

폴리이미드 패시베이션과 폴리비닐알콜 패시베이션 레이어 성막이 고성능 유기박막 트랜지스터에 주는 영향

박일홍¹ · 형건우² · 최학범¹ · 황선욱¹ · 김영관*

¹홍익대학교 정보디스플레이공학과, 서울 121-791

²홍익대학교 신소재공학과, 서울 121-791

*홍익대학교 정보디스플레이공학과, 서울 121-791

(2008년 3월 3일 받음)

이 논문에서 무기 게이트 인슐레이터 위에 Polyimide 유기 점착층을 성형하여, 고성능의 유기 박막 트랜지스터(OTFT)소자를 제작한 후 450 nm 두께로 폴리이미드를 Vapor deposition polymerization (VDP)방법을 사용하여 패시베이션하였다. 이때 폴리이미드성막을 위해, 스핀코팅 방법 대신 VDP 방법 도입하였다. 이 폴리이미드 고분자막은 2,2 bis(3,4-dicarboxyphenyl) hexafluoropropane dianhydride (6FDA)와 4,4'-oxydianiline(ODA)을 고진공에서 동시에 열증착 시킨 후, 170 °C에서 2시간 열처리하여 고분자화 된 막을 형성하였다. 다른 종류의 유기 패시베이션 막이 소자에 주는 영향을 비교 분석하기 위해, 450 nm 두께로 스핀코팅법을 이용하여 폴리비닐알콜 패시베이션 막을 형성하였다. 이 두 가지 패시베이션 막 형성법이 소자의 문턱전압과, 전하이동도에 주는 영향을 전기적 특성을 통해 변화를 확실히 볼 수 있었다. 최초 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성은 문턱전압, 접합비, 그리고 정공의 이동도는 각각, -3 V, 약 10⁶ 그리고, 0.24 cm²/Vs 이 측정되었고, 폴리이미드를 사용하여 패시베이션 후 특성이 각각 0 V, 약 10⁶ 그리고, 0.26 cm²/Vs, 폴리비닐알콜 패시베이션 경우는 특성이 각각, 문턱전압의 경우 0 V에서 +2 V로, 접합비는 10⁶에서 10⁵으로 전계효과이동도는 0.13 cm²/Vs 에서 0.13 cm²/Vs로 변화하였다.

주제어 : organic thin film transistor, pentacene, passivation, vapor deposition polimerization

I. 서 론

OTFTs(Organic Thin Film Transistors)의 성능은 최근 10년간 눈부시게 발달하여 비정질실리콘(a:Si) TFT의 성능까지 도달하였다. 일반적으로 실리콘 산화막(SiO₂)과 같은 무기물들은 낮은 전기 전도성과 높은 항복 전압(breakdown field)을 갖기 때문에 게이트 절연막으로 주로 사용되어 왔다[1,2]. 그러나 무기물과 유기 반도체와의 접합은 서로 다른 특성을 가진 두 물질의 접합이기 때문에 계면 특성이 떨어지게 된다. 이 같은 부적절한 결합 때문에 OTFT의 드레인(drain) 전류와 전하(carrier)의 전하이동도(mobility), 문턱전압(threshold voltage)과 같은 전기적 특성이 저하된다. 이 같은 문제점을 극복하기 위해서, 본 논문에서는 건식 공정인 vapor deposition polymerization(VDP) 방법을 이용해서 폴리이미드(polyimide)를 점착층으로 사용함으로써 성능을 향상시켰다.[3-5]

그러나, 이렇게 성능이 향상된 OTFTs는 기존의 트랜지

스터와 달리 재료가 유기물로 되어있어, O₂과 H₂O 등에 노출되면 심각하게 열화된다. 따라서, 외부의 극한 환경에서도 성능을 유지 할 수 있도록 하기위해 OTFTs의 패시베이션은 매우 중요하다. 최근 연구에서 O₂와 H₂O가 OTFTs의 성능과 안정성에 심각한 영향을 주는 것으로 알려졌다. 극성분자인 H₂O의 경우 pentacene의 그래인 바운더리에 침투하여, 극성 전하 트랩 역할하며, O₂의 경우는 pentacene을 pentacene-quinon으로 산화시킨다. 결과적으로, 전류와 전하이동도를 감소시킨다.[6,7]

