

유기 트랜지스터 제작을 위한 PMMA 게이트 절연막의 특성연구

유병철¹, 공수철¹, 신익섭¹, 신상배¹, 이학민¹, 박형호², 전형탁³, 장호정^{1,*}

¹단국대학교 전자·컴퓨터공학과

²연세대학교 세라믹공학과

³한양대학교 신소재공학과

e-mail: hjchang@dankook.ac.kr

A Study of PMMA Gate Insulator Film for Organic Transistors

Byung-Chul Yoo¹, Su-Cheol Gong¹, Ik-Sub Shin¹, Sang-Bea Shin¹, Hak-Min Lee¹, Hyung-Ho Park², Hyeong-Tag Jeon³ and Ho-Jung Chang^{1,*}

¹Department of Electrical and Computer Engineering, Dankook University

²Department of Ceramics Engineering, Yonsei University

³Division of Materials Science and Engineering, Hanyang University

요 약

PMMA (polymethyl methacrylate) 유기막의 농도별 최적화를 위하여 1, 2, 4, 6, 8 wt.%의 PMMA 농도별로 Al/PMMA/ITO/Glass 구조의 MIM (metal-insulator-metal) 캐패시터 소자를 제작하였다. 유기 절연층의 형성은 ITO/Glass 기판 위에 PMMA를 용질로, Anisole를 용매로 사용하여 스프인코팅법으로 소자를 형성하였다. 제작된 소자에 대해 농도에 따른 전기적 특성을 조사한 결과 누설전류는 2 wt.% 농도의 PMMA로 제작된 소자에서 0.3 pA로 가장 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 동일한 PMMA 농도로 제작된 캐패시터 소자의 정전용량은 1.2 nF으로 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 계산된 값과 매우 유사한 값을 얻을 수 있었다.

1. 서 론

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 구동소자로서 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. 특히 최근에는 휨성 (flexible) 디스플레이의 구현을 위해 플라스틱 (plastic) 기판상에 게이트 유기 절연층을 형

성하여 유기박막트랜지스터 (organic thin film transistor, OTFT)를 제작하는 연구가 활발히 진행되고 있다.^[3-4] 유기박막트랜지스터 제작시 게이트 절연막의 절연 특성 및 전기적 특성은 소자의 동작 특성에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 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.^[5-7]

본 연구에서는 유기박막 트랜지스터 소자에 응용하기 위하여 ITO (indium thin oxide) 코팅된 유리 기

판위에 PMMA 절연막을 스펀코팅법으로 형성하여 MIM (metal-insulator-metal) 캐패시터 (capacitor) 소자에 제작하여 유기 절연층 농도에 따른 전기적 특성을 비교, 분석하였다.^[8]

2. 실험 방법

Figure 1은 PMMA 절연막의 전기적 특성을 조사하기 위하여 ITO/Glass 기판을 이용하여 제작된 MIM 소자의 단면구조도를 보여주고 있다. 사용된 기판은 Acetone, Methanol, IPA를 이용하여 초음파 세정한 후, 질소 가스를 불어서 건조하였다. 농도에 대한 절연막의 전기적 특성을 조사하기 위해 고분자 유기절연막인 PMMA는 Anisole를 용매로 사용하여 1:99, 2:98, 4:96, 6:94, 8:92 wt% 농도비로 70 °C에서 교반하였다. 제조된 PMMA 절연용액에 대해 스펀코팅 (spin coating) 회전수를 1000 rpm/20sec로 고정하여 PMMA 절연막을 형성하였다. 그런 후 100°C에서 30분간 건조하였다. 도포된 박막의 두께는 1 wt.%, 2 wt.%, 4 wt.%, 6 wt.%, 8 wt.% 인 경우 각각 약 42, 62, 150, 410, 500 nm 의 두께를 나타내었다. 하부전극의 패터닝(patterning)을 위해 Acetone을 사용하여 식각 후, 200°C에서 7분간 열처리(curing)를 실시하였다. 마지막으로 열진공증착 장비를 이용하여 150 nm로 Al 상부전극을 직경 2 mm 크기의 원형으로 증착하여 MIM 구조의 캐패시터 소자를 제작하였다.

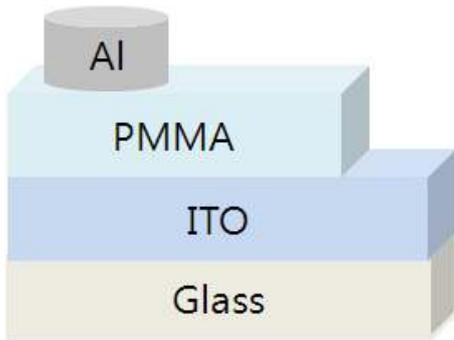


Fig. 1 Structure of Al/PMMA/ITO/Glass

제작된 캐패시터 소자는 Agilent B1500A semiconductor device analyzer와 HP4280A를 통하여 전류-전압 (I-V) 및 정전용량-전압 (C-V) 특성을 조사하였다. PMMA 게이트 절연막의 두께는 알파 스텝 (α-step)을 이용하여 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 PMMA 박막의 I-V 특성

Figure 2는 Al/PMMA/ITO/Glass 구조를 갖는 캐패시터 소자에서 PMMA의 농도에 따른 I-V 전류-전압 특성 곡선을 보여주고 있다. 1, 2, 4, 6, 8 wt.%의 농도로 제작된 절연막의 누설전류는 각각 2.3, 0.3, 2.8, 6.8, 4.9 pA 로 전류-전압 특성은 2 wt.%의 농도로 제작된 절연막의 경우가 가장 우수한 특성을 나타내었다.

