

# Plasma 처리한 유기 절연층을 갖는 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성 연구

김연주 · 박재훈 · 강성인 · 최종선\*

홍익대학교 전기정보 제어 공학과  
(2004년 2월 13일 접수)

## A Study on the Electrical Characteristics of Organic Thin Film Transistor, OTFT With Plasma-Treated Gate Insulators

Kim Yeon-Ju, Park Jae-Hoon, Kang Sung-In and Choi Jong-Sun\*

*Dept. of Electrical & Control Engineering, Hongik University*

(Received February 13, 2004)

### 요 약

유기 절연층을 사용한 유기 박막 트랜지스터의 특성 향상을 위해 절연층 표면에 Ar 플라즈마 처리를 하였다. 플라즈마 처리는 절연체 표면의 화학적, 물리적 특성 변화를 통해 그 후에 이어지는 활성층 성막 시 분자들의 결정성을 향상시키기 위한 방법이다. 활성층으로 사용된 물질은 pentacene이며, 절연층으로 사용된 물질은 PVP(poly-vinyl-phenol)이다. Pentacene는 약  $10^{-6}$  Torr에서 0.5 Å/sec의 속도로, PVP는 spin coating법에 의해 각각 성막되었다. 형성된 절연층을 일정 시간동안 Ar 플라즈마 처리 한 후 각 소자의 전기적 특성을 측정하여 표면처리에 의한 특성 변화를 살펴보았다.

주제어 : 유기 박막트랜지스터, 플라즈마 처리, 유기 박막, 유기 반도체, 유기 절연체

### Abstract

In this work the electrical characteristics of organic thin film transistors with the surface-treated organic gate insulator have been studied. For the surface treatment of gate dielectric, Ar plasma was used. Pentacene and PVP were used as active and dielectric layers respectively. Pentacene was thermally evaporated in vacuum at a pressure of about  $10^{-6}$  Torr and at a deposition rate of 0.5 Å/sec. PVP was spin coated and cured at 100 °C. before pentacene deposition. organic thin film transistors with surface-treated gate insulators have provided improved operation characteristics.

**Key Words** : Organic Thin Film Transistor, Plasma Treatment, Organic Thin Film, Organic Semiconductor, Organic Insulator

## 1. 서 론

유기물을 이용한 유기 박막 트랜지스터(organic

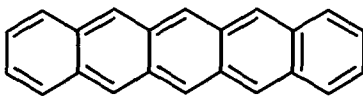
thin film transistor, OTFT)는 유연성, 저온 공정, 대면적화 가능성, 생산비용 절감 등의 장점을 지니고 있어 앞으로 요구되는 평판 디스플레이의 구동 소

자나 스마트 카드 등의 여러 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다. 반도체의 성질을 지닌 여러 유기물들 중에서 pentacene은 가장 우수한 소자 특성을 보이는 것으로 보고되고 있다 [1-4]. 또한 활성층 뿐만 아니라 절연층, 기판, 전극까지 모두 유기물을 사용한 전유기소자(all organic device)에 대한 연구도 진행되고 있어 더욱 큰 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대되고 있다.

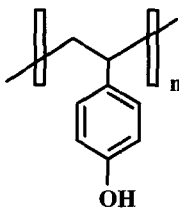
본 연구에서는 pentacene과 PVP를 각각 활성층과 게이트 절연층으로 사용한 소자를 제작하였고, 절연층 표면의 플라즈마 처리 효과와 소자 특성 향상에 대해 연구하였다.

## 2. 실험 방법

세정 과정을 거친 유리 기판 위에 웨도우 마스크를 이용한 열 증착법에 의해 게이트 전극을 형성하였다. 게이트 전극으로는 1200 Å의 두께의 알루미늄 박막을 성막하였다. 게이트 전극 형성 후 spin coating법을 사용하여 게이트 절연층인 PVP (poly-vinyl-phenol)를 7000 Å의 두께로 성막한 후 acetone을 사용하여 식각하였다. 이때 용액 상태의 PVP를 제작하기 위해 사용한 용매는 ethanol이고 농도는 7 wt%이다. PVP는 spin coating 후 100 °C의 온도에서 경화되었다. 그림 1은 소자 제작에 사용된 유기물의 분자구조이다.



(a) Pentacene



(b) PVP(Poly-vinyl-phenol)

그림 1. (a)Pentacene (b)PVP의 분자구조

게이트 절연층을 형성한 후, Harrick Sci. Corp.

(Model PDC-002)의 Plasma Cleaner를 사용하여 플라즈마 표면 처리를 하였다. 사용한 기체는 Ar(10 sccm)이며, 약  $1.0 \times 10^3$  Torr의 진공도에서 10 W의 power로 플라즈마를 생성하였다.

