

게이트 절연막 Poly(4-vinylphenol) 용제 비율에 따른 유기 박막 트랜지스터 특성 변화

전준호*, 김정민*, 이동훈*, 김용상**
 명지대학교 나노공학과* 명지대학교 전기공학과**

Gate insulator Poly(4-vinylphenol) solvent concentration organic thin-film transistor characteristic effect

Jun-Ho Jeun*, Jung-Min Kim*, Dong-Hoon Lee*, Yong-SangKim**

Dept. of Nano Science and Engineering, Myongji University*, Dept. of Electrical Engineering, Myongji University**

Abstract - 본 논문에서는 게이트 절연막인 poly(4-vinylphenol) (PVP) 용제 농도 변화에 따른 유기 박막 트랜지스터를 제작하고 그 특성을 분석하였다. PVP는 propylene glycol monomethyl ether acetate (PGMEA) 와 poly melamine-co-formaldehyde (CLA)를 혼합하여 cross linked PVP를 만들어 사용하였다. Cross-linked PVP의 CLA 농도 비율을 각각 6 wt%, 9 wt%로 변화시켜 유기 박막 트랜지스터를 제작하고 소자의 전기적 특성을 분석 하였다.

펜타신 (Sigma Aldrich)은 열기상증착 방법을 이용하여 0.1 Å/s의 증착 속도로 약 70 nm 증착 시켰고, 이때 기판온도는 85 °C, 진공도는 6×10⁻⁶ torr 이하로 유지하였다. 소스/드레인 전극 역시 열기상증착법을 이용하여 Au를 증착하고 전극의 두께는 약 100 nm 갖도록 증착하였다. 유기 박막 트랜지스터의 채널 길이와 폭은 각각 100 μm, 1000 μm 로 제작하였다. 제작된 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 분석하기 위하여 Keithley 236을 사용하였다.

1. 서 론

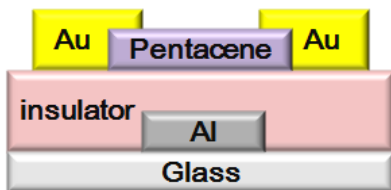
유기 박막 트랜지스터는 구부러거나 접을 수 있고, 충격에 의해 깨지지 않는 등 많은 장점을 가지고 있다. 또한, 제작 공정이 간단하고, 제작 비용이 저렴하여 최근 활발한 연구가 진행 되고 있다. 유기 박막 트랜지스터와 관련된 응용 연구로는 스마트 카드, RFID tag, 가스 센서, 플렉시블 디스플레이 등이 있으며 응용 연구의 영역은 계속해서 확장되고 있다.[1] 무기물과 비교하여 유기물이 갖는 특별한 장점은 저온 공정과 용액 공정이 가능하다는 것이다. 이러한 유기물을 이용하여 제작한 유기 박막 트랜지스터에서 절연막은 소자의 성능을 결정짓는 중요한 요소이다. 특히 게이트 위에서 절연막을 증착할 때에는 더욱 중요하다. 절연막의 표면 특성에 따라서 절연막과 활성층 계면 사이의 특성이 변하게 되는데 이는 소자의 성능에 많은 영향을 준다.[2] 일반적으로 유기물로 이루어진 절연막은 무기물로 이루어진 절연막 보다 소자 성능을 제한하게 된다. 절연막으로 이용되는 여러 유기물 물질 중 PVP는 전계 효과 소자에서 높은 이동을 갖고 있다. 하지만 PVP는 OH (hydroxyl) 그룹을 갖는 특징이 있다. 이러한 OH 그룹에 의해서 트랩 준위가 형성되고 전자 트랩에 의한 히스테리시스 특성이 나타나게 된다. 이로 인하여, 소자의 성능을 제한하는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는, PVP 절연막의 히스테리시스 특성을 감소시키기 위하여 melamine-co-formaldehyde (CLA) 용제 비율에 따른 유기 박막 트랜지스터를 제작하고 그 특성을 비교 분석 하였다.

