

Pentacene 박막의 전기적 특성에 관한 연구

김 대열¹, 강 도열¹, 최 종선¹, 김 영관², 신 동명², 최 돈수²

¹ : 홍익대학교 전자전기공학부(전기제어공학과),

² : 홍익대학교 화학공학과.

Electrical characteristics of Pentacene thin film.

Dae-Yop Kim¹, Do-Yol Kang¹, Jong Sun Choi¹
Young-Kwan Kim², Dong-Myung Shin², Don-Su Choi².

1 : School of Electronics and Electrical Engineering, Hong Ik University,
72-1 Sangsu-dong, Mapo-gu, Seoul 121-791, Korea

2 : Department of Chemical Engineering, Hong Ik University,
72-1 Sangsu-dong, Mapo-gu, Seoul 121-791, Korea

Abstract - Pentacene thin films are a component for active layer of Organic thin film transistors. Pentacene film was deposited by Organic Molecular Beam Deposition(OMBD) and electrodes were deposited by vacuum evaporation. Electrical characterization of Pentacene films were measured by two probe methods, as the results The Au/Pentacene/Al contact is Ohmic contact. Band diagram of pentacene films were measured by UV-spectrum and Cyclic-Voltammtry method.

1. 서론

다가오는 21세기의 정보화사회에서 디스플레이 기술은 가장 중요한 기술 중의 하나가 될 것이고, 고해상도, 대면적 디스플레이에 대한 요구가 점점 커질 것이다. 여러 가지 디스플레이 기술 중, 유기물을 이용한 것으로는 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display; LCD)와 유기 전기발광 디스플레이(Electroluminescence Display; ELD)의 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 디스플레이를 구현하기 위해서 발광 소자 외에 화소 스위칭 소자가 필요하게 된다. 현재 LCD에서 사용되어지고 있는 화소의 스위칭 소자로는 비정질(amorphous silicon: a-Si) 또는 다정질(polycrystalline: poly-si) 실리콘 TFT가 사용되고 있다.²⁾ 이러한 TFT의 활성층인 반도체물질을 유기물질로 대체할 수 있다면 여러 가지 장점들을 얻을 수 있고,³⁻⁴⁾ 이들에 대한 연구도 활발히 진행중이다.⁵⁾

본 연구에서는 유기박막트랜지스터의 활성층으로 사용할 pentacene thin film의 energy band gap을 Ultra Violet-spectrum (UV)과 Cyclic-Voltammtry(CV)로 측정하였고, 3전극 구조로 소자를 제작한 후 current-voltage 측정을 통하여 Pentacene film과 금속 전극 사이의 접촉특성을 측정하였다.⁵⁾⁻⁶⁾

2. 시편 제작 및 실험 방법

본 연구에서 사용된 pentacene의 분자 구조식은 aromatic hydrocarbon이 5개가 연결되어 있는 구조를

갖는다.

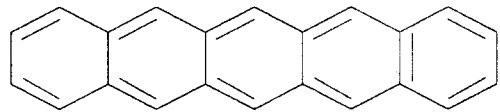
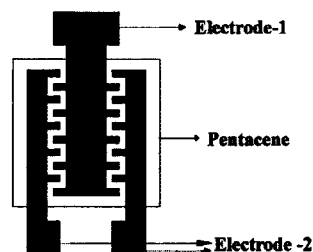


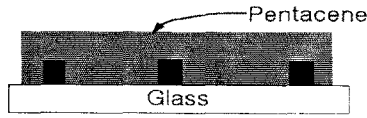
Fig 1. Pentacene의 분자구조.

Pentacene film의 UV 측정을 위하여 석영기판 위에 1500Å 두께의 pentacene 박막을 Organic Molecular Beam Deposition법(OMBD)으로 성막하였다. 성막시, 진공도 10^{-8} torr, 성막속도는 0.1 ~ 0.3 A/s이며, 기판 온도는 상온이었다. CV 측정을 하기 위하여 ITO위에 동일한 성막 조건으로 성막한 후에 측정하였다. CV 실험에서 얻은 pentacene의 이온화 에너지(Ionization Potential, IP), 전자 친화력(Electron Affinity, EA), 에너지 밴드 갭(Electrochemical gap, E_g)을 UV 실험의 결과와 비교하였다. CV법의 삼전극 시스템에서 보조전극은 백금선, 기준전극은 Ag/AgCl을, 작업전극은 ITO를 사용하였다. CV 측정에서 측정전위 범위는 -3.0 V~+3.0V이며, scan rate은 20mV/sec~100mV/sec이었다.

