

정공 수송층 두께 변화에 따른 OLED의 유전 특성

차기호, 이영환, 김원중, 조경순, 신종열*, 홍진웅
광운대학교, 상육대학교*

Dielectric Properties in OLED depending on Thickness Variation of Hole Injection Layer

Ki-Ho Cha, Young-Hwan Lee, Weon-Jong Kim, Kyung-Soon Cho, Jong-Yeol Shin* and Jin-Woong Hong
Kwangwoon University, Sahmyook University*

Abstract : ITO/ polytetrafluorethylene (PTFE)/ Tris(8-hydroxyquinolino Aluminum (Alq₃)/ Al 구조에서 정공 수송층 PTFE의 두께 변화에 따른 유전특성은 HP 4284A precision LCR Meter를 이용하여 주파수에 따른 임피던스와 위상각, 유전손실, 그리고 커패시턴스를 측정하였다. 측정 결과 PTFE의 두께가 증가할수록 임피던스 값은 증가하고, 위상각은 저주파수 영역에서는 두께가 증가할수록 감소하다가 고주파수 영역에서는 거의 같아지는 것을 확인하였다. 또한, 유전손실도 저주파수 영역에서는 정공 수송층이 증가할수록 감소하다가 고주파수 영역에서는 거의 같아졌고, 커패시턴스는 PTFE의 두께가 증가함에 따라 작아지고 주파수가 높아질수록 감소함을 확인하였다.

Key Words : OLED, Thickness, Dielectric property, Impedance, PTFE, Hole Injection Layer

1. 서 론

1987년 Tang과 VanSlyke가 저분자인 N,N'-diphenyl-N,N'-(m-tolyl)-benzidine (TPD)와 Alq₃를 이용한 다층구조로 낮은 전압에서 녹색 발광을 처음으로 얻었다[1]. 1990년 캠브리지 대학교의 Friend가 최초로 π공역 고분자인 (phenylenevinylene) PPV를 이용하여 스피ن 코팅방법으로 고분자 녹색 발광을 처음으로 얻었다. 그 후, OLEDs(Organic light-emitting diodes) 디스플레이 소자는 천연색 구현, 낮은 동작 전압, 긴 수명, 안정적인 동작 파라미터, 고 휘도, 높은 효율인 반면에[2-4] 짧은 수명, 낮은 캐리어 이동, 높은 계면 장벽 등 여전히 문제점들이 있다. 따라서 주입 매커니즘, 이동 매커니즘, 재결합 과정 등이 유기 발광 소자에서는 매우 중요한 원인이 된다. 본 논문에서는 정공 수송층 PTFE 두께를 변화시켜 주파수에 의존하는 임피던스 특성의 변화를 알아보고자 한다.

2. 실험

시료는 양(+)/극으로는 S. Co의 15 [Ω/□]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 인듐-주석-산화물(Indium-Tin-Oxide: 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. 이때, ITO와 용액과의 거리는 약 1 [cm]이며, 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 교반 세척을 한 후, 열

로 건조시킨다. 정공 수송층 PTFE는 열 증착법을 이용하여 0.1 [Å/s]의 비율로 약 5×10⁻⁶ [Torr] 정도의 진공도에서 박막을 제작하였으며, 발광층 Alq₃는 1.3-1.5 [Å/s]의 비율로 증착시켰고, 음극도 5×10⁻⁶ [Torr] 정도의 진공도에서 증착시켰다. 고분자 물질인 PTFE의 두께 변화에 따른 주파수를 20 [Hz]~ 1 [MHz]까지 변화시켜 측정하였다. 임피던스 측정은 HP 4284A precision LCR Meter를 이용하였다. 정공 수송층 PTFE 두께를 각각 1 [nm], 2 [nm], 3 [nm]로 변화시켜 임피던스 특성 변화[5]를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 정공 수송층 PTFE 두께 변화에 따른 임피던스의 주파수 의존특성으로 같은 조건에서 두께가 증가할수록 임피던스가 증가됨을 확인할 수 있다. 특히 낮은 주파수영역에서는 두께의존 특성이 크고 주파수가 높아갈수록 값이 적어지는 것을 확인하였다.

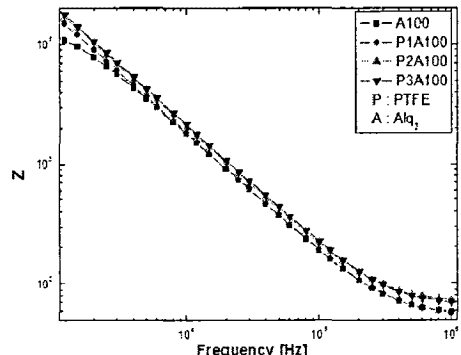


그림 1. PTFE 두께에 따른 임피던스 특성

Fig. 1 Impedance properties depending on thickness of PTFE

그림 2는 주파수와 정공 수송층 PTFE의 두께 변화에 따른 위상각을 나타내고 있다. 주파수가 같은 조건에서 두께가 증가할수록 위상각은 적어지고 두께의존성이 강함을 확인할 수 있다. 위상각은 저주파수 영역에서는 분산을 보이다가, 고주파수 영역으로 갈수록 분산이 적어지면서 점차 증가한다.