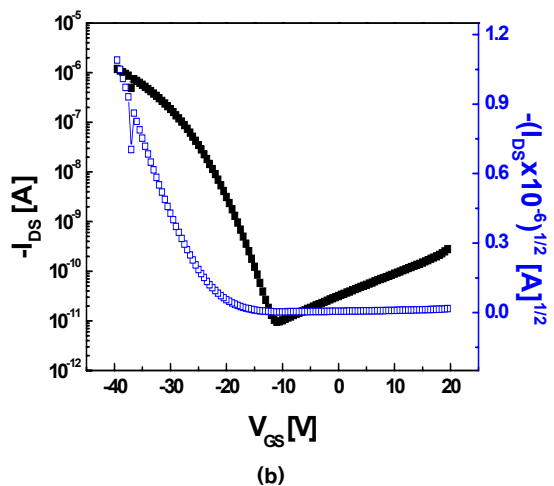
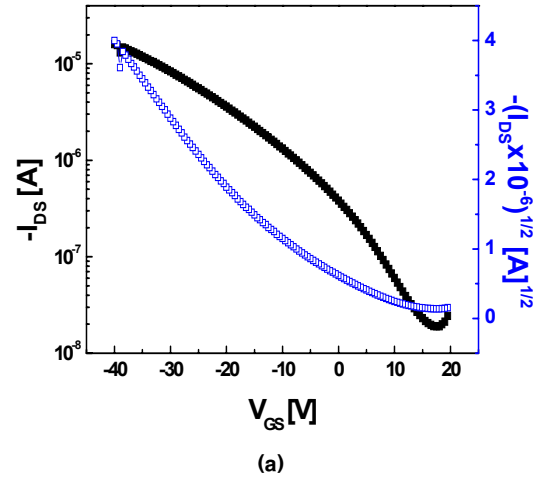
2. 본 론

2.1 실험방법

그림 1과 같이 top-contact 구조의 유기 박막 트랜지스터를 유리 기판을 사용하여 제작하였다. 유리 기판을 아세톤, 이소프로판올, 증류수에서 각각 20분씩 초음파 세척기로 세척하였다. 유리 기판 위에 Al 게이트를 열기상증착법 (thermal evaporation)을 이용하여 약 80 nm 를 증착하였다. 게이트 절연막인 PVP는 PGMEA와 CLA를 혼합하여 cross linked PVP를 만들어 사용하였다. 각각 6 wt%, 9 wt% CLA 농도를 가지는 cross linked PVP를 제작하였다. 스핀 코팅 방법으로 4500 rpm으로 35 초간 증착 시킨 후, 오븐을 이용하여 100 °C 에서 10분, 200 °C 에서 60 분간 열처리를 해주었다. 유기 박막 트랜지스터의 활성층으로 사용된



<그림 1> 유기 박막 트랜지스터 구조

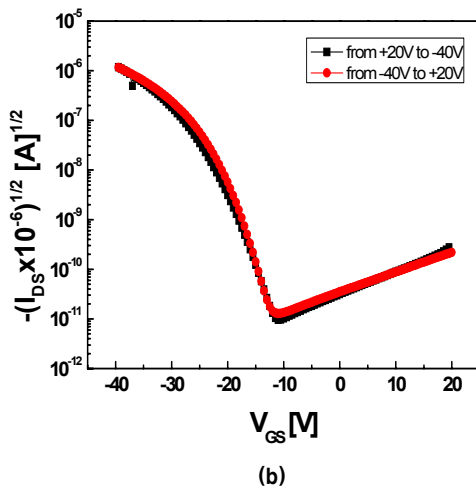
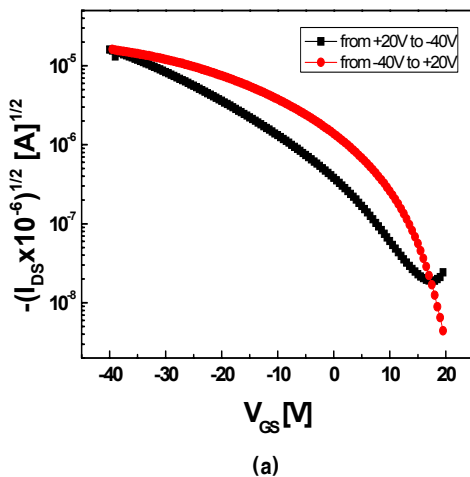