Pentacene film의 전기적인 특성을 측정하기 위하여 evaporation법과 lift-off법으로 전극을 형성하였고, 형성된 전극 위에 pentacene을 위의 조건과 동일하게 성막한 후 세 전극을 가지는 test 구조를 제작하였다. 제작된 구조의 개략도는 fig 2에 제시되어 있다.



(a) top view



(b) cross section

Fig 2. 세 전극 Test 구조의 개략도

3. 실험 결과 및 검토

UV 측정의 결과를 Fig 3에 나타내었다. 250~800nm 사이에 여러 peak가 나타났으며, 이러한 peak들은 $\pi-\pi^*$ 결합에 의한 것들이다. 이 peak들의 가장 낮은 에너지는 680nm 근처에서 봉우리를 형성하였으며, 680nm 봉우리의 edge의 연장선이 나타내는 것은 pentacene film의 band gap을 나타내는 것이다. 이때의 연장선의 값은 735nm를 나타냈으며 이 값을 eV로 환산해 보면 1.67eV가 된다.

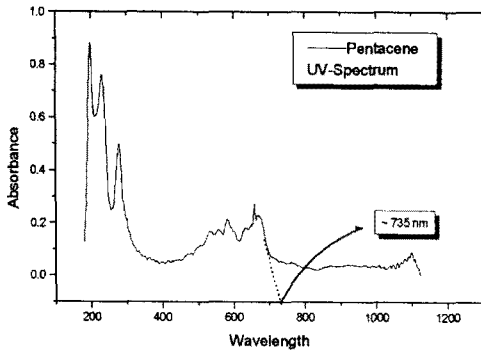


Fig 3. Pentacene film의 UV-Spectrum

UV법으로 얻은 결과 값을 확인해 보기 위하여 CV법을 수행한 결과는 Fig 4에 나타내었다.

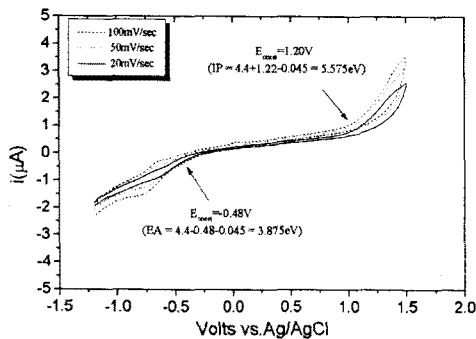


Fig 4. Pentacene film의 cyclic-voltammetry

Fig. 4에서 양의 전압에서의 peak는 pentacene film의 산화가 시작되는 것을 나타내고 음의 전압에서의 peak는 환원이 일어나는 것을 나타낸다. scan rate(mV

/sec)를 감소시킬수록 산화/환원 peak의 크기는 변화하였으나, 산화/환원이 시작되는 전위 (E_{onset})는 scan rate에 관계없이 일정한 값을 유지하였다. 이때 Ag/AgCl 기준전극에 대한 E_{onset}^{Ox} 은 1.10V이고, E_{onset}^{Red} 은 -0.46V에서 나타났으며, 이러한 값들을 SCE 기준전극에 대한 전위로 나타내면 E_{onset}^{Ox} 은 1.055V, E_{onset}^{Red} 은 -0.505V이었다. 따라서 Fig. 4에서와 같이 pentacene의 ionization potential ($IP = E_{onset}^{Ox} + 4.4$)은 5.455eV, electron affinity ($EA = E_{onset}^{Red} + 4.4$)는 3.895eV, electrochemical band gap ($E_g = IP - EA$)은 1.56eV이었다. CV법에서 얻은 electrochemical band gap은 1.56eV이고 UV측정에 의한 electrochemical band gap은 1.67eV이었다. 측정된 결과들을 비교할 때 비교적 작은 오차 (0.11eV)를 나타냈었다.

Pentacene film의 전기적 특성의 관찰을 하기 위하여 fig 2 처럼 소자를 제작하였다. 실제 소자의 제작은 electrode-1은 Al로 electrode-2는 Au로 하였으며 이들의 두께는 ~1200Å 하였고 pentacene film은 1500 Å으로 성막하였다. 두 실험으로 얻은 pentacene film과 electrode간의 energy band diagram의 개략도는 Fig 5에 나타내었다.

