

유기 절연층에 따른 유기 TFT 특성 연구

표상우[†] · 이민우* · 손병청* · 김영관**

홍익대학교 전기정보제어공학과, *홍익대학교 화학공학과,

**홍익대학교 기초과학과

(2002년 10월 8일 접수 ; 2002년 11월 16일 채택)

Study on the Characteristics of Organic TFT Using Organic Insulating Layer Efficiency

Sang-Woo Pyo[†] · Min-Woo Lee* · Byung-Chung Sohn* · Young-Kwan Kim**

*Department of Electrical Information and Control Engineering, Hongik University, 72-1,
Sangsu-dong, Mapo-gu, Seoul 121-791, Korea.*

**Department of Chemical Engineering, Hongik University, 72-1, Sangsu-dong, Mapo-gu,
Seoul 121-791, Korea.*

***Department of Science, Hongik University, 72-1, Sangsu-dong, Mapo-gu,
Seoul 121-791, Korea.*

[†]e-mail : swpyo@kebi.com

(Received October 8, 2002 ; Accepted November 16, 2002)

Abstract : A new process for polymeric gate insulator in field-effect transistors was proposed. Fourier transform infrared absorption spectra were measured in order to identify ODA-ODA polyimide. Its breakdown field and electrical conductivity were measured. All-organic thin-film transistors with a stacked-inverted top-contact structure were fabricated to demonstrate that thermally evaporated polyimide films could be used as a gate insulator. As a result, the transistor performances with evaporated polyimide was similar with spin-coated polyimide. It seems that the mass-productive in-situ solution-free processes for all-organic thin-film transistors are possible by using the proposed method without vacuum breaking.

Keywords : polymeric gate insulator, vapor deposition polymerization, in-situ solution-free process.

1. 서론

기존의 무기 게이트 절연체(inorganic gate dielectric)는 매우 훌륭한 절연 특성을 보여주었다. 특히 silicon oxide는 1MV/cm 이상의 breakdown field와 10^{-12} S/cm 이하의 전기 전

도성을 가진다[1-3]. 유기 박막 트랜지스터에 사용하는 무기물 게이트 절연체로는 유기 활성층이 잘 배열할 수 있도록 하기 위하여 자배열을 하는 octadecyltrichlorosilane 이나 hexamethyldisilazane을 사용한다[4,5].

또한 고분자 게이트 절연체는 스피코팅을 이

용하거나[6,7], self-assemble monolayer 공정을 이용하여 할 수 있다[8]. 이런 방법들은 간단한 공정과 싼 제조가격이 장점이나 wet 공정이 포함되어 있다는 것이 단점이다.

본 논문에서는 박막 트랜지스터에 사용할 수 있는 새로운 고분자 절연체 제조공정을 제안한다. 고분자 박막의 성능을 향상시키는데 좋은 방법인 VDP(vapor deposition polymerization) [9,10]를 사용하여 게이트 절연층을 성막하였다. 이 방법은 세도우 마스크(shadow mask)와 dry 방식을 사용하므로 플랫 패널 디스플레이에도 응용이 가능하다.

2. 실험

본 실험에서는 4,4'-oxydianiline와 4,4'-oxydiphthalic dianhydride을 사용하여 polyimide 게이트 절연층을 성막하였다. 이 두 가지 물질은 동시에 고압(10^{-7} Torr)에서 약 1:1의 비로 열 증착한다. 그 후 진공오븐을 이용하여 150°C 온도에서 1시간 polyimide화 시킨다. Fig. 1은 이상의 과정을 계략도로 나타낸 것이다.

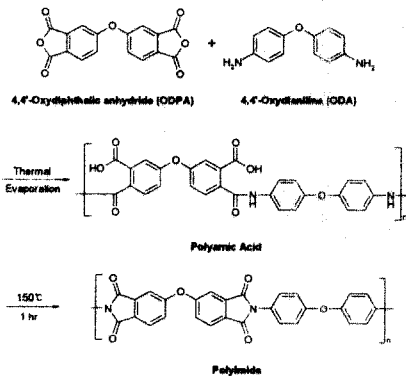


Fig. 1. The preparation of polyimide via the condensation of carboxylic dianhydride and dianiline.