따라서, 우리는 폴리이미드를 점착층으로 사용하여 우수한 성능의 TFT를 제작하였고, 이 우수한 성능의 TFT를 외부 환경에 의한 열화를 막는 한편, 패시베이션 공정시 유기 반도체 물질인 pentacene이 받는 피해를 최소한으로 줄이기 위한 방법으로 Vapor deposition polymerization (VDP) 법을 사용하여 폴리이미드로 패시베이션 하였다. 성능을 비교 평가하기 위해 똑같은 구조의 소자를 스핀코팅법을 이용하여 폴리이미드와 같은 두께로 폴리비닐알콜

* [전자우편] kimyk@wow.hongik.ac.kr

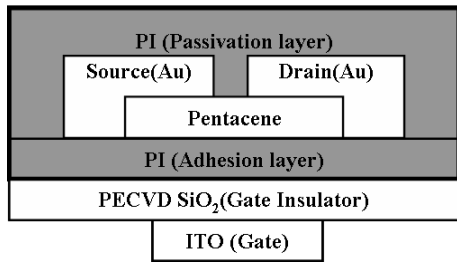


Fig 1. Schemes of OTFTs.

(polyvinylalcohol)을 사용하여 패시베이션 제작하였다.[8,9] 그 후 서로 다른 소재로 패시베이션 된 두 소자의 전기적 특성과 비교 분석하였다.

II. 실험

Fig 1.은 본 논문에서 사용한 소자의 구조이다. 패시베이션의 영향을 확실히 알아보기 위해 두 소자를 동시에 제작하였다. 게이트 전극은 스퍼터링(sputtering)으로 100 nm 두께의 ITO를 성막하였고, 게이트 절연체는 plasma enhanced chemical vapor deposition(PECVD) 방법으로 SiO₂를 0.2 μm 성막하였다. 이 같이 제작된 기판은 LG Philips LCD로부터 공급받았다. 유기 반도체와 무기 게이트 절연체의 계면 특성을 향상시키기 위해서 점착층으로 폴리이미드를 VDP 방법으로 증착하였다. 증착방법은 2,2-bis (3,4-dicarboxy -phenyl) hexafluoropropane dianhydride (6FDA) 와 4,4'-oxy -dianiline (ODA) 를 5 Å/s의 증착률로 동시에 1:1 비율로 열 증착 시킨 후 150 °C에서 1시간 열처리 한 후 다시 200 °C에서 1시간 열처리 하여 폴리이미드 고분자막을 형성시켰다. 이때 진공도는 5×10⁻⁷ torr로 유지하였고 6FDA 와 ODA 두 물질의 증착 속도 균형을 맞추기 위해서 2시간 동안 예열 과정을 거쳤다. [3,4] 활성층으로는 가장 널리 쓰이고 있는 유기반도체인 pentacene을 사용하였고, 증착 속도는 0.3 Å/s로 60 nm 증착하였다. 소스(source)와 드레인(drain) 전극은 웨도우 마스크를 통하여 금(Au)60 nm을 열 증착하였고, 이때의 채널 길이와 폭은 각각 50 μm와 1250 μm로 하였다. 그 후, 동시에 제작한 소자 중 하나의 소자를 선택하여 마지막 패시베이션 공정으로 폴리이미드의 경우 점착층 제작 방법과 같은 VDP 방법으로 사용하여, 450 nm 증착 후 190 °C에서 2시간 열처리를 통해 패시베이션 시켰다. 폴리비닐알콜 패시베이션의 경우는 솔벤트를 증류수로 사용하여 6

wt%로 용액을 만든후 스핀코팅법으로 OTFTs 소자위에 450nm 성막후 4시간의 건조과정을 거쳐 패시베이션을 완성시켰다. 그 후 25 °C, 상대습도 60 % 환경에서 두 소자의 전기적 특성을 비교 연구하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 2는 폴리이미드 패시베이션 공정시 소자가 받은 피해를 알아보기위해 패시베이션 한 소자와 하지 않은 소자를 비교한 전기적 특성 그래프이다. V_{DS}를 -20 V 로 고정후 V_G를 20 V에서 -40 V까지 0.5 V 단위로 I_D 전류를 측정하여 전달특성을 알아보았다. 폴리이미드 패시베이션한 소자의 성능은 문턱전압의 경우 -3V에서 0V로, 점별비는 10⁶에서 10⁶으로 전계효과이동도는 0.24 cm²/Vs 에서 0.26 cm²/Vs 로 문턱기울기는 3 V/decade에서 3 V/decade로 TFT 성능이 패시베이션 후에도 유지 되었음이 확인되었다.