<그림 2> CLA 농도에 따른 유기 박막 트랜지스터의 전달 특성 (a) CLA 6 wt% 의 PVP (b) CLA 9 wt% 의 PVP

2.2 결과 및 고찰

그림 2는 각각 다른 PVP 용제 비율에 따른 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 보여주고 있다. 그림 2 (a)는 CLA 6 wt%의 cross linked PVP를 사용하여 제작된 유기 박막 트랜지스터의 전달 특성을 나타낸다. 측정결과 이동도는 $0.16 \text{ cm}^2/\text{V s}$, 문턱전압 -3.1 V , on/off ratio $>10^2$ 가 측정되었다. CLA 6 wt%의 cross linked PVP는 게이트 절연막 두께가 얇아지기 때문에 전류의 크기는 증가하지만 누설 전류가 커져 on/off ratio가 작아진다. 그림 2 (b)는 CLA 9 wt%의 cross linked PVP를 사용하여 제작한 유기 박막 트랜지스터의 전달 특성을 나타낸다. 측정결과 이동도는 $0.04 \text{ cm}^2/\text{V s}$, 문턱 전압은 -22.4 V , on/off ratio $>10^4$ 으로 측정되었다. CLA의 농도가 증가하면서 게이트 절연막의 두께가 두꺼워져 전류의 크기는 감소하지만 누설전류가 감소하기 때문에 on/off ratio는 증가하였다. CLA의 농도 비율이 증가하면 전류의 크기와 이동도는 감소하고 문턱 전압은 음의 방향으로 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림 3 (a)는 CLA 6 wt%의 cross linked PVP를 게이트 절연막으로 사용한 유기 박막 트랜지스터의 히스테리시스 특성이다. PVP는 OH 그룹을 가지고 있기 때문에 게이트에 음의 전압을 인가하면 전자들이 PVP로 주입되어 그림 3 (a)와 같은 히스테리시스 특성이 나타나게 된다. 하지만 PVP에 혼합되는 CLA의 농도를 증가시켜 주면 히스테리시스 특성을 변화시킬 수 있다. CLA 9 wt%의 cross linked PVP를 사용하여 제작한 유기 박막 트랜지스터에서는 히스테리시스 특성이 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. CLA 농도가 증가되면 PVP의 OH 그룹이 감소하게 되고 이로 인하여 히스테리시스 특성은 나타나지 않았다 (그림 3 (b)).



〈그림 3〉 CLA 농도에 따른 유기 박막 트랜지스터의 히스테리시스 특성 (a) CLA 6 wt%의 PVP (b) CLA 9 wt%의 PVP

3. 결 론

본 논문에서는 유기 박막 트랜지스터의 게이트 절연막으로 사용되는 PVP를 제작하고 용제 비율에 따른 특성을 비교 분석하였다. PVP는 높은 전자 이동도를 가지는 반면에 높은 히스테리시스 특성을 보인다. 이는 PVP 내의 OH 그룹에 의해 발생하는데, CLA 농도를 조절하여 감소시킬 수 있다. 따라서 CLA의 농도 비율을 6%에서 9%로 증가하여 유기 박막 트랜지스터를 제작하였을 때 히스테리시스 특성은 나타나지 않았다. 이를 통하여, 성능이 우수한 유기 박막 트랜지스터를 제작 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Sang Chul Lim, Seong Hyun Kim, Jae Bon Koo, Jung Hun Lee, Chan Hoe Ku, Yong Suk Yang, and Taehyoung Zyung, "Hysteresis of pentacene thin-film transistors and inverters with cross-linked poly(4-vinylphenol) gate dielectrics", Appl. Phys. Lett, Vol. 90, pp. 173512, 2007.
- [2] Yunseok Jang, Do Hwan Kim, Yeong Don Park, Jeong Ho Cho, Minkyu Hwang, and Kilwon Cho, "Influence of the dielectric constant of a polyvinyl phenol insulator on the field-effect mobility of a pentacene-based thin-film transistor", Appl. Phys. Lett, Vol. 87, pp. 152105, 2005.
- [3] D. K. Hwang, Kimoon Lee, Jae Hoon Kim, and Seongil Im, Chang Su Kim and Hong Koo Baik, Ji Hoon Park and Eugene Kim, "Low-voltage high-mobility pentacene thin-film transistors with polymer/high-k oxide double gate dielectrics", Appl. Phys. Lett, Vol. 88, pp. 243513, 2006.
- [4] Jiyoul Lee, D. K. Hwang, Jeong-M. Choi, Kimoon Lee, Jae Hoon Kim, and Seongil Im, Ji Hoon Park and Eugene Kim, "Flexible semitransparent pentacene thin-film transistors with polymer dielectric layers and NiO_x electrodes", Appl. Phys. Lett, Vol. 87, pp 023504, 2005.