FT-IR(fourier transform infrared absorption) 스펙트라를 이용하여 측정하여 보면 1379 cm^{-1} (C-N결합), 1500 cm^{-1} (C-C결합), 1720 cm^{-1} (C=O결합), 1778 cm^{-1} (C=O결합)에서 피크를 볼 수가 있는데 이것으로 polyimide막이 생성된

것을 보여준다.

polyimide막의 전기적인 특성을 알아보기 위하여 Metal-Insulator-Metal 구조 만들고 그것을 측정 한 결과는 Fig.2와 같다.

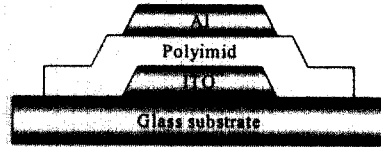
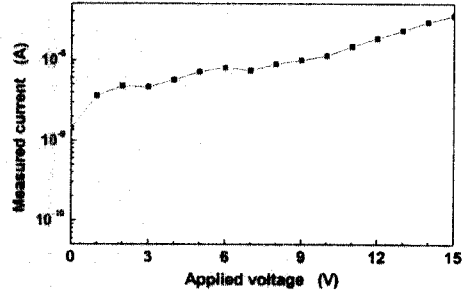


Fig. 2. Metal-insulator-metal structure and electrical characteristics of polyimide layer.

유리판위에 photolithography를 이용하여 ITO(Indium-Tin-Oxide)을 140nm 두께로 성막을 한다. 그 위에 앞에서 언급한 방법으로 polyimide를 150nm 두께로 성막한 후 금속 전극으로 알루미늄을 1500nm 두께로 증착한다. 이 소자 접촉면적은 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 이다. breakdown field와 전기 전도성 측정 결과 각각 0.4 MV/cm and 10^{-11} S/cm 로 나타났다. 이상으로 polyimide의 절연특성을 확인할 수 있었다.

그 다음 단계로 polyimide 절연층을 이용하여 OTFTs를 제조하였다. 활성층으로 사용된 Pentacene은 다섯 개의 벤젠고리로 구성된 단분자로 P형 반도체로 사용되는 물질이다[11]. TFT소자는 Fig. 3와 같이 유리기판위에 inverted top-contact 형태로 제작하였다.

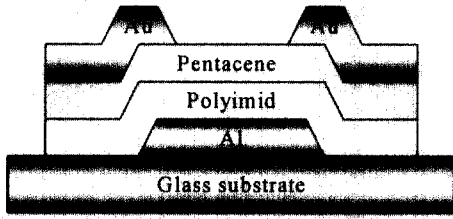


Fig. 3. Device structure of organic thin-film transistors.

Al 800Å 두께로 증착하여 게이트 전극으로 사용하였는데 이것은 페르미 준위(fermi level)에 의한 것이다. 여기에 절연층인 Polyimide막은 약 4500Å의 두께로 성막하였다. 여기에 100nm 두께로 pentacene을 활성층으로 고 진공에서 0.2 ~ 0.3Å/s 속도로 열 증착하였다 (5×10^{-7} torr). 활성층 성막은 상온에서 실시되었다. 소오스(source)와 드레인(drain) 전극은 Au(gold)를 사용하였고 모두 shadow mask를 사용하여 열 증착하였다. Au를 소오스와 드레인 전극으로 사용한 이유는 Au의 work function이 pentacene의 LUMO값과 비슷하기 때문에 pentacene과 Au가 ohmic contact을 이룰 수 있도록 하기 위해서이다.

3. 결과 및 고찰

제작된 OTFT 소자의 전기적 특성을 살펴보면 Fig. 4와 같다. 이 소자의 채널길이(channel length)와 넓이(channel width)는 각각 50 μm와 5000 μm이고 Keithly 238 and 617을 사용하여 측정하였다. Fig. 4를 살펴보면 깨끗한 TFT의 출력 특성을 확인할 수가 있다.

트랜스퍼 특성은 Fig. 4에서 확인 할 수가 있는데, Shockley model[15]을 사용하여 측정할 결과 field effect mobility 가 0.134 cm²/Vs이고 threshold voltage가 7 V 로 나타났다. 또한 On-off current ratio는 10⁶ A/A로, subthreshold slop은 약 1.2 V/decade로 측정되었다.