Fig. 3은 폴리이미드 패시베이션 하지 않은 소자와 폴리이미드 패시베이션 한 소자의 시간 경과에 따른 전기적 특

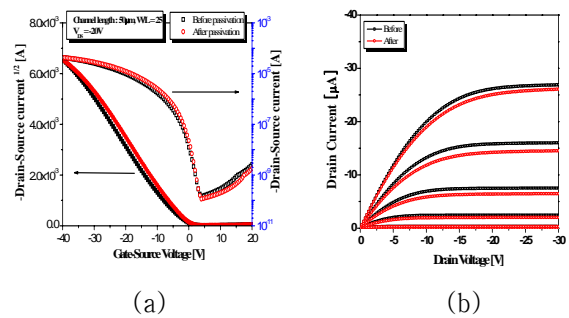


Fig. 2. (a)The transfer characteristic and (b)output characteristic of the OTFTs with and without passivation layers. (V_{DS} = -20V, W/L = 25)

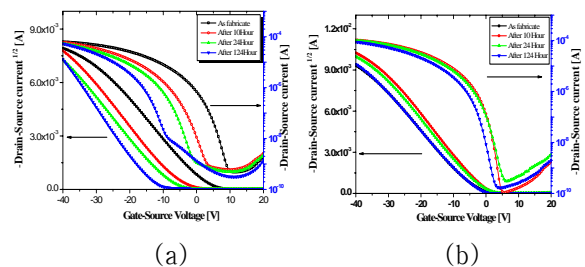


Fig. 3. (a) The initial and after 10, 24, 124 hours electrical characteristics of the none passivation OTFTs. (b) The initial and after 10, 24, 124 hours electrical characteristics of the polyimide passivation OTFTs

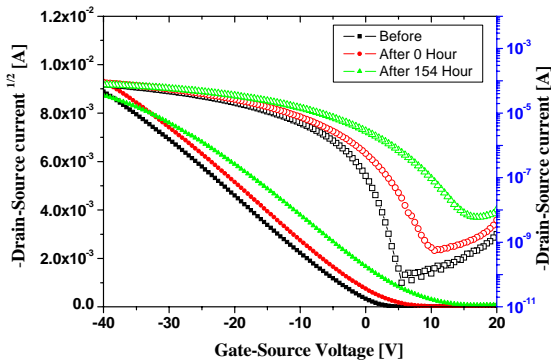


Fig. 4. The initial and after 0, 154 hours electrical characteristics of the polyvinylalcohol passivation OTFTs

성 그래프이다. 패시베이션을 하지 않은 소자의 경우, 제작 후 시간이 경과함에 따라 문턱전압이 급격히 변하는 것을 볼 수 있다. 반면, 패시베이션 한 소자의 경우는 시간이 경과함에도 불구하고, 전기적 특성이 안정적인 것을 볼 수 있다.

다음은 폴리비닐알콜 패시베이션의 성능을 알아보기 위해 소자의 특성을 경과 시간대 별로 Fig. 4에 도시하였다. 먼저, 스핀코팅에 의한 폴리비닐알콜 패시베이션 공정 후에 소자의 특성이 잘 보존되었는지를 알아보기 위해 패시베이션 전의 소자와 후의 소자를 비교한 전기적 특성을 비교하여 보면, 폴리비닐알콜 패시베이션한 소자의 성능은 문턱전압의 경우 0V에서 +2V로, 점멸비는 10^6 에서 10^5 으로 전계효과이동도는 $0.13 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 에서 $0.13 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 문턱기울기는 3 V/decade에서 4 V/decade로 TFT 성능이 패시베이션 후에도 유지되었음을 확인하였다. 하지만, 폴리비닐알콜 패시베이션의 경우 124시간후의 소자의 성능을 최초 패시베이션 성능과 비교하여보면, 폴리비닐알콜 패시베이션한 소자의 성능은 문턱전압의 경우 2V에서 +9V로, 점멸비는 10^5 에서 10^4 으로 전계효과이동도는 $0.13 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 에서 $0.11 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 문턱기울기는 4 V/decade에서 7 V/decade로 OTFT 성능이 패시베이션 후 124시간후에 크게 열화되었음을 확인 할 수 있다. 폴리비닐알콜이 가지고 있는 H_2O 에 대한 차단 능력이 떨어지는 문제점 때문에 시간에 경과함에 따라 H_2O 의 침투로 인해 급격하게 성능이 감소한 것으로 생각된다.[8]

IV. 결 론

우리는 우수한 성능의 소자를 제작한 후, VDP법을 이용하

여 폴리이미드 패시베이션을 하였다. 패시베이션한 소자는 패시베이션 열처리 과정시 고온에서도 피해를 받지 않았다.

