

유기 분자선 증착법에 의해 성막된 Pentacene 박막의 물리적, 전기적 특성에 관한 연구.

Physical and electrical characteristics of Pentacene thin films prepared by organic molecular beam deposition.

김 대엽¹, 김 대식¹, 최 종선¹, 강 도열¹, 김 영관², 최 돈수², 신 동명²

¹ : 홍익대학교 전자전기공학부(전기제어공학과).

² : 홍익대학교 화학공학과.

DaeYop Kim¹, DaeSik Kim¹, JongSun Choi¹, DoYol Kang¹

YoungKwan Kim², DonSu Choi², DongMyung Shin²

Abstract

We report investigations on a Pentacene thin film as a component for active layer of Organic thin film transistors. Pentacene film was deposited by Organic Molecular Beam Deposition(OMBD) and Al electrode was deposited by vacuum evaporation. Electrical characterization of Pentacene films were measured by the three-terminal contact resistance methods, as the results contact resistance between pentacene films and the Aluminium electrode is 5.064GΩ. The Al contact with the pentacene shows the bottom contact resistance. From the current-voltage characteristics, electrical conductivity of the Pentacene film is found as $\sim 10^{-4}$ S/cm. physical characterization of pentacene films were measured by UV-spectrum and Cyclic-Voltammetry method.

1. 서 론

21세기 정보화사회에서 영상산업은 디스플레이산업이 주를 이룰 것이고 디스플레이산업은 고해상도 및 대면적인 디스플레이를 추구할 것이다. 디스플레이의 종류는 사용되는 물질에 따라 유기물을 이용한 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display; LCD)와 전기발광 디스플레이(Electroluminescence Display; ELD)가 있으며, 무기물질을 이용하는 것으로는 형광체로부터의 Photoluminescence(PL)를 이용한 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel; PDP)와 Cathodoluminescence(CL)를 이용한 전계방출 디스플레이(Field Emission Display; FED), 전기 발광 디스플레이(Electroluminescence Display; ELD)가 있다.¹⁾ 이러한 디스플레이를 구현하기 위해서 디스플레이의 소자의 on/off를 제어하여야 원하는 디스플레이

이를 얻을수 있다. 현재 TFT-LCD산업에서 사용되고 있는 TFT는 a-Si:H TFT이고 poly-Si TFT의 연구도 이루어지고 있다.²⁾

본 연구에서는 TFT의 Active layer를 유기물질로 대체하여 Organic-TFT를 만드는데 있다. Active layer로 사용할 물질은 Pentacene을 사용할 것이다.³⁾

Pentacene film의 물리적 성질을 확인하기 위하여 Ultra Violet-spectrum(이하 UV)⁴⁾과 Cyclic-Voltammetry를(이하 C-V) 측정하였고,⁵⁾ 전기적 특성을 관측하기 위하여 three-terminal bottom 구조로 소자를 제작하여 Keithley 238을 이용한 2단자법으로 측정하였다.

2. 시편 제작 및 실험 방법

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

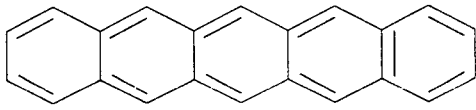


Fig 1. Pentacene의 분자구조.

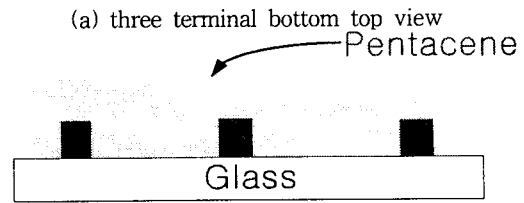
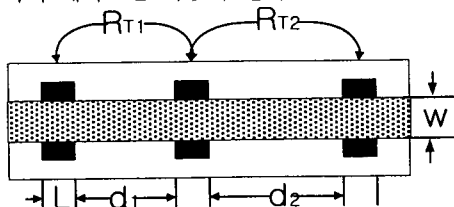
Pentacene film의 UV-spectrum을 측정을 위하여 석영기판 위에 Pentacene를 Organic Molecular Beam Deposition법(이하 OMBD)으로 1500Å 성막하였다. Film의 성막조건은 Table 1과 같이 성막하였다.