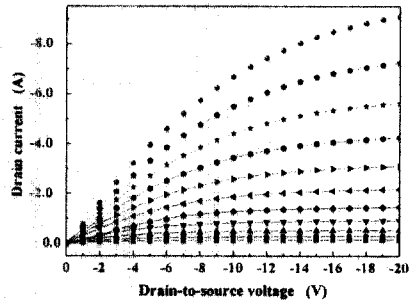


Fig. 4. The electrical output characteristics of polyimide gate insulator OTFTs.

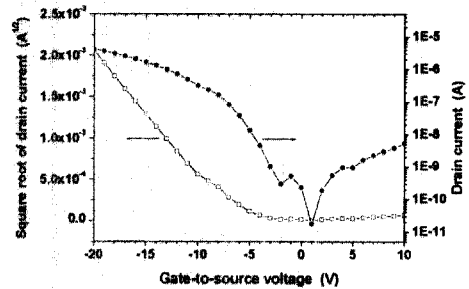


Fig. 5. The electrical transfer characteristics of polyimide gate insulator OTFTs.

4. 결론

이상을 요약해보면 다음과 같다. 우리는 새로운 방식의 polymer 절연층을 성막하는 방법을 제안하고 OTFT 소자를 제작하였다. Polyimide막은 4,4-oxydiphthalic anhydride 와 4,4-oxydianiline 을 VDP방법을 사용하여 제작하였다. 이 방법을 이용하여 모든 OTFT에 polyimide막을 열 증착을 이용하여 절연층으로 사용할 수 있게 하였다. 제안된 공정은 진공하에서, 즉 solution-free 환경에서 사용될 수가 있다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 홍익대학교 교내 연구비로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. E. P. Gusev, H.-C. Lu, E. L. Garfunkel, T. Gustafsson, and M. L. Green, *IBM J. RES. DEVELOP.*, **43**, 265 (1999).
2. H. Klauk, D. J. Gundlach, J. A. Nicholes, C. D. Sheraw, M. Bonse, and T. N. Jackson, *Solid State Technol.*, **43**, 63 (2000).
3. G. Horowitz, X. Peng, D. Fichou, and F. Garnier, *J. Appl. Phys.*, **67**, 528 (1990).
4. Y. S. Yang, S. H. Kim, J. I. Lee, H. Y. Chu, L. M. Do, H. Lee, J. Oh, and T. Zyung, *Appl. Phys. Lett.*, **80**, 1595 (2002).
5. Y. Y. Lin, D. J. Gundlach, S. F. Nelson, and T. N. Jackson, *IEEE Trans. Electron Devices*, **44**, 1325 (1997).
6. X. Peng, G. Horowitz, D. Fichou, and F. Garnier, *Appl. Phys. Lett.*, **57**, 2013 (1990).
7. Y. M. Kim, S. W. Pyo, J. H. Kim, J. H. Shim, Y. K. Kim, and J. S. Kim, *J. Kor. Inst. Elec. Elect. Mater. Eng.*, **15**, 110 (2002).
8. J. Collet and D. Vuillaume, *Appl. Phys. Lett.*, **73**, 2683 (1998).
9. S. F. Alvarado, W. Rieß, M. Jandke, and P. Strohmriegl, *Organic Electronics*, **2**, 75 (2001).
10. A. Kubono, N. Yuasa, H. L. Shao, S. Umemoto, and N. Okui, *Thin Solid Films*, **289**, 107 (1996).
11. L. Torsi, N. Cioffi, C. Di Franco, L. Sabbatini, P. G. Zambonin, and T. Bleve-Zacheo, *Solid-State Electronics*, **45**, 1479 (2001).
12. Y. Y. Lin, D. J. Gundlach, and T. N. Jackson, *Materials Research Society Symposium Proceedings*, **413**, 413 (1996).
13. T. Kashi, S. Kawamura, N. Imai, K. Fukuda, K. Matsumura, and N. Ibaraki, *J. Non-Cryst. Solids*, **198-200**, 1130 (1996).
14. L. Torsi, A. Dodabalapur, and H. E. Katz, *J. Appl. Phys.*, **78**, 1088 (1995).
15. W. Shockley, *Proc. IRE.*, **40**, 1365 (1952).