따라서, VDP법을 이용한 폴리이미드 패시베이션은 기존의 스핀코팅법을 사용한 패시베이션인 폴리비닐알콜과 비교하여 OTFT소자가 높은 온도에서도 성능 유지 가능하게 함으로써 좋은 패시베이션 방법임이 확인하였고, 또한, 폴리이미드의 경우 H_2O 침투 차단 능력이 폴리비닐알콜 보다 우수해 소자의 성능을 잘 유지 시킬 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단(KOSEF)의 ERC 기술 개발 사업에 의해서 지원되었습니다.(No. R11-2007-045-03001-0).

참고문헌

- [1] J. H. Na, M. Kitamura, D. Lee, Y. Arakawa, Appl. Phys. Lett. **90**, 163514 (2007).
- [2] W. H. Lee, D. H. Kim, Y. S. Jang, J. H. Cho, M. K. Hwang, Y. D. Park, Y. H. Kim, J. I. Han, K. W. Cho, Appl. Phys. Lett. **90**, 132106.(2007).
- [3] J. H. Shim, L. Y. Jung, S. W. Pyo, J. H. Kim, D. W. Gong, S. Y. Kim, J. S. Kim, Y. K. Kim, Thin solid Film **441**, 284 (2003).
- [4] Y. S. Yang, H. Y. Chu, J. I. Lee, S. H. Park, C. S. Hwang, S. M. Chung, L. M. Do, G. H. Kim, Journal of the Korean Vacuum Society **15**, 64 (2006).
- [5] S. W. Pyo, D. H. Lee, J. R. Koo, J. H. Kim, J. H. Shim, Y. K. Kim, Jpn. J. Appl. Phys. **44**, 652 (2005).
- [6] D. Li, E. J. Borkent, R. Nortrup, H. S. Moon, H. Katz, Z. Bao, Appl. Phys. Lett. **86**, 042105 (2005).
- [7] Y. Qiu, Y. Hu, G. Dong, L. Wang, J. Xie, Y. Ma, Appl. Phys. Lett. **83**, 1644 (2003).
- [8] S. H. Han, J. H. Kim, Y. R. Son, K. J. Lee, W. S. Kim, G..S. Cho, J. Jang, S. H. Lee, D. J. Choo, Electrochem. Solid-State Lett. **10**, J68 (2007).
- [9] S. H. Han, J. H. Kim, J. Jang, S. M. Cho, M. H. Oh, S. H. Lee, D. J. Choo, Appl. Phys. Lett. **88**, 073519 (2006).

Effects of Polyimide Passivation Layers and polyvinylalcohol Passivation Layers for Organic Thin-Film Transistors(OTFTs)

Il Hounq Park¹, Gun Woo Hyung², Hak Bum Choi¹, Sun wook hwang¹ and Young Kwan Kim^{*}

¹*Dept. of Information Display, Hongik University, Seoul 121-791*

²*Dept. of materials Science and Engineering, Hongik University, Seoul 121-791*

^{*}*Dept. of Information Display, Hongik University, Seoul 121-791*

(Received March 3, 2008)

In this paper, it was demonstrated that organic thin-film transistors (OTFTs) were fabricated with the organic passivation layer by vapor deposition polymerization (VDP) processing. In order to form polymeric film as a passivation layer, VDP process was also introduced instead of spin-coating process, where polymeric film was co-deposited by high-vacuum thermal evaporation from 6FDA and ODA followed by curing. In order to investigate by compared with different passivation layer, the other OTFTs is fabricated to passivation by Polyvinylalcohol using spincoating. We can see that two different ways of passivation layer affect electric characteristic of OTFTs. The initial electric characteristic of OTFTs before passivation such as field effect mobility, threshold voltage, and on-off current ratio are 0.24 cm²/Vs, -3V, and 10⁶, respectively. Then after polyimide passivation layer, field effect mobility change from 0.24 cm²/Vs to 0.26 cm²/Vs, threshold voltage from -3V to 1V and on-off current ratio from 10⁶ to 10⁶, respectively. In the case of polyvinylalcohol passivation, the initial electric characteristic of OTFTs before passivation such as field effect mobility, threshold voltage, and on-off current ratio are 0.13 cm²/Vs, 0V, and 10⁶, respectively. Then after polyvinylalcohol passivation layer, field effect mobility changes from 0.13 cm²/Vs to 0.13 cm²/Vs, threshold voltage from 0V to 2V, and on-off current ratio from 10⁶ to 10⁵, respectively.

Keywords : Organic thin-film-transistors(OTFTs), Passivation layer, Vapor deposition polimerization(VDP)

* [E-mail] kimyk@wow.hongik.ac.kr