

Pentacene을 이용한 diode의 제작 및 전기적 특성

김대식 · 이용수 · 박재훈 · 최종선 · 강도열

홍익대학교 전기제어공학과
(2000년 2월 24일 접수)

Fabrication and Electrical Characterization of Pentacene-based diodes

Dae-shik Kim, Yong-Soo Lee, Jae-Hoon Park, Jong-Sun Choi and Do-Yol Kang

Dept. of Electrical and control Eng., Hongik Univ.
(Received February 24, 2000)

Abstract – Organic materials have potential advantages to be utilized as semiconductors in field effect transistors and light emitting diodes. Gold, Aluminium, Silver, Chromium and Indium are used by electrodes. Gold is ohmic contact and the others are schottky contact. In this study, Pentacene and various electrode materials were deposited by Organic Molecular Beam Deposition (OMBD) and vacuum evaporation respectively. Those films were photolithographically patterned for measurements. These devices showed no degradation after a 15 days of storage in laboratory environment.

1. 서 론

유기 반도체 물질은 성형성, 유연성, 경제성 등의 장점 때문에 무기 반도체 전기전자 소자들을 대체하거나 보완할 수 있는 소재로 그 응용 범위가 크다 [1, 2]. 섬유나 필름 형태로 성형하기가 쉽고, 가볍고 유연하다는 물리적 특성 외에도 적은 비용으로 능동 소자를 제작할 수 있어 경제적인 장점이 있다 [3, 4]. 이런 장점을 가지는 유기 반도체 소자는 디스플레이 능동소자로 충분히 이용이 가능하다. 현재 TFT-LCD display에서 화소의 구동소자로 는 수소화된 비정질 실리콘 트랜지스터(amorphous silicon thin-film transistors; 이하 a-Si:H TFT)가 사용되고 있다 [5]. 그러나 a-Si:H TFT소자의 단점 때문에 다른 구동소자에 대한 연구가 진행 중에 있다.

본 연구에서는 Pentacene을 활성층(active layer)으로 사용하여 diode를 제작하였고 활성층의 성막 방법으로는 유기물질의 결정성 및 표면 균일도를 향상시킬 수 있는 방법인 OMBD(Organic molecular beam deposition) 방법으로 성막 하였다.

2. 시편 제작 및 실험 방법

본 연구에서는 채널을 형성하는 활성층으로 Pentacene

을 사용하였다. Aromatic hydrocarbon이 5개가 연결되어 있는 Pentacene의 구조는 그림 1에 나타내었다.

그림 2에서는 Pentacene diodes 소자의 단면도를 보여주고 있다. Pentacene diodes제작 시 사용된 기판은 coming 유리기판 2948을 사용하였으며, 각각의 전극들을 형성하기 위하여 Photolithography(PR)공정을 수행한 후 열 증착법(thermal evaporation)으로 각각의 전극을 형성하였다. 그림 3에서는 각각의 전극을 형성하는데 기본적인 단위공정인 PR공정 및 Lift-off공정을 나타내었다. 테두리전극은 Gold(Au)를 사용하였으며, 그림 3의 단위공정을 수행한 후 전극을 형성하였다.

중앙 전극은 Aluminium(Al), Gold(Au), Silver(Ag), Chromium(Cr), Indium(In)을 사용하였으며 그림 3의 단위공정을 수행한 후 전극을 형성하였다. 중앙 전극과 테두리 전극에 사용된 물질의 두께는 150 nm를 형성하였다. 중앙 전극과 테두리 전극간의 채널의 넓이(channel width)는 500 μm 로 유지하고 채널의 길이

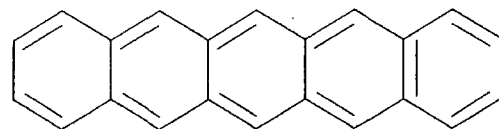


그림 1. Pentacene의 분자 구조식.

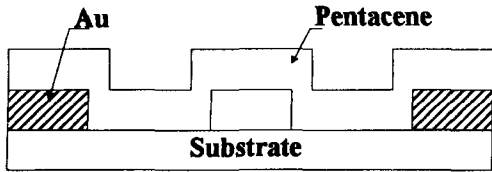


그림 2. Pentacene diode의 구조.

