

Pentacene 박막트랜지스터의 제조와 전기적 특성

Fabrication of Pentacene Thin Film Transistors and Their Electrical Characteristics.

김 대엽¹, 최 종선¹, 강 도열¹, 신 동명², 김 영관³

¹ : 홍익대학교 전기제어공학과,

² : 홍익대학교 화학공학과, ³ : 홍익대학교 기초 과학과,

Dae-Yop Kim¹, Jong Sun Choi¹, Do-Yol Kang¹

Dong-Myung Shin², Young-Kwan Kim³,

¹ : Department of Electrical and Control Engineering, Hongik University

² : Department of Chemical Engineering, Hongik University

³ : Department of Applied Science, Hong-ik University

Abstract

There is currently considerable interest in the applications of conjugated polymers, oligomers and small molecules for thin-film electronic devices. Organic materials have potential advantages to be utilized as semiconductors in field effect transistors and light emitting diodes. In this study, Pentacene thin film transistors(TFTs) were fabricated on glass substrate. Aluminum and Gold were used for the gate and source/drain electrodes. Silicon dioxide was deposited as a gate insulator by PECVD and patterned by R.I.E. The semiconductor layer of pentacene was thermally evaporated in vacuum at a pressure of about 10^{-8} Torr and a deposition rate $0.3 \text{ \AA}/\text{sec}$. The fabricated devices exhibited the field-effect mobility as large as $0.07 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ and on/off current ratio larger than 10^7 .

Keywords: Organic thin-film transistors; pentacene; field-effect mobility; on-off ratio; evaporation.

1. 서 론

21세기 정보화사회에서 디스플레이 기술은 가장 중요한 기술 중의 하나가 될 것이고, 고해상도, 대면적 디스플레이에 대한 요구가 점점 커질 것이다.¹⁾ 이러한 디스플레이를 구현하기 위해서 발광 소자 외에 화소 스위칭 소자가 필요하게 될 것이다. 현재 LCD에는 비정질(amorphous silicon; a-Si) 또는 다정질(polycrystalline; poly-si) 실리콘 TFT(Thin-Film Transistors)가 사용되고 있으며²⁾, 이 TFT의 활성층인 반도체를 유기물질로 대체할 수 있다면 성형성, 유연성, 경제성 등의 장점들을 얻을 수 있다.³⁾

여러 가지 유기 반도체들 중 pentacene이 가장 우수한 소자 특성을 보여 주는 것으로 보고되었다.⁴⁾⁷⁾

2. 시편 제작 및 실험 방법

본 연구에서 사용된 pentacene의 분자 구조식은 aromatic hydrocarbon이 5개가 연결되어 있는 구조를 갖고 이를 그림 1에 나타내었다.

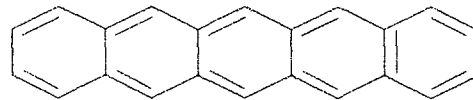


그림 1. Pentacene의 분자구조.

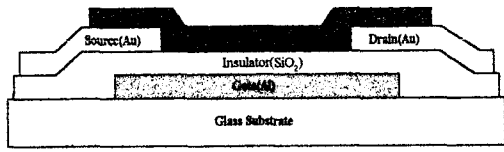


그림 2. Pentacene TFT의 단면도

Pentacene TFT의 구조의 단면도를 그림 2에 나타내었다. 유리기판위에 일반적인 열 증착법을 이용하여 성막한 후 lift-off법으로 게이트를 패터닝한 후 열처리를 하였다. 절연체로는 PECVD법을 이용하여 100nm의 SiO₂를 증착하였는데 기판온도를 300℃로 가열한 상태에서 SiH₄ : Ar : N₂O를 반응가스로 사용하여 증착하였다. 다음은 본 연구에서 사용된 PECVD장비의 개략도를 나타내었다.