Table 1. Pentacene film 성막조건

| | |
|------|----------------|
| 진공도 | 10^{-8} Torr |
| 두께 | 1500 Å |
| 성막속도 | 0.1 ~ 0.3 Å/s |

C-V실험을 통하여 Pentacene film의 Ionization Potential (IP), Electron Affinity (EA), Electrochemical gap (E_g)의 측정하였고 UV-스펙트럼을 통하여 결과를 비교하였다. 이때 CV법의 삼전극 시스템은 보조전극 0.8mm 백금선, 기준전극 Ag/AgCl을 사용하였으며, 작업전극은 유기 전기발광물질의 전극으로 사용되는 ITO에 Pentacene film (1500Å)을 Table 1의 조건으로 성막하여 측정하였다. 또한 CV법의 기기적 측정전위 범위는 -3.0V ~ +3.0V이며, scan rate은 100mV/sec ~ 20mV/sec로 측정하였다.

Pentacene film의 전기적인 특성을 관찰하기 위하여 Photolithography공정(PR 이하 PR공정)을 수행한 후 전극을 전면으로 evaporation시킨 후 Lift-off 방법으로 전극을 형성하였다. 형성한 전극 위에 다시 한번 PR공정을 수행하였고 Pentacene을 OMBD법으로 Table 1의 조건으로 성막한 후 Lift-off방법으로 three-terminal bottom 소자를 제작하였다. 제작된 소자의 개략도는 다음과 같다.



(b) three terminal bottom cross view

Fig 2. 소자의 개략도

3. 실험 결과 및 검토

Pentacene film의 물리적 성질을 관찰하기 위하여 석영기판위에 1500Å 성막한 후 UV-spectrum을 관찰한 결과를 Fig 3에 나타내었다.

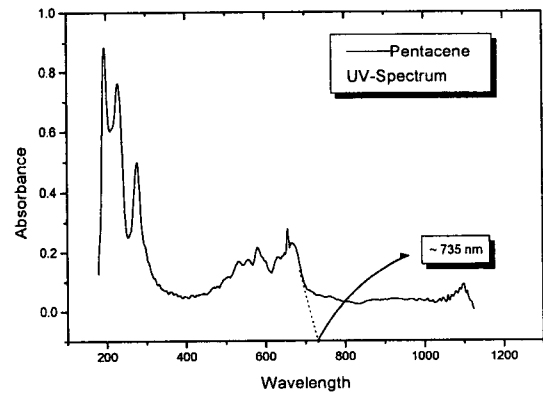


Fig 3. Pentacene film의 UV-Spectrum

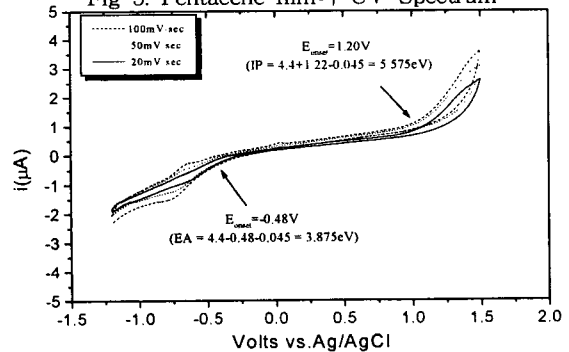


Fig 4. Pentacene film의 cyclic-voltammetry

Fig 3에서 UV실험에서 200~ 300 nm대의 파장대의 peck는 Pentacene film의 excitation 되는 peck이고⁵

실제 pentacene film의 고유의 파장은 650 ~ 720 nm 대의 파장이다. 이 peck의 edge의 연장선을 이은 값은 pentacene 박막의 band gap을 나타내는 것이고 이 값을 확인하기 위하여 C-V 실험을 측정하였다.

Pentacene film을 C-V법으로 측정한 결과 Fig. 4에서와 같이 scan rate(mV/sec)이 감소할수록 산화/환원 피크의 크기와 전위는 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.

