

임피던스 분석법을 이용한 유기발광 다이오드의 전기적 특성 분석

박재일, 박형준, 남은경*, 정동근*, 이준신
성균관대학교 정보통신공학부, 성균관대학교 물리학과*

Electrical property analysis of Organic Light Emitting Diodes using impedance spectroscopy

Jae-Il Park, Hyun-Jun Park, Eun-Kyung Nam*, Dong-Geun Jung* and J. Yi

School of information and communication engineering, Sungkyunkwan University

Department of physics, Institute of Basic Science, and Brain 21 Physics Research Division, Sungkyunkwan University*

Abstract : In this work, enhanced simulation is proposed by using impedance spectroscopy. The impedance spectroscopy is one of the popular methods to measure the electrical property of Organic Light Emitting Diodes. The results show that the equivalent circuit needs a inductance element linked by serial connection and the element of resistance is more important role to decide the electrical property.

Key Words : Impedance spectroscopy, Equivalent circuit, OLEDs, Inductance

1. 서 론

유기발광 소자는 새로운 평판 디스플레이로 주목을 받고 있다. 하지만 아직 소자 내부의 동작 특성을 명확히 규명하지 못하고 여러 방법으로 계속 연구 중에 있다. 여기서는 OLED 소자에 대한 전기적 특성을 임피던스 측정법으로 규명하고 시뮬레이션을 통해 검증해 보았다.

2. 실험

본 연구에서는 ITO가 코팅된 유리 기판을 질산과 염산을 3:1비율로 섞은 왕수를 이용해 식각하고 클리닝 공정을 거쳐 이용하였다. 열 증기 증착 장비를 사용하여 약 3×10^{-6} torr에서 TPD (28 nm), Alq₃ (32 nm), Al (80 nm)을 증착하였다(그림 1). 소자의 특성을 측정하기 위한 실험은 Keithley 2400 SMU electrometer, Keithley 485 picoameter 와 Oriel 71609 Silicon photodiode를 이용해 측정하였다. 임피던스 특성은 LF 4192A impedance analyzer를 이용하여 주파수를 가변하면서 측정하였다. 측정신호는 진폭 50 mV 주파수를 5 Hz에서 10 MHz까지 그리고 DC전압을 0~8 V까지 가변하며 전기적 특성을 살펴보았다.

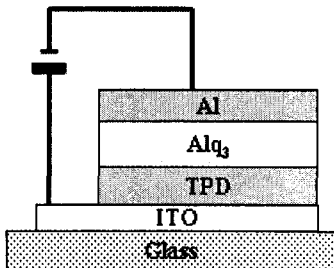


그림 1. 유기발광 소자의 구조

3. 결과 및 검토

그림 2는 OLED소자를 등가회로로 나타내고 가변 주파수에 따른 임피던스 값을 보여준다. 고주파 영역에서 임피던스와 위상의 실제 값과 시뮬레이션이 일치하지 않는다. 이를 보완하기 위해 등가회로에 측정 시 발생하는 직렬 인덕턴스 값을 추가하여 시뮬레이션 해본 결과 그림 2와 같이 실제 값과 시뮬레이션이 일치함을 알 수가 있다 [1].

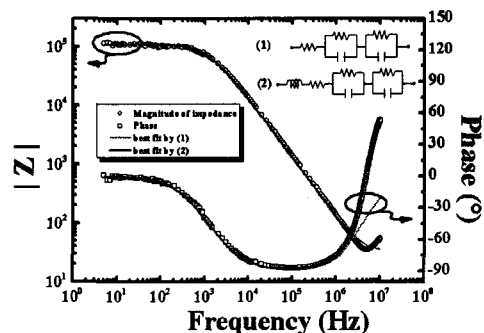


그림 2. 소자의 임피던스와 위상의 시뮬레이션

그림 3은 개선된 등가회로 모델을 나타낸 것이다. 여기서 R_s는 접촉저항으로 크게 작용하는 요소는 ITO와 유기물 사이의 저항이다. R_p, C_p는 각각 유기물의 저항값, 유기물의 커패시턴스 값이다[2]. 여기서 주목해야 할 성분은 L_s인데 이는 직렬 인덕턴스 값이다. 아래 등가회로 모델은 이중층 모델로써 단일층 소자에서의 값을 이용하여 구성된 것이다.

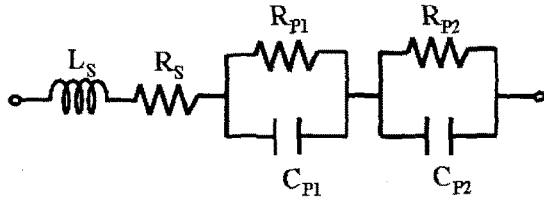


그림 3. 개선된 이중 등가회로 모델

표 1은 OLED 소자를 위의 등가회로 모델로 분석 했을 때 각 전압별 등가회로 성분들의 값을 나타 낸 것이다. 이 값들을 토대로 그래프로 그려보면 그림 4와 같다.