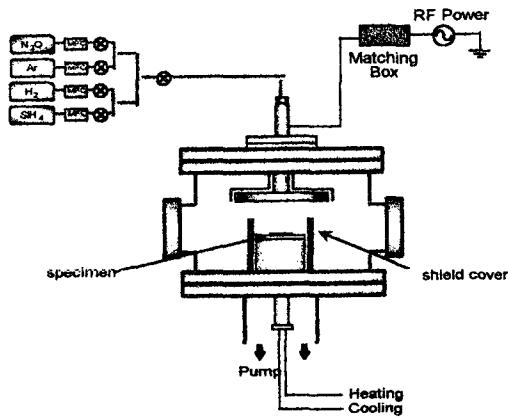


그림 3. PECVD장비의 개략도

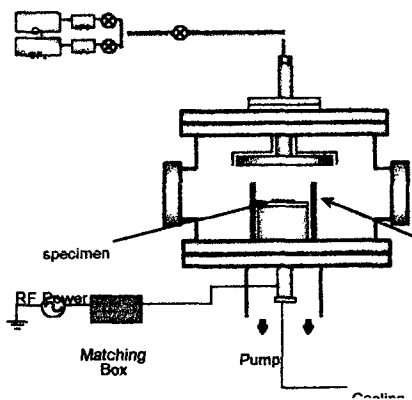


그림 4. R.I.E장비의 개략도

PECVD에서 성막된 SiO₂를 패터닝하기 위하여 R.I.E를 사용하였는데 장비의 개략도는 그림 4에 나타내었다. R.I.E 사용시 사용되어진 반응 가스로는 CF₄ : O₂ 를 사용하였고 이때의 진공도는 0.1 Torr 이었다. 소오스와 드레인 전극도 게이트와 동일한 방법으로 130nm 증착하였다. 활성층으로는 pentacene 을 전극 형성 방법과 동일한 방법으로 100nm 성막하였다.

3. 실험 결과 및 검토

Pentacene TFT의 전달특성을 알기 위하여 TFT의 채널 length를 50, 100, 150, 250μm로 width을 5mm로 제작하였고 드레인 전압은 2V로 고정시킨 후 게이트전압을 0V에서 -20V까지 측정하였고 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 각 소자에서 추출된 on/off ratio값은 10⁷ 이상이였다.

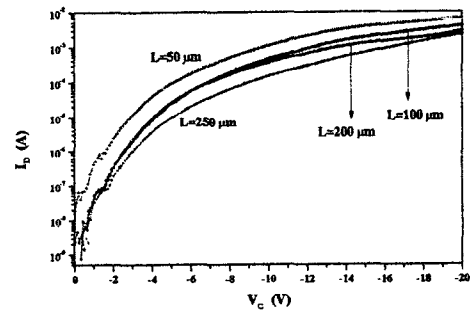


그림 5. Pentacene TFT의 전달특성곡선(channel length 50, 100, 200, 250μm, width 5mm, V_D=2V)

Pentacene TFT의 이동도와 문턱전압은 포화영역에서 측정을 한 후 I_D와 V_G의 관계식에서 구하였다. 수식은 다음과 같다.

$$I_{Ds} = \frac{WC_i}{L} \mu (V_G - V_{th})^2$$

수식에서 μ는 전계효과 이동도이고 W는 channel width, L은 length를 나타낸다. 또한 C_i는 단위면적당 절연체의 캐패시턴스 성분이며 V_{th}는 문턱전압을 나타낸다.

그림 6에서 측정된 전계효과 이동도는 0.07cm²/V.s 이었으며 문턱전압은 -3.30V였다. 이동도의 측정된 값은 열증착법으로 pentacene를 증착하여 보고되어진 논문들 중에서 가장 우수한 값을 나타내었다. 추

후 더욱 높은 이동도를 얻기 위하여서는 활성층의 성막법에 관한 연구가 이루어져야 할 것이고 이 방법으로 대표적인 것으로는 OMBD(organic molecular beam deposition)법이 있다. OMBD법은 열증착법보다 매우 높은 고진공을 유지할 수 있고 확산셀을 이용하여 유기물을 결정화시키면서 성막할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

