

유리 기판위에 제작된 PVP 게이트 절연막의 전기적 특성

양신혁*, 신익섭*, 유병철*, 공수철*, 장영철**, 장호정*

*단국대학교 전자·컴퓨터공학과, **한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학과

초록

유기박막트랜지스터(organic thin film transistor, OTFT)의 게이트 절연막으로 PVP(poly-4-vinylphenol) 물질을 이용하여 MIM (metal-insulator-metal) 구조의 캐패시터 소자를 제작하였다. 유기 절연층의 형성은 ITO/Glass 기판 위에 PVP를 용질로, PGMEA(propylene glycol monomethyl ether acetate)를 용매로 사용하였다. 또한 열경화성 수지인 poly(melamine-co-formaldehyde)를 사용하여 cross-linked PVP 절연막을 합성하여 스펀코팅법으로 소자를 형성하였다. 제작된 소자에 대해 절연막 두께에 따른 전기적 특성을 조사한 결과 300 nm 에서 500 nm 로 두께가 증가할수록 누설전류는 10.69 nA 에서 0.1 nA 로 크게 감소하였다. 또한 캐패시터 소자의 정전용량은 300 nm 의 두께에서 1.05 nF 으로 500 nm 의 두께에서의 0.65 nF 과 비교하여 보다 양호한 특성이 나타났다.

1. 서론

유기물을 이용한 유기박막 트랜지스터는 차세대 디스플레이로서 주목을 받고 있는 TFT-LCD (thin film transistor-liquid crystal display), OLED (organic light emitting diodes), E-paper 등의 구동 소자로서 응용 가능성이 기대되고 있다. 동시에 스마트카드, RFID (radio frequency identification) tag, 바이오센서 등 많은 부분에 적용이 가능할 것으로 기대되며 현재 많은 연구가 진행되고 있다.¹⁻²⁾ 유기박막 트랜지스터는 기존의 Si wafer를 이용한 반도체 소자에 비하여 저온에서 간단한 공정으로 형성이 가능하다. 유기박막트랜지스터 제작시 게이트 절연막의 절연 특성 및 전기적 특성은 소자의 동작 특성에 영향을 미치는 중요한 요소이다.³⁻⁴⁾ 기존의 SiO₂ 무기 절연막은 유기물과 접촉시 계면특성이 좋지 않아 계면저항의 증가로 ohmic contact에 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 현재는 PMMA (polymethyl methacrylate), PI (polyimide), PVA (polyvinyl alcohol), PVP (poly-4-vinylphenol) 등의 고분자 물질을 절연막으로 이용한 유기박막 트랜지스터를 제작하는 연구가 진행되고 있다.⁵⁻⁶⁾ 본 연구에서는 유기박막 트랜지스터 소자에 응용하기 위하여 ITO (indium tin oxide) 코팅된 유리 기판위에 cross-linked PVP 절연막을 스펀코팅법으로 형성하였다. 제작된 MIM (metal-insulator-metal) 캐패시터 (capacitor) 소자에 대해 기판 종류와 절연층 두께에 따른 표면 형상과 전기적 특성을 비교, 분석하였다.

2. 실험 방법

캐패시터 소자를 제작하기 위한 기판 전처리 과정으로 Methanol, D.I water, IPA (isopropyl alcohol)를 이용하여 초음파 세정한 후, 질소 가스를 불어서 건조하였다. 또한 기판 위에 잔여 수분을 완전히 제거하기 위하여 진공 오븐에서 1시간 동안 건조하였다. 고분자 유기절연막인 PVP는 PGMEA (propylene glycol monomethyl ether acetate)를 용매로 사용하여 1:9 wt% 농도비로 상온에서 교반하였다. 전극의 식각 처리시 acetone과 같은 용매의 영향을 최소화하기 위하여 열경화제인 poly(melamine-co-formaldehyde)를 5 wt% 를 첨가하여 cross-linked PVP를 제작하였다.⁵⁾ 제조된 PVP 절연용액에 대해 스펀코팅(spin coating)법으로 절연박막을 형성하였다. 마지막으로 열진공 증착 장비를 이용하여 150 nm로 Al 상부전극을 직경 4 mm (A: 12.5 mm²) 크기의 원형으로 증착하여 MIM 구조의 캐패시터 소자를 제작하였다.

제작된 캐패시터 소자는 semiconductor analyzer (HP4145B와 HP4280A)를 통하여 전류-전압 (I-V) 및 정전용량-전압(C-V) 특성을 조사하였으며 박막 두께는 알파스텝 (α-step) 두께 측정기를 이용하였다.

3. 실험결과

Fig 1은 제작된 캐패시터 소자에서 (a) 전류-전압 특성과 (b) 정전용량-전압 특성값을 나타낸 그래프이다. PVP 유기 절연막의 두께를 300 nm에서 500 nm로 증가한 경우 캐패시터 소자의 누설전류는 10.69 nA에서 0.1 nA 로 두께가 증가할수록 누설전류는 개선된다는 것을 확인할 수 있었다.