활성층인 pentacene은  $1.0 \times 10^6$  Torr의 진공도에서 0.5 Å/sec의 속도로 700 Å의 두께로 열 증착법을 이용해 성막하였으며, 패턴 형성을 위해 웨도우 마스크를 사용하였다. 소스와 드레인 은 웨도우 마스크를 이용하여 금을 열증착하였다. TFT의 채널 길이는 50 μm로, 폭은 5 mm로 제작하였다. 그림 2는 본 연구에서 사용한 OTFT의 소자 구조를 나타낸 것이다.

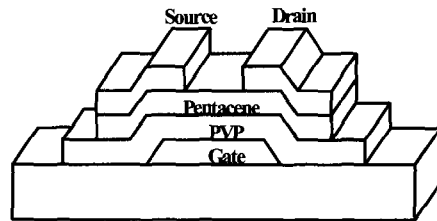


그림 2. Pentacene OTFT의 소자구조

## 3. 결과 및 고찰

절연층 표면의 플라즈마 처리에 의한 특성 변화를 살펴보기 위해서 제작된 소자의 전달특성(transfer characteristics)과 출력특성(output characteristics)을 측정하였다. Pentacene은 p형 반도체 특성을 가지기 때문에 다수 캐리어(majority carrier)는 정공(hole)이 되고, 유기 박막 트랜지스터는 축적(accumulation) 모드에서 동작하므로 게이트 전극과 드레인 전극에 음의 전압을 인가하여 전기적 특성을 측정하였다.

그림 3, 4에 나타낸 출력 특성과 전달 특성을 살펴보면 표면처리를 한 소자의 특성이 개선되었음을 알 수가 있다. 표면처리를 하지 않은 소자의 경우 on/off 전류비가 약  $10^3$ , 문턱 전압 값이 -10 V, 전계효과 이동도가  $0.002 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 나타났고, 플라즈마 처리를 한 소자는 on/off 전류비가 약  $10^4$ , 문턱 전압 값이 -8 V, 전계효과 이동도가  $0.055 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 나타났다. 이상의 특성 향상은 플라즈마 처리 후 PVP 막 표면 에너지의 변화에 의해 활성층 성막 시 그레인의 크기(grain size)가 증가하였기 때문으로 사료된다.

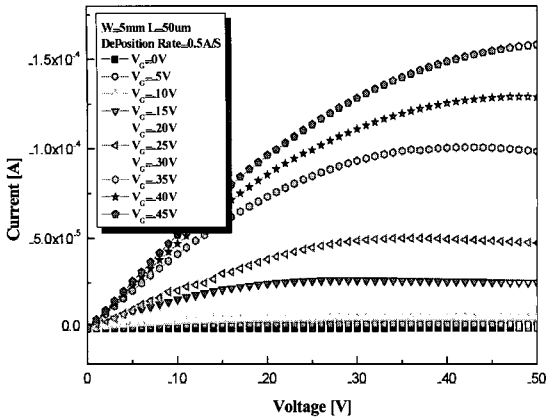


그림 3.(a) 표면처리 하지 않은 소자의 출력특성

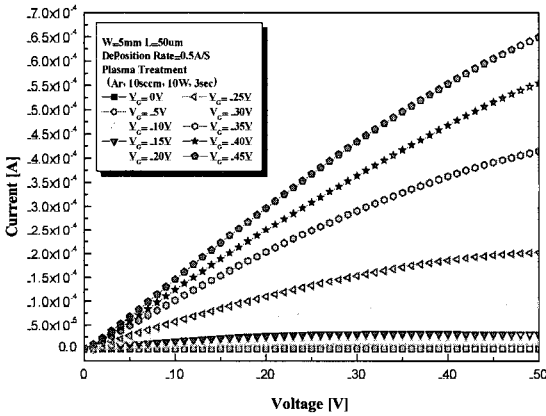


그림 3. (b) Ar 플라즈마 처리한 소자의 출력특성

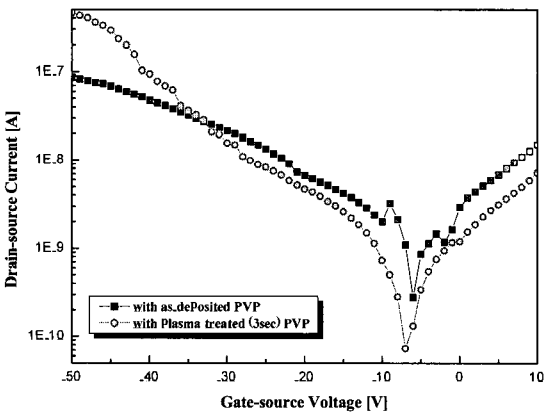


그림 4. Ar 플라즈마 처리한 소자와 처리하지 않은 소자의 전달 특성

그림 5는 PVP 표면처리에 따른 pentacene 박막의

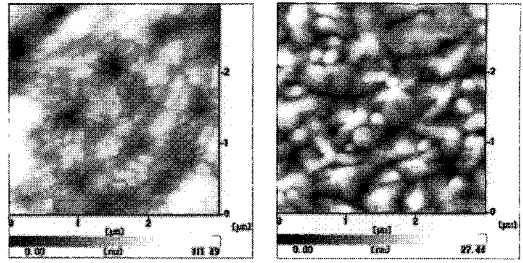


그림 5. (a) 표면처리하지 않은 절연층, (b) 표면 처리한 절연층 위에 성막한 pentacene 박막의 AFM 이미지

AFM 이미지를 나타낸다. 그래인의 크기가 작게 되면 그래인의 경계에서 산란(scattering)등이 일어나 운반체의 이동을 방해하게 되므로 전기적 특성을 떨어뜨리게 된다.

