

OLED용 정공주입층(AF)의 유전특성

이영환, 이강원, 신종열*, 김태완**, 이충호***, 홍진웅
 광운대학교, *삼육대학교, **홍익대학교, ***충주대학교

Dielectric Properties of the Hole Injection Layer(AF) for OLEDs

Young-Hwan Lee, Kang-Won Lee, Jong-Yeol Shin*, Tae-Wan Kim**, Chung-Ho Lee*** and Jin-Woong Hong
 Kwangwoon University, *Sahmyook University, **Hongik University, ***Chungju University

Abstract : We studied dielectric properties of Organic Light-emitting Diodes(OLEDs) depending on applied voltage of AF(Amorphous Polytetrafluoroethylene), material of hole injection layer in structure of ITO/hole injection layer (AF)/Al. AF is deposited 5 [nm] as deposition rate of 0.1~0.2 [$\text{\AA}/\text{s}$] in high vacuum of 5×10^{-6} [Torr]. In result of these studies, we can know dielectric properties of OLEDs. The impedance decreases as the applied voltage increases and the Cole-Cole plots of devices are decreases as the applied voltage increases.

Key Words : OLED, Hole Injection Layer, Dielectric Properties, Cole-Cole

1. 서 론

유기발광 소자는 응답속도가 빠르고, 낮은 소비전력과 자체 발광, 넓은 시야각, 다양한 색상 구현 등의 장점으로 표시장치 분야로서 많은 관심을 받고 있다. 유기발광 소자는 고휘도, 높은 효율이 요구되는데, 초기에 단결정 성장의 어려움과 높은 구동전압으로 인해 어려움이 많았으며, Kodak사의 Tang과 VanSlyke는 1987년에 이중층으로 제작한 유기 EL 다이오드를 발표한 이후 지속적인 발전이 있었다[1]. 1990년에 캠브리지 대학의 Friend 등은 PPV를 이용하여 녹색 고분자 LED에 대해서 발표하였다[2]. 이후로 발광 특성 개선, 고효율, 수명 연장과 안정적인 소자를 제작하기 위하여 전하의 주입과 수송 및 발광에 대한 메커니즘, 음전극 물질, ITO의 표면 거칠기에 대한 연구, 전극과 유기박막 사이의 계면 접촉과 buffer 층에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[3].

본 논문에서는 유기발광 소자의 발광 메커니즘을 보다 확실하게 이해하기 위하여 정공 주입물질인 불소계 수지의 AF를 유기발광 소자에서 인가전압의 변화에 따른 유전특성에 대하여 연구한 결과를 보고한다.

2. 실험

ITO 시료는 15 [Ω/\square]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 기판을 patterning하여 사용하였다. 양극인 ITO 전극은 실온에서 염산(HCl)과 질산(HNO_3)을 3:1로 섞은 용액의 증기에 약 10 ~ 20분 정도 식각하였다. 식각된 ITO를 물로 세척하고, 클로로포름으로 50 [$^{\circ}\text{C}$]에서 약 20분 정도 초음파 세척한다. 그 후에 과산화수소수, 암모니아수, 증류수를 부피비 1:1:5의 비율로 섞은 용액 속에 ITO를 넣고 약 80 [$^{\circ}\text{C}$]의 온도에서 1시간 정도 가열한 후, 다시 클로로포름에 기판을 넣고 50 [$^{\circ}\text{C}$]에서 약 20분간 초음파 세척을 한다. 그리고 마지막으로 증류수에서 약 20분 정도

초음파로 세척한 후 열로 건조시킨다. 정공 주입 물질인 AF는 열 증착법을 이용하여 약 5×10^{-6} [Torr] 이하의 진공에서 0.1~0.2 [$\text{\AA}/\text{s}$]의 속도로 증착하여 제작하였고, 음극 물질은 순도 99.9% 이상의 알루미늄을 사용하여 진공에서 증착시켰다. 측정은 HP 4284A precision LCR Meter를 이용하여 주파수 범위 20 [Hz] ~ 1 [MHz]에서 인가전압은 AC 1 [V]를 인가하고 DC 전압을 1~5 [V]로 변화시키면서 유전특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 인가전압 변화에 따른 임피던스의 주파수 의존특성을 나타낸 것으로 10 [kHz]를 경계로 저주파수 영역에서는 거의 일정하지만 고주파수 영역에서는 매우 급하게 감소함을 확인하였고 100 [kHz] 이상에서는 일정한 경향이 나타났다. 동일한 주파수에서는 전압이 증가할수록 임피던스가 낮게 나타남을 확인할 수 있었다. 주파수가 10 [kHz]이하의 저주파수 영역에서는 전압 의존특성이 크게 나타났으며, 주파수가 커질수록 전압 의존특성이 작

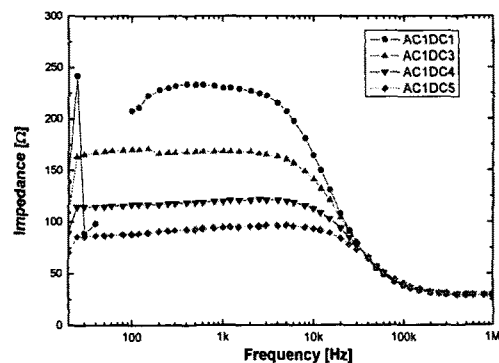


그림 1. 주파수 변화에 따른 임피던스

아저서 거의 같은 값을 나타내는 것을 확인하였다.

