

## 전극에 따른 유기박막트랜지스터 소자의 전기적 특성 연구

황선욱, 형건우, 박일홍, 최학범, 김영관  
홍익대학교

### Study on Organic Thin-Film Transistors(OTFTs) Devices with Gold and Nickel/Silver electrodes

Seon-Wook Hwang<sup>1</sup>, Gun Woo Hyung<sup>2</sup>, Il Houg Park<sup>1</sup>, Hak-Bum Choi<sup>1</sup> and Young-Kwan Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Information Display, Hongik University, Seoul, Korea

<sup>2</sup> Dept. of Materials Science and Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

**Abstract :** We fabricated a pentacene thin-film transistor with Ni/Ag source/drain electrodes. Also, we obtained similar electrical characteristics as compared with source/drain electrode with Au. This device was found to have a field-effect mobility of about  $0.021 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , a threshold voltage of  $-5, -7 \text{ V}$ , an subthreshold slope of  $2.0, 4.5 \text{ V/decade}$ , and an on/off current ratio of  $3.6 \times 10^5, 2.0 \times 10^6$ .

**Key Words :** Organic thin-film-transistors(OTFTs), Poly Vinyl Alcohol(PVA)

### 1. 서 론

Organic Thin-Film Transistors(OTFTs)의 제조 기술과 전기적 성능은 최근 10년간 많이 향상되었다. 일반적으로 게이트 절연층은  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{SiN}_x$ 와 같은 무기물을 사용해 왔다. 하지만, 유기물은 무기물에 비해 저온의 공정 과정이 가능한 이점이 있어서, 게이트 절연층으로 유기물을 사용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 절연체가 반도체 활성층과의 계면에서 부조화가 생기면 전계효과 이동도와 드레인 전류 감소의 원인이 된다.[1, 2] 이러한 부조화 중 표면 거칠기를 개선시키기 위한 방법 중 하나가 스펀코팅이다. 고분자 물질이 이러한 방식을 적용하기 적당한 물질이며, 본 실험에서는 쉽게 접근할 수 있는 물질 중 하나인 PVA(Poly-vinylalcohol)를 사용하였다. 이 PVA는 수분을 잘 흡수하는 특성이 있어서 cross-linking 하여 사용하였다. 일반적으로 소스(source)-드레인(drain) 전극 물질은 활성층과의 일함수 매칭에 영향을 받게 되는데, 현재 대부분의 연구에서는 금(Au)을 사용하고 있다. 이 물질은 활성층으로 쉽게 정공을 전이시킬 수 있다. 그러나 고비용이고, 포토리소그래피와 화학적 공정에 의한 패턴 형성 등이 용이하지 않은 단점이 있다.[3] 이 연구에서는 활성층의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital)와 비슷한 일함수 값을 가지고 있고 금을 대체할 수 있는 전극 물질로 Ni/Ag를 사용하여 소자를 제작하였다. 그리고, 금을 이용하여 전극을 형성한 소자와 비교, 연구 하였다.

### 2. 실험

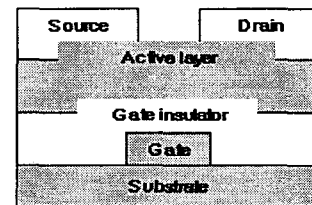


그림 1. 소자구조

이 실험에서 제작한 소자는 그림 1. 에서 보는 것처럼 탑-컨택트(Top-contact) 방식으로 하였다. 그리고 소스-드레인의 전극에 따른 전기적 특성을 비교하기 위하여 전극을 달린 소자를 W/L(채널 길이와 폭의 비) 별로 각각 2가지씩 만들었다. 모든 소자는 유리 기판 위에 제작하였다. 게이트 전극은 ITO를 스퍼터링(Sputtering) 방법을 이용하여 100nm 두께로 성막하였고, 그 위에 게이트 절연체로  $\text{SiN}_x$  박막을 PECVD 방법을 이용하여 200nm 형성하였다. PECVD로 성막한  $\text{SiN}_x$ 는 표면의 거칠기가 크기 때문에 이를 보완하기 위해서, 고분자 물질인 PVA를 도입하였다. PVA 용액은 PVA(Poly Vinyl Alcohol)를 감광성 첨가제(Ammonium Dichromate)와 함께 증류수(Diwater)에 녹여서 준비하였다. 그 때 PVA의 함량은 3wt%로 하였다. 준비된 PVA 용액은  $\text{SiN}_x$ 가 성막된 기판 위에 스펀코팅으로 도포를 하였고, cross-linking을 하기 위해 UV(254 nm)를 60초 동안 노광하였다. 그 후, 110 °C에서 30분 동안 열처리를 하였다. 활성층으로 pentacene을 웨도우 마스크를 이용하여  $5 \times 10^{-7}$  torr 진공도를 유지하면서  $0.3 \text{ \AA/s}$ 의 증착률로 60 nm 두께로 성막 하였다. 소스-드레인은 금(Au)과 니켈(Ni)/은(Ag)을 이용하였다. 소스-드레인으로 금(Au)을 사용한 소자들은 진공 열 증착을 이용하여 60 nm의 전극을 형성하였고, 니켈(Ni)/은(Ag)을 사용한 소자들은 같은 방법으로 니켈(Ni) 4 nm, 은(Ag) 50 nm를 연속으로 증착하여

전극을 형성하였다. 소자는 채널 길이를 50  $\mu\text{m}$ 로 동일하게 하였고, 채널 폭은 각각 1.25 mm, 2.5 mm 으로 하여 제작하였다.