유기박막 트랜지스터에서 채널 폭 (width, W), 길이 (length, L) 등의 소자 구조와 게이트 절연층의 정전용량 (capacitance, Co)은 트랜지스터의 성능을 좌우하는 요소이다. 게이트 절연막의 정전용량이 클수록 트랜지스터의 드레인 전류의 증가와 캐리어 이동도는 향상된다. ITO/ Glass 기판에 증착된 PVP 유기절연막의 정전용량은 300 nm 두께의 경우 약 1.0 nF/cm²으로 우수한 값을 나타내었다. 또한 PVP 유기 절연막의 두께가 300 nm에서 500 nm로 증가할 경우 정전용량은 1.05 nF/cm² 에서 0.65 nF/cm² 으로 감소하였다.

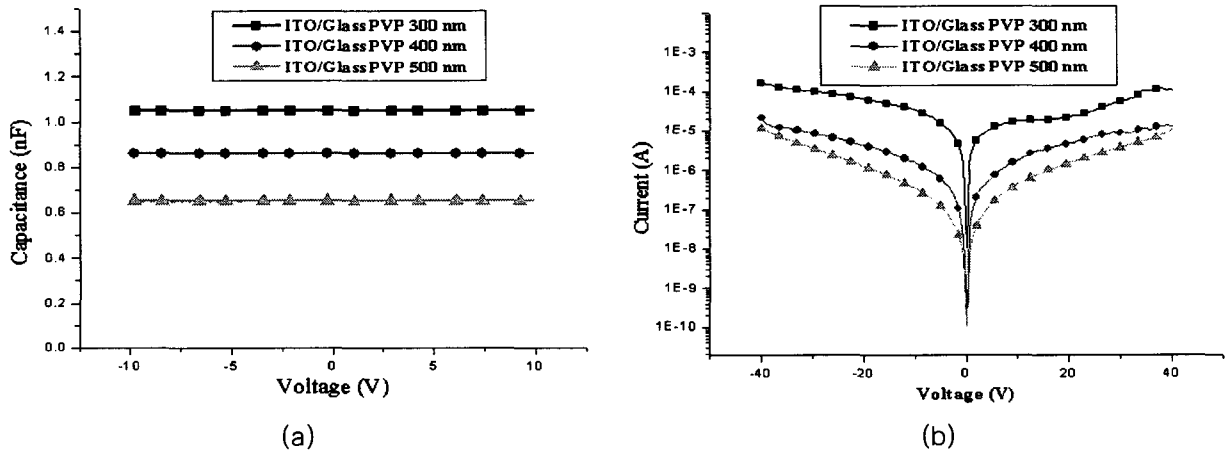


Fig 1. (a) I-V characteristics of PVP insulation film for PVP (300 nm)/ITO/Glass, PVP (400 nm)/ITO/Glass, PVP (500 nm)/ITO/Glass and (b) C-V characteristics of PVP insulation film for PVP (300 nm)/ITO/Glass, PVP (400 nm)/ITO/Glass, PVP (500 nm)/ITO/Glass

4. 결론

본 실험은 ITO/Glass 기판을 이용하여 cross-linked PVP막의 두께를 변화시켜 캐패시터 소자를 제작하고 전기적 특성을 관찰하였다. 제작된 소자에 대해 절연막 두께에 따른 전기적 특성을 조사한 결과 300 nm 에서 500 nm 로 두께가 증가할수록 누설전류는 10.69 nA 에서 0.1 nA 로 크게 감소하였다. 또한 캐패시터 소자의 정전용량은 300 nm 의 두께에서 1.05 nF 으로 500 nm 의 두께에서의 0.65 nF 과 비교하여 보다 양호한 특성이 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 특정목적기초 프로그램(R-01-2005-000-10058-0)에 의해 수행된 연구의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] B. K. Crone, A. Dodabalapur, R. Sarpeshkar, A. Gelperin, H. E. Katz, and Z. N. Bao,

- "Organic oscillator and adaptive amplifier circuits for chemical vapor sensing" J. Appl. Phys. 91, 10140, 2002.
- [2] J. H. Lee, S. H. Kim, G. H. Kim, J. I. Lee, Y. S. Yang, H. Y. Chu, J. Y. Oh, L. M. Do and T. Zyung, "Organic transistors using polymeric gate dielectrics" J. of the Korean Physical Society, 42, S614S617, 2003.
- [3] K. Kudo, M. Yamashina, T. Morizumi, "Light-Emitting Field-Effect Transistor Based on a Tetracene Thin Film" Jpn. J. Appl. Phys, 23, 130, 1984.
- [4] A. Tsumura, H. Koezuka, Y. Ando, "Polythiophene field-effect transistor: Its characteristics and operation mechanism" Synth. Meth., vol.25, pp. 11-23, 1988.
- [5] I. J. Baek, J. H. Yoo, H. S. Lim, H. J. Chang, and H. Y. Park, "Preparation and properties of PVP gate insulation film for organic thin film transistor" J. of Microelectronics and Packaging Society Vol, 12, No. 4, p. 359-363, 2005.