그림 2는 인가전압 변화에 따른 위상각의 주파수 의존 특성을 나타낸 것으로 주파수가 증가함에 따라 위상각도 서서히 감소하다가 1 [kHz] 이상에서는 급격하게 감소하였다. 또한, 인가전압이 증가하면 위상각의 최소값은 증가하면서 고주파수 영역으로 이동함을 확인하였다. 이는 RC 병렬회로가 저항성 회로로 되는데 이것은 주파수가 높아짐에 따라 용량 성분이 감소하기 때문으로 사료된다.

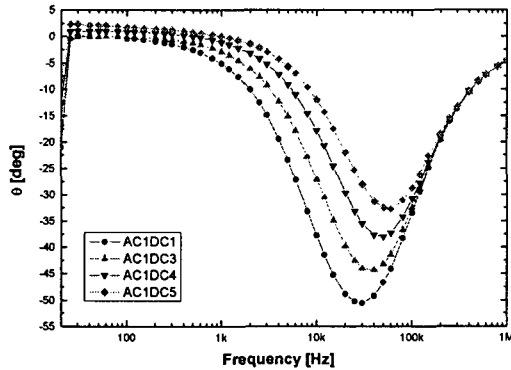


그림 2. 주파수 변화에 따른 위상각

그림 3은 전압 변화에 따른 소자의 임피던스를 Cole-Cole 원선도로 나타낸 것으로 Z' 축과 Z'' 축은 각각 임피던스의 실수부와 허수부를 나타낸다. 인가전압이 높아질수록 반원의 크기는 작아짐을 확인하였다. 저항 성분만 존재하는 회로에서는 Cole-Cole 반원은 실수축으로 나타나고, 용량성 성분만이 존재하는 회로에서는 허수축과 평행한 수직선으로 표현되며, 저항 성분과 용량성 성분이 같이 존재하는 회로에서 복소 임피던스는 그림 3과 같이 실수축 상에 중심을 갖는 반원의 형태로 나타나게 된다.

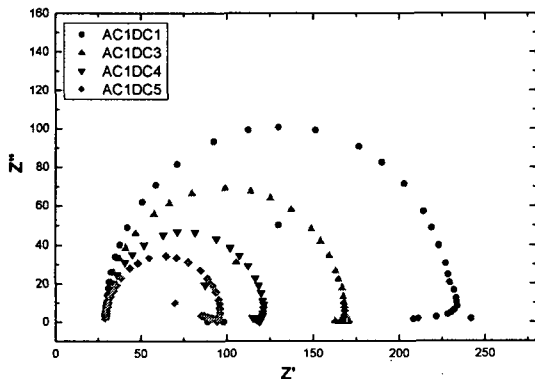


그림 3. 인가전압에 따른 Cole-Cole 원선도

Cole-Cole 원선도는 원의 방정식을 이용하여 식 (1)과 같이 나타낼 수 있는데, Z_{r0} 와 $Z_{r\infty}$ 는 각각 Z' 축과 만나는 점의 값이다. 표 1은 인가전압 변화에 따른 Cole-Cole 원선도의 중심과 반경을 나타낸 것이다.

$$(Z' - x)^2 + (Z'' - y)^2 = \left(\frac{Z_{r0} - Z_{r\infty}}{2} \operatorname{cosec} \frac{\beta\pi}{2} \right)^2 \quad (1)$$

표 1. Cole-Cole 원선도의 중심과 반경

classification	x	y	radius
AC1 DC1	131.5	-3	103.5
AC1 DC3	99.5	-2	71
AC1 DC4	75.9	-1.1	47.2
AC1 DC5	63.8	-0.5	34.6

그림 4는 Cole-Cole 원선도의 측정값과 추정값을 나타낸 것으로, 인가전압의 증가에 따라 원의 중심은 왼쪽과 아래쪽으로 이동하였고, 반경은 감소하였다.

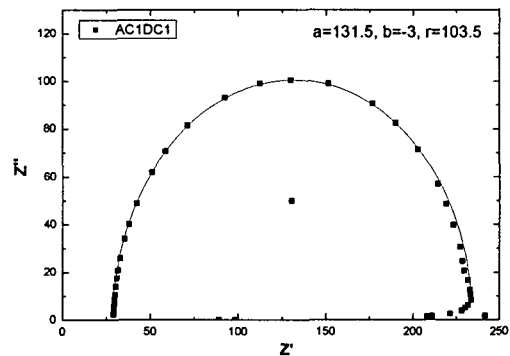


그림 4. Cole-Cole 원선도의 측정값과 추정값

4. 결론

ITO/PTFE/Al 구조에서 인가전압에 따른 유전 특성을 조사한 결과 전압이 증가할수록 임피던스는 작아지고, 주파수 증가에 따른 임피던스의 감소는 커패시턴스의 주파수 의존특성으로 사료된다. 또한 저주파수 영역에서는 전압 변화에 따라 위상차가 크게 나타나지만 고주파수 영역에서는 전압특성보다 절연특성의 기여로 위상차는 줄어든다. 특히 고주파수 영역에서의 정공주입층 재료 AF는 절연특성이 매우 우수하기 때문에 주파수 증가에 따라 유전 손실은 감소함을 확인할 수 있었고, 임피던스를 실수부와 허수부로 나타내는 Cole-Cole 원선도에서는 인가전압이 증가함에 따라 반경이 작아짐을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett. 51, p.913, 1987.
- [2] J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackey, R. H. Friend, P. L. Burns, A. B. Holmes, Nature, 347, p.539, 1990.
- [3] Y. H. Lee, W. J. Kim, T. Y. Kim, J. Jung, J. Y. Lee, H. D. Park, T. W. Kim, and J. W. Hong, Curr. Appl. Phys. 7, p.409, 2007.