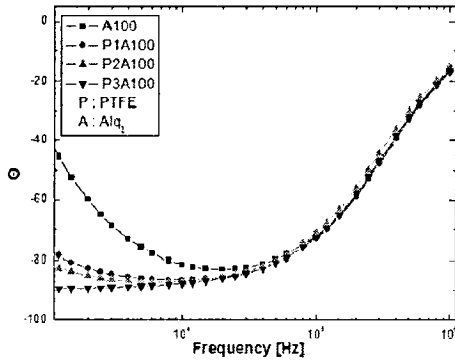


그림 2. PTFE 두께와 주파수에 따른 위상각
Fig. 2 Phases depending on thickness of PTFE and Frequency

그림 3은 주파수와 정공 수송층 PTFE의 두께 변화에 따른 유전손실을 나타낸 것으로 같은 조건에서 유전손실은 두께가 증가할수록 감소함을 확인할 수 있다. 저주파수 영역에서 유전손실은 감소하지만, 고주파수 영역으로 갈수록 점차 증가한다.

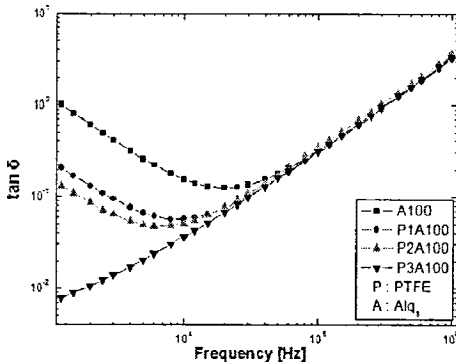


그림 3. PTFE 두께와 주파수에 따른 유전손실
Fig. 3 Dielectric loss depending on thickness of PTFE and Frequency

그림 4는 주파수와 PTFE의 두께 변화에 따른 커패시턴스의 주파수 특성을 나타낸 것으로 같은 조건에서 두께가 증가함에 따라 커패시턴스는 작아짐을 확인할 수 있다. 커패시턴스는 낮은 주파수 영역에서는 거의 일정한 값을 유지하다가 10^5 [Hz]의 주파수 부근에서 점차 감소한다.

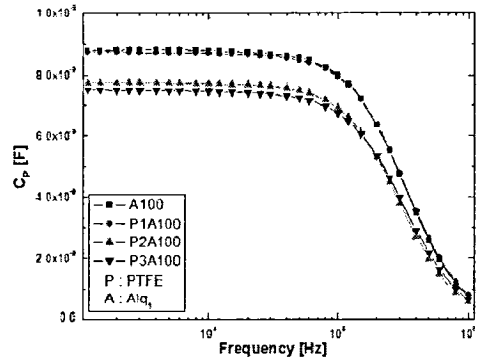


그림 4. PTFE 두께와 주파수에 따른 커패시턴스의 특성
Fig. 4 Capacitance's properties depending on thickness of PTFE and Frequency

4. 결론

ITO/PTFE/Alq₃/Al 구조에서 정공 수송층의 두께 변화에 따른 임피던스 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

PTFE의 두께가 증가할수록 임피던스 값은 증가하고, 위상각, 유전손실, 그리고 커패시턴스의 값은 감소하는 것을 확인하였다.

특히, 커패시턴스는 주파수가 높아짐에도 거의 일정한 값을 유지하다가 10^5 [Hz] 주파수 부근에서부터 점차 감소했다. 또한 임피던스는 10^5 [Hz] 주파수 부근에서부터 감소하였고, 위상각과 유전손실은 10^5 [Hz] 주파수 부근에서부터 점차 증가됨을 확인했다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic Electroluminescent Diode", Appl. Phys Lett. Vol. 51, p 913, 1987.
- [2] Ananth Dodabalapur, Dodabalapur, "Organic Light Emitting Diode" Solid State Commun. 102, 259, 1997.
- [3] N. C. Greenham and R. H. Friend, "Semiconductor Device Physics of Conjugated Polymer", in Solid State, Physics (Ed.s H. Ehrenreich and F. Spaepen) 49, pp1-149 1995.
- [4] C. B. Lee, A. Uddin, X. Hu, T. G. Andersson. " Study of Alq₃ thermal evaporation rate effect on OLED", Materials Science & Engineering B 112, pp 14-18, 2004.
- [5] N. G. McCrum, B. E. Read, G. Williams. "Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids", JOHN WILLY & SONS. 1980.