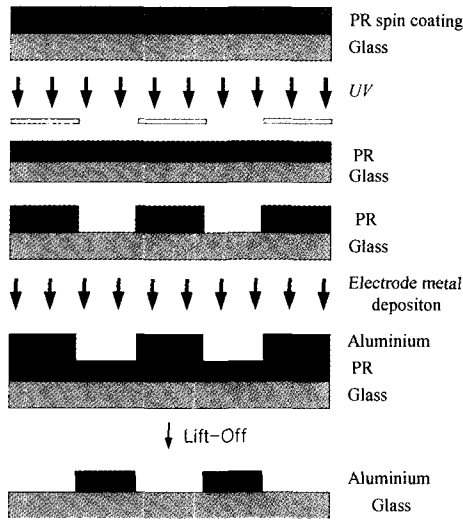


그림 3. Photolithography 및 Lift-off.

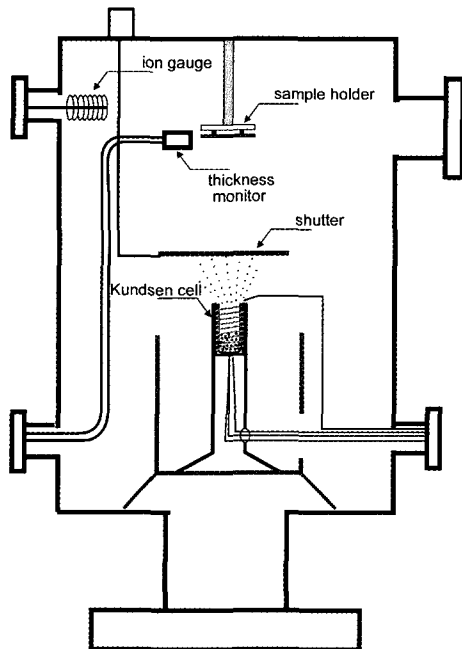


그림 4. OMBD main chamber.

(channel length)는 50 μm 인 소자를 제작하여 소자의 전달 특성을 측정하였다.

활성층은 OMBD 장비를 이용하여 성막을 하였으며 그림 4에서는 OMBD장비의 main chamber의 구조를 나타내었다.

Pentacene의 분말시료를 초고진공 챔버(chamber)안에 파이렉스(pyrex)유리로 제작된 Kundsens 셀에 넣고 chamber외부에 전류를 인가하여 Kundsens 셀의 온도를 변화시키고 Thickness monitor를 이용하여 pentacene의 성막 속도를 제어하였다.

OMBDD장비는 터보 분자펌프와 로터리 펌프를 통하여 챔버 내부의 진공도를 10^{-8} Torr 이하로 유지할 수 있고 이온 게이지, 시편 홀더, 두께 측정장치, Kundsens 셀 등으로 구성되어 있다. 본 실험에서는 Pentacene의 성막시 진공도는 10^{-8} Torr 이었으며 성막 속도는 0.1 ~0.3 $\text{\AA}/\text{s}$ 유지시키면서 150 nm를 성막하였다.

3. 실험 결과 및 검토

이 실험은 Pentacene TFT를 제작하기 위하여 금속의 전기적 특성에 관하여 연구를 하였다. 먼저 Pentacene 박막의 물리적 현상을 관측하기 위하여 광학적 분석법을 통해서 에너지 밴드갭을 측정하였다. 광학적 분석을 하기 위하여 Pentacene 박막을 150 nm의 두께로 석영기판에 성막하였다. 성막한 가시/자외선 스펙트럼 측정 결과를 그림 5에 나타내었다. 250에서 800 nm사이에서 여러 peak가 나타나는데, 이러한 peak들은 $\pi-\pi^*$ 결합(여기)에 의한 것들이다. 이 peak들의 가장 낮은 에너지는 680 nm 근처에서 형성되었으며 680 nm의 edge의 연장선의 값은 735 nm이었다. 이 값을 환산한

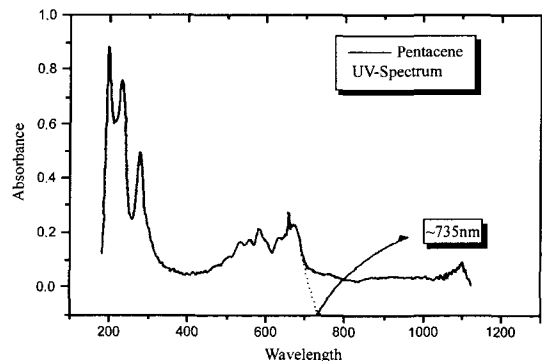


그림 5. Pentacene 박막의 UV/visible spectrum.