유기박막 트랜지스터에서 채널 폭 (width, W), 길이 (length, L) 등의 소자 구조와 게이트 절연층의 정전용량 (capacitance, Co)은 트랜지스터의 성능을 좌우하는 요소이다. 식 (1)에서 알 수 있듯이 게이트 절연막의 정전용량이 클수록 트랜지스터의 드레인 전류의 증가와 캐리어 이동도는 향상된다.

$$I_D = \frac{\mu_{FET} C_0 W}{2L} (V_G - V_{TH})^2 \quad - (1)$$

여기서, I_D 는 소자의 드레인 전류, μ_{FET} 는 캐리어 이동도, V_G 는 게이트 전압, 그리고 V_{TH} 는 임계전압을 나타낸다.

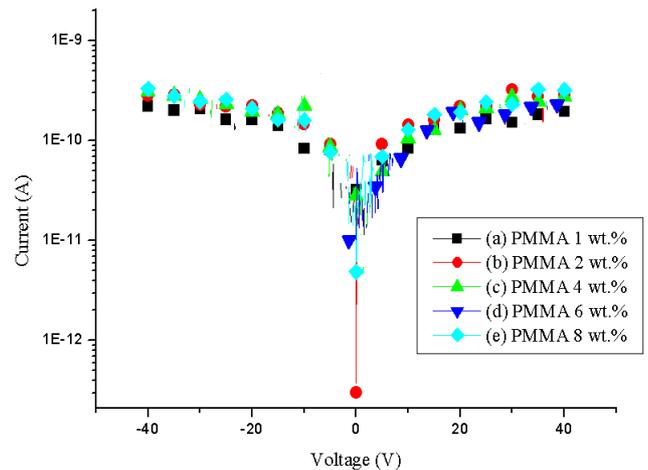


Fig. 2 I-V characteristics of PMMA insulation film for (a) PMMA 1 wt.% (b) PMMA 2 wt.% (c) PMMA 4 wt.% (d) PMMA 6 wt.% and (e) PMMA 8 wt.%.

3.2 PMMA 박막의 C-V 특성

Figure 3은 Al/PMMA/ITO/Glass 구조를 가지는 캐패시터 소자에서 PMMA 유기 절연막의 전압인가에 따른 정전용량의 특성 그래프이다. ITO/ Glass 기판

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 특정목적기초 프로그램 (과제번호: R01-2005-000-10058-0)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] T. N. Jackson, Y. Y. Lin, D. J. Gundlach and H. Klauk, "Organic thin-film transistors for organic light-emitting flat-panel display backplanes", IEEE J. of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 4, No. 1, p. 101-104, 1998

[6] 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)

[7] S. C. Bae, S. T. Oh and S. Y. Choi, "Fabrication of thin film transistor on plastic substrate for application to flexible display" 한국전자공학회, 47, 7, pp 481-485

[8] J. Puigdollers, C. Voss, I. Martin, A. Rosella, M. Vetter, R. Alcubilla, J. Non-Cryst. Solids 338-340 (2004) 617.

에 증착된 PMMA 유기절연막의 정전용량은 1, 2, 4, 6, 8 wt.%의 농도로 제작된 절연막에 따라 각각 0.03, 1.22, 0.51, 0.24, 0.16 nF 을 나타내었으며 2 wt.%로 제작된 소자의 경우 1.2 nF으로 가장 우수한 특성을 나타내었다. 이와 같이 측정된 정전용량은 1 wt.%를 제작된 소자의 경우를 제외하고 캐패시터 구조에서 정전용량 관계식인 식(2)에 의해 계산된 값과 매우 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad - (2)$$

여기서, ϵ_0 는 진공에서의 유전율(8.86×10^{-12} F/m), ϵ_r 은 PMMA의 비유전율 (ϵ_r : 3.5), A는 전극면적 (A: 3.14 mm^2) 그리고 d는 PVP 절연막의 두께를 각각 나타낸다.

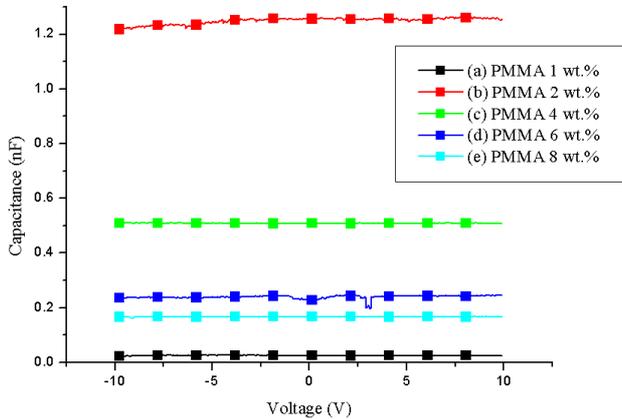


Fig 3. C-V characteristics of PMMA insulation film for (a) PMMA 1 wt.% (b) PMMA 2 wt.% (c) PMMA 4 wt.% (d) PMMA 6 wt.% and (e) PMMA 8 wt.%.

4. 요약

유기박막 트랜지스터의 제작에 사용되는 PMMA 게이트 절연막의 농도에 따른 최적화를 위하여 ITO/Glass 기판을 이용하여 PMMA 캐패시터 소자를 PMMA의 농도별로 제작하여 전기적 특성을 관찰하였다. 누설전류 값은 2 wt.%의 농도를 갖는 PMMA 절연막으로 제작된 소자의 경우 각각 0.3 pA로 가장 우수한 특성을 나타내었다. 동일한 농도에서 정전용량값은 1.2 nF으로 가장 우수한 특성을 나타내었으며, 계산 값과 매우 유사한 결과를 얻을 수 있었다.