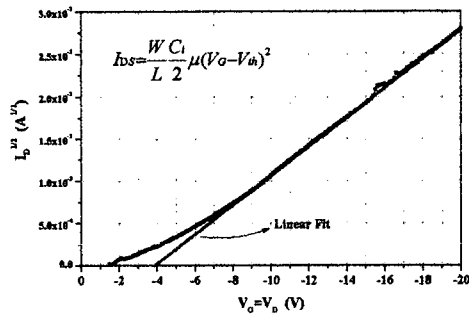


그림 6. 포화영역에서 측정된 Pentacene TFT의 전류-전압 특성곡선(L = 50 μ m, W = 5 μ m)

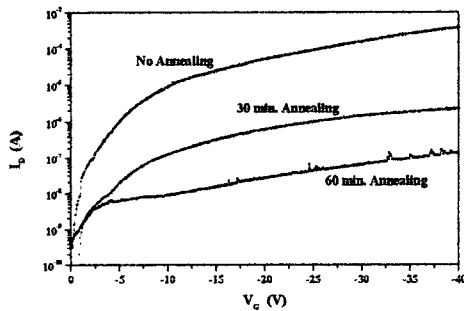


그림 7. Pentacene TFT의 열처리시간에 따른 전류-전압특성(150 $^{\circ}$ C)

본 연구에서 제작되어진 소자를 열처리할 한 결과를 그림 7에 나타내었다. Pentacene TFT소자의 활성층을 열처리했을 때 절연체 층과 활성층간의 계면 특성이 향상되어 소자의 특성이 향상하리라 생각하였지만 실제 관측되었던 특성은 그렇지 못하였다. 이 실험으로 pentacene TFT는 열처리 시간이 늘어날수록 소자의 성능이 떨어진다는 것을 확인할 수 있었다. 차후 절연체와 활성층간의 계면에 어떠한 원인 때문에 특성이 나빠지는 지도 연구되어야 할 것이다.

최적의 절연체를 얻기 위하여 다양한 실험을 하었는데 PECVD를 이용하여 성막한 절연체가 가장 좋

은 특성을 나타내었다. Sputtering을 이용하여 성막한 SiO₂의 특성이 PECVD보다 나쁘게 측정되어진 이유는 절연체와 활성층간의 계면 특성이 좋지 않기 때문이라 생각된다. 또한 Polyimide를 이용하여 절연체를 형성한 후 소자를 제작하였는데 전류-전압특성 곡선에서 보이는 것처럼 낮은 전압에서도 전류가 다른 소자들보다 많이 흐르는 것으로 관측되었다. 이는 polyimide의 절연특성이 좋지 않기 때문에 TFT에서의 채널의 형성이 좋지 못하기 때문이라 사료되어진다.

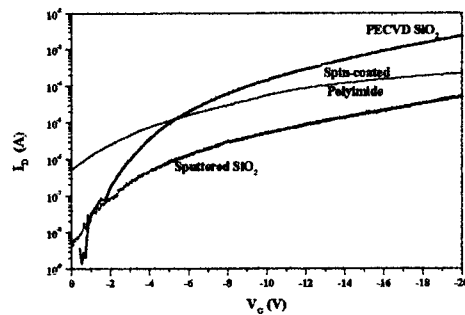


그림 8. 다양한 절연체를 이용하여 제작한 Pentacene TFT의 전달특성곡선.(L=50 μ m, W=5 μ m)

4. 결론

Pentacene TFT를 유리기판위에 게이트 전극으로는 알루미늄, 소오스/드레인전극으로는 금을 사용하였고 절연체로는 PECVD방법으로 SiO₂를 증착한후 R.I.E를 사용하여 패터닝하였다. 활성층으로는 Pentacene를 열증착법으로 성막하여 소자를 제작하였다. Pentacene TFT의 전계효과 이동도중 가장 높은 값이 0.07 cm²/V.s, on/off ratio는 10⁷이 관측되었고 가장 낮은 문턱전압값은 -3.30V로 측정되었다. 차후에 더욱 높은 진공도와 확산셀을 이용한 OMBD법을 이용하여 활성층을 성막하다면 더욱 좋은 소자 특성을 얻을 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 1997년 정보통신부 대학 기초 연구 지원 사업에 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.

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.

8) H. H Berger "Contact Resistance and Contact Resistivity" *Solid-State Science and Technology*. Vol 119, No 4, 1972.