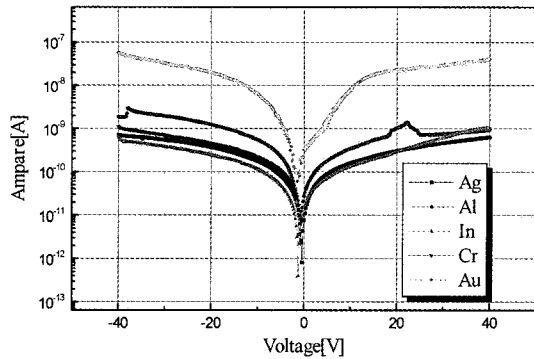


그림 6. Pentacene diode의 전류-전압 특성곡선

값이 Pentacene 박막의 에너지 밴드갭, 이는 1.67 eV이었다. 사용된 수식은 다음과 같다.

$$E_g = \frac{hc}{\lambda} \tag{1}$$

이때 h 는 플랑크 상수, c 는 빛의 속도이며, λ 는 광원의 파장대이다.

Pentacene diode의 전달 특성을 알기 위하여 diode의 채널 length를 50 μm 로 width를 500 μm 로 제작하였고, 전압은 -40 V에서 40 V까지 변화시키면서 전류를 측정하였다. 그림 6은 Pentacene diode의 전류-전압 특성곡선을 나타내었다 [6, 7]. (minus voltage는 절대값을 취하였다.) Pentacene diode의 전류밀도(J)와 ideality factor(n)를 다음과 같은 수식에서 얻을 수 있다.

$$J = J_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right] \tag{2}$$

$$n = \frac{q}{kT} \left(\frac{\Delta V}{\Delta \ln J} \right) \tag{3}$$

수식에서 q 는 단위 전기량이고 V 는 인가전압, k 는 Boltzmann constant, T 는 온도, J_0 는 포화 전류이다. 또한 Ideality factor(n)는 $\ln J$ 의 기울기와 인가전압의 비로써 얻어 진다. 본 실험에서는 Pentacene diode의 특성이 Ohmic특성을 보이고 있으며 윗 식을 이용한 계산 값과도 그 특성이 일치함을 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 유기물 중에서 Pentacene을 활성층으로 사용하여 diode를 제작하였으며, Pentacene 박막의

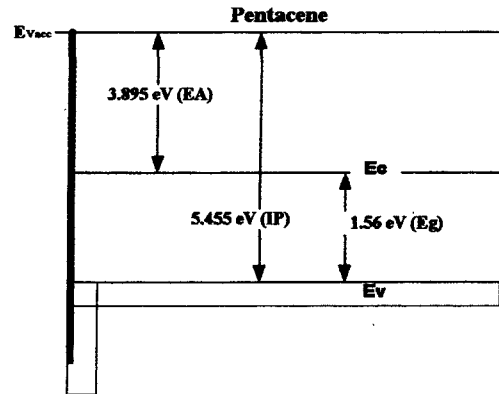


그림 7. Pentacene 박막의 에너지대 구조.

특성과 밴드갭(그림 7), diode의 I-V특성에 관하여 연구를 하였다. 테두리 전극은 Gold를 사용하였으며, 중앙 전극은 Aluminium(Al), Gold(Au), Silver(Ag), Chromium(Cr), Indium(In)을 사용하였다. diode의 전류-전압 특성에서 매우 낮은 전류특성을 보이고 있다. 차후에 더욱 높은 전류특성과 유기물을 활성층으로 사용하는 유기물 TFT의 제작을 위해 채널 형성에 필요한 금속간의 접촉 특성과 활성층을 성막할 시에 보다 더 좋은 조건에서 성막한다면 더욱 좋은 소자의 특성을 얻을 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 1997년 정보통신부 대학 기초 연구 지원 사업에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] T. Tsumura *et al*, *Synth. Met.* **25**, 11 (1990).
- [2] A. Assaë?, C. Svensson, M. Willander, and O. Inganas, Field-effect mobility of poly(3-hexylthiophene). *Appl. Phys. Lett.* **53**, 195 (1988).
- [3] A. Dodabalapur, L. Torsi, and H. E. Katz, *Science* **268**, 270 (1995).
- [4] A. R. Brown, A. Pomp, C. M. Hart, and D. M. de Leeuw, *Science* **270**, 972 (1995).
- [5] 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.* **37**, 1721 (1998).
- [6] J. Bastien, A. Assadi, S. Soderholm, J. Hellberg, M. Moge. *Synthetic Metrials* **82** (1996) 97-101.