그러나 Ar 플라즈마 표면처리 시간이 3 sec 이상이 되면 소자 특성이 저하되는 것을 볼 수가 있다. 그림 6 이것은 Ar 플라즈마에 의해 절연층 표면의 거칠기가 악화되기 때문이다. 절연층 표면의 roughness가 증가하게 되면, pentacene 성막 시 분자들의 방향성과 결정성이 줄어들고 전하 운반체가 계면에서 많은 산란을 경험하게 되어 소자의 특성이 저하된 것이라 예상된다.

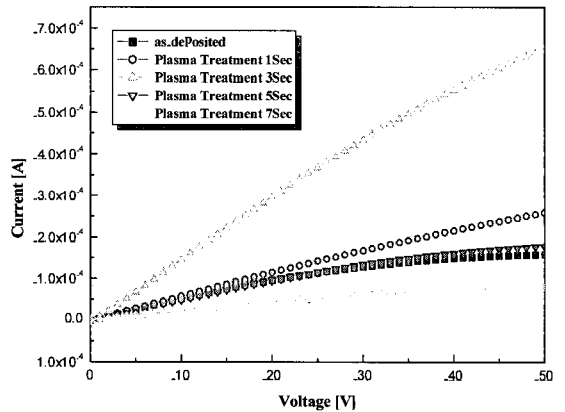


그림 6. 플라즈마 처리 시간에 따른 소자의 출력특성 비교

플라즈마 처리에 의한 절연층 표면의 변화를 살펴보기 위해서 실리콘 웨이퍼 위에 PVP막을 성막하여 적외선 흡광도를 측정해 보았다. 그림 7 표면

처리 전후의 결과를 비교해보면 O-H 결합 부분이 표면처리 후 감소한 것을 확인할 수 있다.

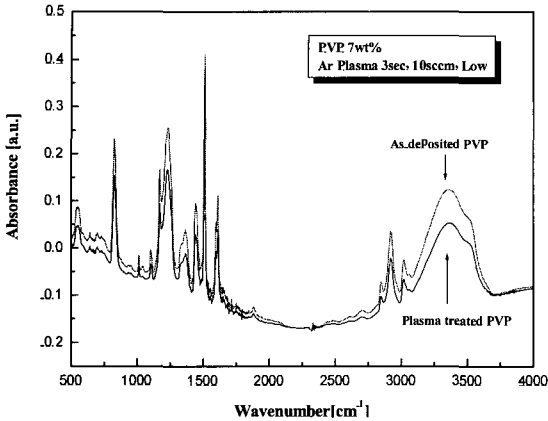


그림 7. PVP 박막의 적외선 흡광도

#### 4. 결 론

본 연구에서는 게이트 절연층의 Ar 플라즈마 처리를 통해서 절연층과 활성층 사이의 계면 특성 변화에 의한 전기적 특성 향상에 관하여 연구하였다. 그 결과 게이트 절연층을 Ar 플라즈마로 처리한 소자가 표면 처리를 하지 않은 소자에 비하여 전기적 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 Ar 플라즈마 처리에 의해서 절연층 표면 에너지가 처

리하지 않은 경우에 비해 좀더 소수성을 나타내도록 변화하여 활성층 성장 시 분자들의 결정성이 향상되었다는 것을 의미한다.

Pentacene과 같은 무극성 분자는 소수성을 띄는 기판에 좀더 우세한 결정성 혹은 그레인 크기를 갖는 막을 형성하기 때문이다. 그러나 Ar 플라즈마 처리 시간이 일정시간 (3 sec) 이상이 되면 절연층 표면이 과도하게 식각되어 오히려 특성이 저하되었다. 향후 절연층의 Ar 플라즈마 표면 처리에 따른 표면 에너지 및 표면 거칠기 특성 변화에 대한 연구가 요구된다.

이 논문은 과학기술부의 21세기 프론티어연구개발사업인 차세대정보디스플레이기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 정태형, *Organic/Polymer Electroluminescence display*, PP.1~3 (1998).
- [2] H. Klauk, D. J. Gumlach, J. A. Nichols, and T. N. Jackson, *IEEE Trans. Elec. Dev.* **46** (1999).
- [3] T. Tsumura et al, *Synthetic Metals* **25**, 11 (1990).
- [4] C. D. Dimitrakopoulos and D. J. Mascaro, *IBM J. Res. & Dev.* **45**, 1 (2001).