Pentacene의 UV spectrum은 Fig 3에서와 같이 200~800nm 사이에 여러 Peck가 나타났으며, 이러한 peck들은 $\pi - \pi^*$ 결합에 의한 것들이다. 이 peck들의 가장 낮은 에너지는 650 ~ 720 nm 근처에서 peck를 형성하였으며, 이 부분에서의 가장 높은 peck는 680 nm peck이었고 이 peck에서의 edge 값은 735 nm로 관측되었다. 이 값을 eV로 환산한 값은 1.67 eV이다. 따라서 C-V법에서 얻은 Electrochemical Band gap 1.56eV값과 UV spectrum의 Electrochemical Band gap 1.67eV를 비교할 때 비교적 작은 오차(0.11eV)를 나타냈다.

Pentacene film의 전기적 특성의 관찰을 하기 위하여 Fig 2처럼 소자를 제작하였다. 실제 소자의 제작은 d_1 은 1 mm로 d_2 는 2 mm로 전극을 제작하였고 전극의 두께는 ~1200 Å으로 증착하였으며 전극의 너비(L)은 2 mm로 형성하였다. Pentacene film은 1500 Å으로 성막하였고 pentacene의 너비(W)는 6 mm로 하였다.

Fig 5에서 x축은 인가전압, y축은 전류로 하여, 곡선의 기울기 값의 역수로 저항(Resistance, R)을 구한 다음, 수식 $\sigma = l/(R \cdot A)$ 의 계산값으로 수평방향의 전기 전도도(Conductivity, σ) 1.249×10^{-4} S/cm을 얻었다. 실제 이 값은 Al electrode와 pentacene film 간의 접촉저항이 포함된 값이다. 이 접촉저항을 구하는 수식은 다음과 같다.⁶⁾

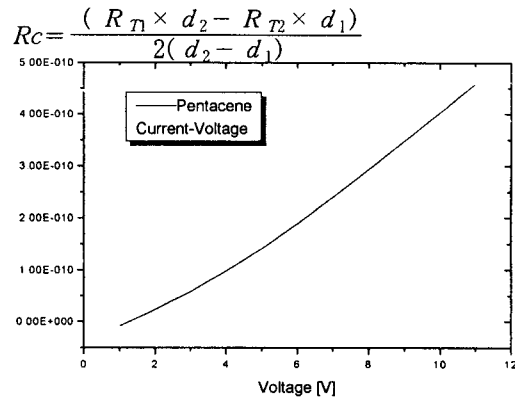


Fig 5. Pentacene film의 current voltage 특성

Fig 2에서의 RT_1 값은 11.116 G Ω 이었고 RT_2 값은 12.104 G Ω 이었다. 수식에 넣어 얻은 Pentacene film과 Al electrode사이의 접촉저항값은 5.064 G Ω 을 얻었다.

4. 결론

Pentacene film을 1500Å으로 성막한 후 C-V법으로 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 측정되었다.

Pentacene film의 전기전도도를 구하기 위하여 소자를 제작하여 측정한 결과 전기전도도는 1.249×10^{-4} S/cm를 얻을 수 있었고 pentacene film과 Al electrode간의 접촉저항값은 5.064G Ω 으로 관측되었다.

감사의 글

본 연구는 1999년 한국 학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- 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. Appl Phys. Vol. 37 (1998) pp. 1721 ~ 1727.
- 1) T. Tsumura et al, *Synth. Met.*, **25**, 11, 1990.
- 2) G. Horowitz et al, *Thin Solid Films*, **111**, 93, 1984.
- 3) Yen Yi Lin, David J. Gundlach "Pentacene Based Organic Thin Film Transistors" *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 44
- 4) Bredas, J. L, Silbey, R, "Conjugated Rigid-Rod Poly(benzobisazoles)" *Chem. Mater.*, Vol. 7, No 4, 1995
- 5) H. Kano et al, *Appl. Phys. Lett.*, **58**, 1500, 1991.
- 6) H. H Berger "Contact Resistance and Contact Resistivity" *Solid-State Science and Technology*. Vol 119, No 4, 1972