표 1. 등가회로 전기적 특성 실험 조건

Voltage (V)	$R_s(\Omega)$	$R_{p1}(\Omega)$	$C_{p1}(nF)$	$R_{p2}(\Omega)$	$C_{p2}(nF)$	$L_s(nH)$
0	32.44	392000	2.812	165000	2.240	927
2	32.65	193220	2.853	62760	2.160	826
4	32.65	71890	2.869	34340	2.21	971
6	32.61	48630	2.910	30760	2.21	943
8	34.75	15900	2.970	11000	2.203	861

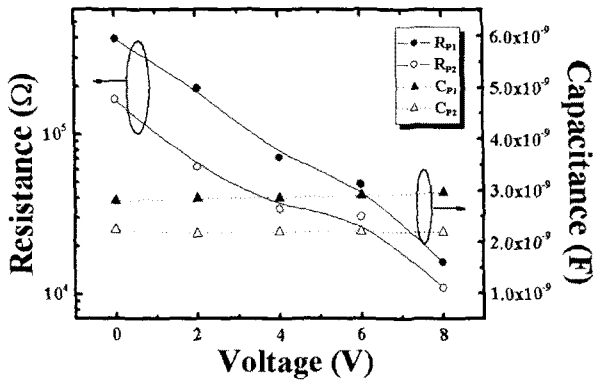


그림 4. 등가회로 성분의 전기적 특성

그림 4는 등가회로 성분의 전기적인 특성을 알아본 것이다. 이를 통해 각 전압별 커패시턴스 값은 변화가 거의 없음에 비해 저항 값은 전압에 따라 크게 변하는 것을 볼 수 있다[3]. 그림 4에 대한 결과를 보다 자세하게 분석하기 위해 각각의 저항 값과 커패시턴스 값에 인가하는 전압을 변화시키며 변화되는 주파수에 대해 어떤 결과가 나오는지 알아본 결과가 그림 5이다. 그림 4와 5를 보면 커패시턴스 값은 인가시키는 주파수가 변화함에 따라 거의 영향이 없지만 저항의 역수인 컨덕턴스 값은 반대로 그렇지 않고 전압의 변화에 민감하다.

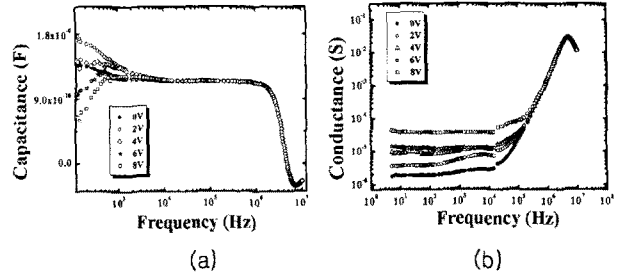


그림 5. 전압에 따른 소자의 (a) 커패시턴스 와 (b) 컨덕턴스

그림 6은 임피던스 Cole-Cole plot으로 시뮬레이션 한 것이다. 이를 보면 임피던스 Cole-Cole plot과 시뮬레이션한 값이 잘 맞음을 알 수 있다. 그리하여 앞서 제시한 개선된 등가회로 모델의 적합성을 검증해 볼 수 있다.

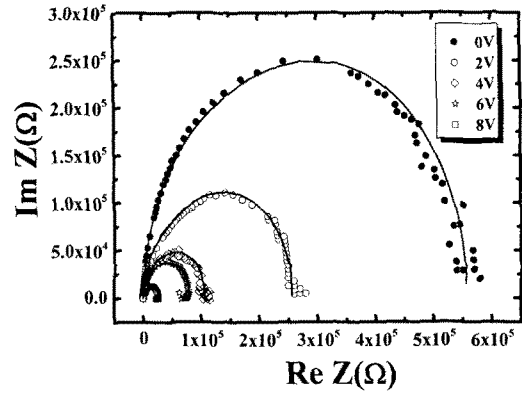


그림 6. 소자의 임피던스 Cole-Cole plot과 시뮬레이션

4. 결 론

본 연구에서는 OLED 소자의 전기적 특성을 분석하기 위해 등가 회로 모델을 사용하였다. 다층 구조의 등가 회로 모델에 직렬 인덕턴스를 추가한 모델을 예상해 보았다. 그리고 이를 시뮬레이션 하고 실제 측정값과 맞추어 봄으로써 등가 회로 모델의 적합성을 검증하였고 더 정확한 시뮬레이션 모델을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] M.C. Petty, C. Pearson, A.P. Monkman, R. Casalini, S. Capaccioli, and J. Nagel, Colloids and Surfaces A, Vol. 171, p 159, 2000
- [2] J. R. Macdonald, "Impedance Spectroscopy", John Wiley & Sons, p 17, 1987
- [3] S. H. Kim, K. H. Choi, H. M. Lee, D. H. Hwang, L. M. Do, H. Y. Chu, and T. H. Zyung, Vol. 82, No 2, p 305, 1999