 로 표현된다.

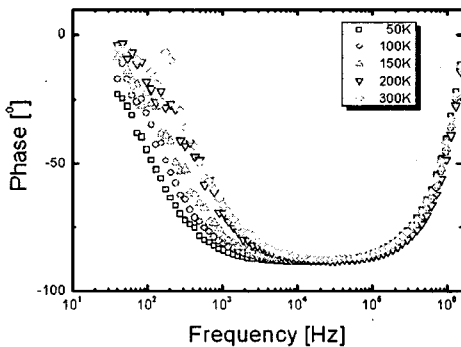


그림 3. OLED의 온도 변화에 따른 위상.

그림 4은 온도의 변화에 따른 Cole-Cole 반원을 나타내고 있다. 소자는 ITO/Alq₃(60nm)/Al 유기물 단층 소자로 등가회로 역시 하나의 직렬로 연결된 계면 저항과 저항성분-용량성분이 병렬로 연결된 벌크 저항으로 구성할 수 있었다. 60K일 때 원의 반지름은 약 150 [kΩ], 100 [K]는 약 100 [kΩ], 200 [K]일 때 약 60 [kΩ], 300 [K]일 때 40 [kΩ]으로 나타났고, 실수부의 크기가 대략 허수부의 2배가 되는 것을 알 수 있었다. 또한 낮은 주파수 영역에서 나타나는 찌그러짐은 발광 물질과 전극사이에서 나타나는 계면 분극에 의한 영향으로, 일반적으로 유전체는 낮은 주파수 영역에서 계면 분극이 나타난다는 사실과 잘 일치하고 있다.

또한 그림의 하단은 높은 주파수 영역을 확대하여 도시한 그림으로 원점에서 떨어진 x축 상에서 위치하는 점은 저항성분을 가리키며, 등가회로 해석을 통해 계면에서의 저항성분 R_s 로 표현할 수 있다.

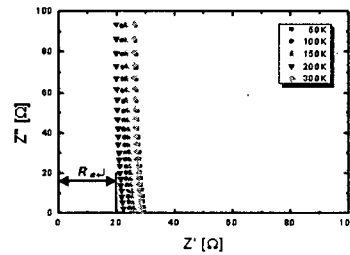
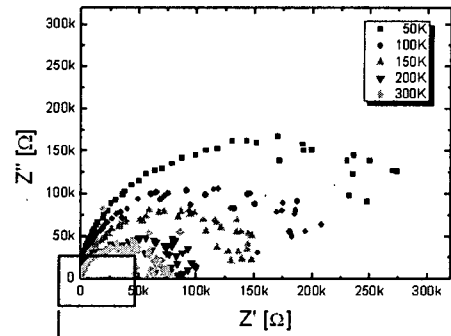


그림 4. OLED의 온도별 Cole-Cole 반원.

4. 결론

본 연구에서는 ITO/Alq₃(60nm)/Al를 이용하여 온도변화에 따른 전기적 특성을 실험하였다. 임피던스 크기와 위상을 측정하여 분석한 결과, 온도가 높아질수록 계면에서의 전하주입 확률이 높아져 전하는 쉽게 소자로 주입되므로 일정 주파수까지는 저항성분을 포함하고 있으나, 일정 주파수에 이르면 용량성분에 의한 경향을 보인다. 또 일정 주파수를 지나게 되면 급격히 저항성분으로 위상이 변화하는 것을 볼 수 있는데, 이는 계면에 전하가 축적되는 시간보다 주파수의 변화가 더 빠르게 나타나면서 용량성분의 감소가 나타나게 되어 계면에서의 저항성분만이 나타나 결과로 높은 주파수 영역에서 급격히 임피던스의 크기가 감소하는 원인이 된다.

여기서 일정 주파수는 용량성분이 가장 크게 나타나는 주파수를 말하며, 이는 시정수 τ 로 표현된다.

참고 문헌

- [1] Y. Li, J. Gao, G. Yu, Y. Cao, and A. J. Heeger, "ac impedance of polymer light-emitting electrochemical cells and light-emitting diodes: a comparative study", Chem. Phys. Lett. Vol. 287, pp. 83-88, 1998.
- [2] Dong-Gyu Lee, Joon-Ung Lee. "Dynamic Response of Organic Right-emitting Diodes in ITO/Alq₃/Al Structure", Trans. KIEEME, Vol. 6, No. 3, pp.115-118, 2005.
- [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.