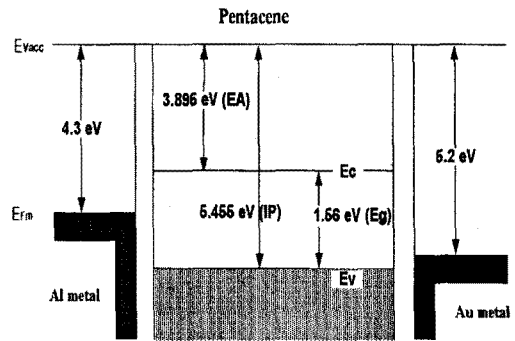


Fig 5. Pentacene과 전극간의 접합을 이루기전의 energy band diagram.

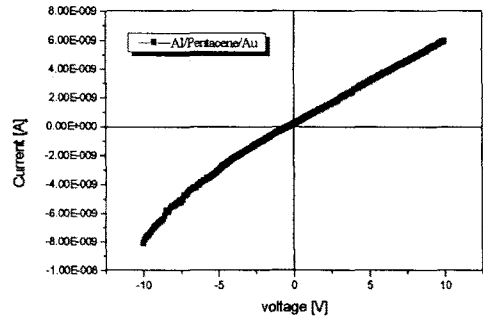


Fig 6. Au/Pentacene/Al구조의 current-voltage 특

Fig 6의 결과 pentacene과 Au, Al사이의 접합이 Ohmic 접합특성을 보인다. 실험을 수행하기 전에 이론적으로 유추할 수 있었던 것은 Au의 일함수가 5.2eV이고 Al의 일함수가 4.3eV이기에 Au와 pentacene간의 접합

은 ohmic접합특성을 보이고 Al과의 접합은 schottky접합특성을 보일 것이라 예상을 하였으나 실제 측정된 결과는 Au, Al 모두 ohmic접합을 이루었다. 이는 유기물질인 pentacene과 전극간의 계면에서의 어떠한 반응이 일어날 것이라고 유추할 수 있으며, 또한 Al, Au의 일함수들은 bulk일 때의 일함수를 나타내는 값임으로 실제 thin film으로 전극을 형성하였을 때 일함수의 값이 변형이 일어날 수 있을 것이라 생각된다.

4. 결론

Pentacene film을 1500Å으로 성장한 후 CV법으로 관측한 결과 pentacene 박막의 ionization potential은 5.455eV로 측정되었고 electron affinity는 3.895eV로 측정되었다. 그 결과 pentacene film의 energy band gap는 1.56eV로 측정되었다. UV spectrum을 측정한 결과의 energy band gap은 1.67eV로 측정되었다. 두 실험에서의 오차는 약 0.11eV로 나타났다.

Pentacene의 접합특성을 확인하기 위하여 Au/pentacene/Al 구조로 소자를 제작하여 측정된 결과 ohmic접합특성임을 확인 할 수 있었다.

본 연구를 통하여 유기박막트랜지스터의 제작시 소자의 gate, source, drain을 Al, Au를 사용할 경우 pentacene과 각각의 전극들은 모두 ohmic특성을 보인다는 사실을 확인 할 수 있었다. 그러나 이론상으로는 Al electrode와 pentacene간의 접합은 schottky접합 특성이 나타나야하나 실험을 통하여 확인한 결과는 그렇지 않았으므로 추후에 이를 규명할만한 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 1999년 한국 학술진흥재단의 학술 연구비에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- 1) 정태형 "Organic/Polymer Electroluminescence display" pp. 1 ~ 3.
- 2) C. A. Armstrong, S. Uppal "Differentiation of effects due to Grain and Grain Boundary Traps in Laser annealed Poly-Si Thin Film Transistors" J. J. Appl Phys. Vol. 37 (1998) pp. 1721 ~ 1727.
- 3) T. Tsumura et al, *Synth. Met.*, **25**, 11, 1990.
- 4) G. Horowitz et al, *Thin Solid Films*, **111**, 93, 1984.
- 5) Yen Yi Lin, David J. Gundlach "Pentacene Based Organic Thin Film Transistors" *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 44
- 6) Bredas, J. L, Silbey, R, "Conjugated Rigid-Rod Poly(benzobisazoles)" *Chem. Mater.*, Vol. 7, No 4, 1995
- 7) H. Kano et al, *Appl. Phys. Lett.*, **58**, 1500, 1991.