

OLED 정공 수송층 재료 TPD의 온도 및 전압에 따른 유전특성

최현민, 김원중, 김귀열*, 박희두**, 홍진웅
 광운대학교, *한양대학교, **강원대학교

Abstract : We have investigated dielectric properties depending on temperature and voltage in organic light-emitting diodes using N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-biphenyl)-4,4'-di-amine (TPD) as an hole transport. We analyzed the Cole-Cole plot of TPD. When the voltage is over 3 V, we found that a radius of Cole-Cole plot and β increase as the temperature increases to 65 °C. However, as the over the 65 °C, those values decrease. Also, when the voltage is below 3 V, a radius of cole-cole plot and β increase with the increased temperature.

Key Words : Cole-Cole plot, Dielectric properties, Organic light-emitting diodes, TPD, Dependence of temperature

1. 서 론

본 논문에서는 다층 OLED에 사용되는 TPD의 유전특성을 고찰하였다. 유전체란 물체에 정전계를 인가하였을 경우 유전분극 현상이 일어나는 물질을 말하며 이러한 특성을 통하여 분극 특성과 전기 전도 특성을 설명할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 정공 수송층 재료인 TPD를 이용한 소자의 온도 및 주파수에 따른 유전 특성을 고찰하였다.

2. 실험

OLED 정공 수송층 재료 TPD의 온도 및 전압에 따른 유전 특성을 연구하기 위하여 ITO/TPD/AI의 구조로 소자를 제작하였다. 소자는 Oven (ANDO)와 LCR METER (HP)를 사용하여 측정하였고, 유전특성 분석은 Lab view software를 이용하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 ITO/TPD/AI 단층 구조에서 정공 수송층 물질로 사용되는 TPD의 주파수에 따른 온도 의존성에 대한 유전특성을 Cole-Cole원선도 나타내었다.

$$\begin{aligned}
 R_T &= R_1 + R_2 \\
 Z_{eq} &= R_T + \frac{R_p}{1 + j\omega C_p \cdot R_p} \\
 &= Z' - jZ'' = Z \cos \theta - jZ \sin \theta
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

표 1. 허수부 최대값과 손실 최대 주파수

Voltage [V] Temp. [°C]	허수부 최대값 [Ω]			손실 최대주파수 [kHz]		
	0.5	3	5	0.5	3	5
RT	57	37.41	41	120	120	200
50	69	110	71	80	50	80
65	120	125	81	50	40	60
80	151	142	8	40	40	1000

식 (1)은 정공 수송층 재료 TPD의 계면 저항 R_1 과 저항 성분 R_2 에서 R_2 는 저항(R_p)과 커패시터(C_p)가 병렬로 연결되어 있는 상태로 해석할 수 있고 이를 Z_{eq} 에 관한 식으로 나타내었다.

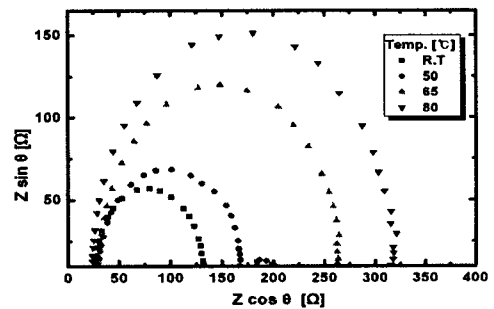


그림 1. 온도 변화에 따른 TPD의 Cole-Cole 원선도.

온도가 높아질수록 반경은 넓어졌고 주파수가 높아지면 RC 병렬회로에서 커패시터(C_p)에 의한 리액턴스가 감소하게 되어, RC 병렬회로는 직렬 회로가 되면서 전체 임피던스도 같이 줄어들게 되어 결국 계면 저항 (R_1) 값에 근접으로 사료된다. 표 1은 허수부 $Z \sin \theta$ 가 최대가 되는 주파수와 허수부 최대값을 온도변화에 따라 정리하였다. 허수부 최대값은 온도가 상승에 따라 증가하였고, 또한 최대 손실 주파수는 최대값과는 반대로 감소함을 확인하였다. TPD의 유리 전이 온도 (T_g) 약 60 [°C]로 낮은 온도로 인해 높은 온도에서 불안정성을 보이는 것으로 사료된다. 실제 실험에서도 65 [°C]를 초과하면 변화 폭이 커지는 것을 확인하였다.

4. 결론

정공 수송 재료 TPD의 Cole-Cole 원선도를 분석한 결과 계면 저항은 약 29 [Ω]을 확인하였으며 유리 전이 온도를 초과하면 유동성을 보이는 것을 확인하였다. 3 [V] 이하의 전압에서는 65 [°C] 초과 영역에서는 허수부 최대값은 감소하였고 손실 최대 주파수는 증가하였다. 또한 Cole-Cole 원선도의 반경은 3 [V] 이하에서는 온도의 상승과 함께 증가하였고 3 [V] 초과하면 65 [°C]를 기준으로 이하의 영역에서는 증가하였지만, 65 [°C] 초과 영역에서는 급격히 감소함을 확인하였다.

참고 문헌

[1] C. Giebeler, H. Antoniadis, and Y. Shirota, "Influence of the hole transport layer on the performance of organic light-emitting diodes" J. Appl. Phys, Vol. 85, p608, 1999