

유기발광소자에서 정공주입층의 인가전압에 따른 유전특성

차기호, 이영환, 김원종, 이종용, *김귀열, 홍진웅
 광운대학교, *한국기술교육대학교

Dielectric properties depending on applied voltage of OLEDs with Hole Injection Layer

Ki-Ho Cha, Young-Hwan Lee, Won-Jong Kim, Jong-Yong Lee, *Gwi-Yeol Kim and Jin-Woong Hong
 Kwang-Woon University, *Korea University of Technology and Education

Abstract : We studied dielectric properties of OLEDs(Organic Light-emitting Diodes) depending on applied voltage (AC) of PTFE(Polytetrafluoroethylene), material of hole injection layer in structure of ITO/ hole injection layer (PTFE)/ emitting layer, Alq₃(Tris(8-hydroxyquinoline) Alumin)/ Al. PTFE is deposited 2 [nm] as rate of 0.2~0.3 [Å/s] and Alq₃ is deposited 100 [nm] as rate of 1.3~1.5 [Å/s] in high vacuum (5×10⁻⁶ [torr]). In result of these studies, we can know dielectric properties of OLEDs. Impedance is decreased depending on applied voltage variation, dielectric loss showed peak in specified voltage and showed cole-cole plot of a specimen.

Key Words : PTFE, OLED; Hole injection layer; Dielectric property; Impedance

1. 서 론

유기발광 소자는 구동전압이 낮고, 응답속도가 빠르고, 낮은 소비전력과 자체 발광, 넓은 시야각, 다양한 색상 구현 등의 장점으로 표시장치 분야로서 많은 관심을 받고 있다[1]. 유기발광 소자는 고휘도, 높은 효율이 요구되는데, 초기에 단결정 성장의 어려움과 높은 구동전압으로 인해 어려움이 많았으며, Kodak사의 Tang과 VanSlyke는 1987년에 이중층으로 제작한 유기 EL다이오드를 발표하였다. 1990년에 캠브리지 대학의 Friend 등은 PPV를 이용하여 녹색 고분자 LED에 대해서 발표하였다[2]. 이후로 고 효율과 안정적인 소자를 제작하기 위하여 전하의 주입과 수송 및 발광에 대한 메커니즘, 음 전극의 물질, ITO의 roughness에 대한 연구, 전극과 유기박막 사이의 계면 접촉과 buffer 층에 관한 연구, 높은 효율을 갖는 유기 발광 재료에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[3].

본 논문에서는 정공 주입물질인 PTFE를 삽입하여 유기 발광 소자에서 인가전압의 변화에 따른 유전 특성에 대하여 연구하였다[4].

2. 실험

시료는 15 [Ω/□]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 ITO 기판을 다음과 같이 patterning하여 사용하였다. 양극인 ITO 전극은 실온에서 염산(HCl)과 질산(HNO₃)을 3:1로 섞은 용액의 증기에 약 10-20분 정도 식각하였다. 식각된 ITO를 물에 세척하고, ITO 기판의 세척 과정은 클로로포름으로 50 [°C]에서 약 20분 정도 초음파 세척한다. 그 후에 과산화수소수, 암모니아수, 증류수를 부피비 1:1:5의 비율로 섞은 용액 속에 ITO를 넣고 약 80 [°C]의 온도에서 1시간 정도 가열한 후, 다시 클로로포름에 기판을 넣고

50 [°C]에서 약 20분간 초음파 세척을 한다. 그리고 마지막으로 증류수에서 약 20분 정도 초음파로 세척을 한 후, 열로 건조시킨다. 정공 주입 물질인 PTFE는 열 증착법을 이용하여 약 5×10⁻⁶ [Torr] 이하의 진공에서 0.1~0.2 [Å/s]의 비율로 박막을 제작하였으며, 발광 물질인 Alq₃는 1.3~1.5[Å/s]의 비율로 증착시켰고, 음극인 Al도 5×10⁻⁶ [Torr] 이하의 진공에서 증착시켰다. 측정은 HP 4284A precision LCR Meter를 이용하여 20 [Hz] ~ 1 [MHz]까지 주파수와 인가전압을 변화시켜 유전특성을 측정하였다.

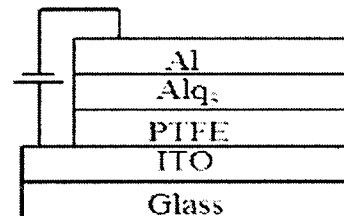


그림 1. 소자의 구조

Fig. 1 A Structure of specimen

3. 결과 및 고찰

그림 2는 주파수와 인가 전압변화에 따른 임피던스의 변화를 나타낸 것으로 주파수의 증가에 따라 임피던스가 급격하게 감소하다가 3 [kHz] 이상에서는 완만하게 감소하는 경향이 나타났다. 같은 주파수에서는 전압이 증가할수록 임피던스가 적게 나타남을 확인할 수 있었다. 특히 2×10³ [Hz]이하의 낮은 주파수 영역에서는 전압 의존특성이 크고, 주파수가 높아 갈수록 전압 의존특성이 적어지는 것을 확인하였다.

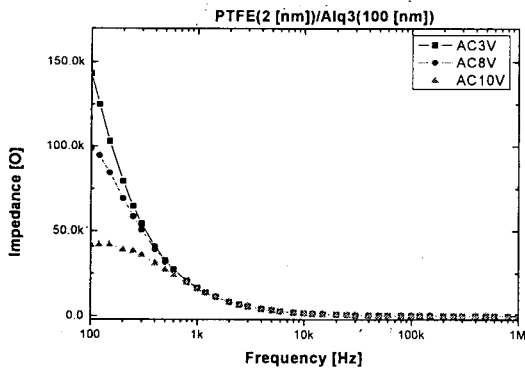


그림 2. 인가전압에 따른 임피던스
Fig. 2 Impedance depending on applied voltage

그림 3은 주파수와 인가전압 변화에 따른 유전손실을 나타낸 것으로 주파수 증가에 따라 유전손실은 급격히 감소하여 일정한 값을 나타내다가 100 [kHz] 이상에서는 다시 증가하는 경향이 나타났다. 3×10^4 [Hz]이하의 주파수에서는 AC 8 [V]일 때 유전손실이 가장 적음을 확인할 수 있었다. 이것은 정공과 전자가 재결합하여 발광하기 때문으로 사료되며, AC 3 [V]에서 보다 AC 10 [V]에서 유전손실이 적은 것은 AC 3 [V]에서는 정공과 전자의 재결합이 아직 이루어지지 않았고 AC 10 [V]는 재결합이 끝나지 않았기 때문으로 사료된다. 그러나, 3×10^4 [Hz] 이상에서는 전압에 상관없이 유전손실은 비슷한 값으로 수렴하는데 이것은 전압 의존특성보다 주파수 의존특성에 더 큰 영향을 받기 때문으로 사료된다.

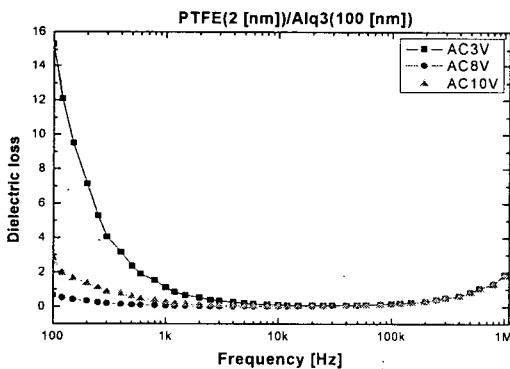


그림 3. 인가전압에 따른 유전손실
Fig. 3 Dielectric loss depending on applied voltage

그림 4는 전압 변화에 따른 소자의 임피던스를 cole-cole 원선도로 나타낸 것으로 전압이 높아질수록 반원은 작아짐을 확인하였다. 위 그림에서 X축은 실수부, Y축은 허수부를 나타내는데 저항 성분만 존재하는 회로에서는 cole-cole 반원은 실수축의 점으로 나타나고, 용량성 성분만이 존재하는 회로에서는 허수축과 평행한 수직선으로 표현되며, 저항 성분과 용량 성분이 같이 존재하는 회로

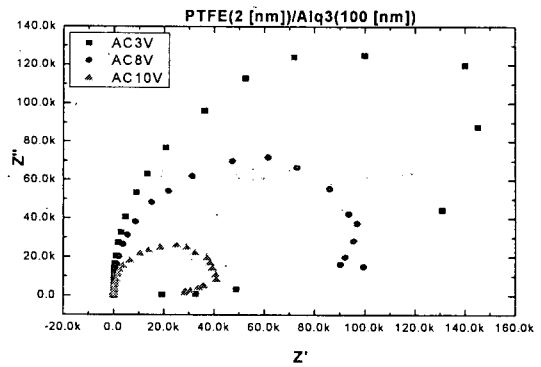


그림 4. 소자의 cole-cole 원선도
Fig. 4 cole-cole plot of specimen

에서 복소 임피던스는 그림 4와 같이 실수축 상에 중심을 갖는 반원의 형태를 보이게 된다.

4. 결론

ITO/PTFE/Alq3/Al 구조에서 인가전압에 따른 유전 특성을 조사한 결과 전압이 증가할수록 임피던스는 작아지고, 주파수 증가에 따른 임피던스의 감소는 커패시터의 주파수 의존특성으로 사료된다. 또한 저주파수 영역에서는 전압변화에 따라 위상차가 크게 나타나지만 고주파수 영역에서는 전압특성보다 절연특성의 기여로 위상차는 줄어든다. 특히 고주파수 영역에서의 정공주입층 재료 PTFE는 절연특성이 매우 우수하고 발광물질인 Alq3는 용량성 특성이 우수하기 때문에 주파수 증가에 따라 유전 손실은 감소함을 확인할 수 있었고, cole-cole 원선도는 인가전압이 증가함에 따라 직경이 작아짐을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Anna B. Chang, Mark A. Rothman, "Thin film encapsulated flexible organic electroluminescent displays", Appl. Phys. Lett., Vol. 83, No. 3, pp. 413, 2003.
- [2] R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Logdlund, and W. R. Sanraneck, "Electroluminescence in conjugated polymer" Nature, Vol. 397, pp. 121-128, 1999.
- [3] C. Jiang, W. Yang, J. Peng, S. Xiao and Y. Caoet, "High-efficiency, saturated red-phosphorescent polymer lighting diodes based on conjugated and non-conjugated polymers doped with an complex", Advanced Materials, Vol. 16. No. 6, pp. 537-541, 2004.
- [4] W.D. Liu, J.W. Spencer, J.K. Wood, J.J. Chaaoui and G.R. Jones "Effect of PTFE dielectric properties on high voltage reactor load switching.". IEE Proc-sci. meas. Technol. Vol. 3, pp. 195-200, 1996.