### 3. 결과 및 고찰

금 전극의 전기적 특성에 대한 내용은 이미 알려져 있는 상태이다. 즉, 전하이동의 밴드 갭, 유기 활성층과의 조화 등 다양한 장점을 가지고 있다. 여기에서 기인하여 계면 트랩 및 전하 이동성을 고려하여 전극 물질 선택과 조화를 고려하여 대체할 수 있는 방법을 모색하고자 실험을 하게 되었다. 그림 2. 그래프에서 보이듯이, 소스와 드레인 전극으로 니켈과 은을 형성한 소자와 금을 형성한 소자의 전기적 특성 곡선을 비교하면 채널의 비가  $W/L=25$ 인 경우 문턱전압이 각각 -7 V와 -3 V, 점별비는  $2.0 \times 10^6$ 와  $1.0 \times 10^6$ , 전계효과 이동도는  $0.021 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 와  $0.021 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , 문턱기울기는 4.5 V/decade와 1.5 V/decade로 측정되었다. 또한  $W/L=50$ 인 경우 문턱전압이 각각 -5 V와 -1 V, 점별비는  $3.6 \times 10^5$ 와  $7.5 \times 10^6$ , 전계효과 이동도는  $0.021 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 와  $0.014 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , 문턱기울기는 2.0 V/decade와 3.0 V/decade로 측정되었다.

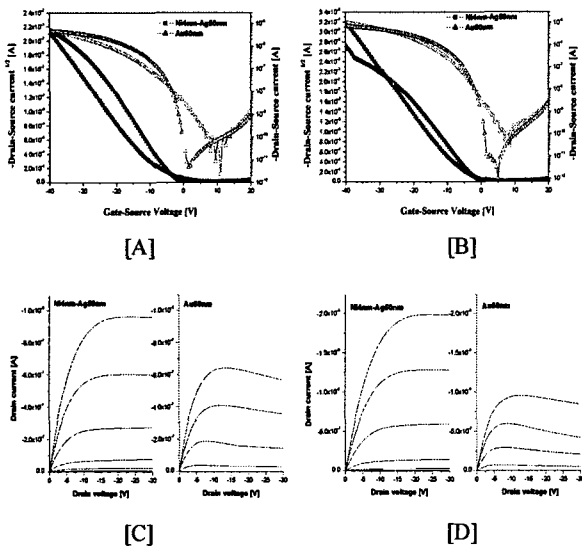


그림 2.  $W/L=25$  일 때의 전기적 특성 [A], [C]와  $W/L=50$  일 때의 전기적 특성 [B], [D] 그래프

측정 결과를 비교하면 소스/드레인 전극이 니켈(Ni) 4 nm, 은(Ag) 50 nm 두께를 가진 소자와 금(Au) 60 nm 두께를 가진 소자는 전체적인 전기적 특성이 유사한 특성을 보여 주었음이 확인 되었다. 또, 그림 2. 그래프에서 제조된 소자의 off-current에서 차이를 보이고 있는데 이는 계면에서의 공기 입자의 포획 또는 PVA 게이트 절연체의 습윤 상태가 원인으로 예상되어 진다.[4]

### 4. 결론

금과 같은 금속 전극을 가진 소스/드레인 전극의 전기적 특성 효과를 비교하는 실험을 진행하였고 금과 동등한 수준의 결과를 보였다. 이는 저렴하고 수급이 용이한 재료를 활용하여 유사한 전기적 특성을 가진 모든 유기 TFT 소자 전극 구조에서 할 수 있음을 보여주며, 실험 및 연구 방법의 다양한 접근성을 보여주는 또 하나의 계기를 보여준다.

### 감사의 글

이 연구는 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 우수연구센터 사업 지원을 받아 수행된 연구입니다.(No. R11-2007-045-03001-0)

### 참고 문헌

- [1] S. W. Pyo, D. H. Lee, J. R. Koo, J. H. Kim, J. H. Shim, J. S. Kim and Y. K. Kim, "Electrical Effect in Organic Thin-Film Transistors Using Polymerized Gate Insulators by Vapor Deposition Polymerization (VDP)", *Synthetic Metals*, 154, 2005.
- [2] Gun Woo Hyung, Il Houng Park, Ji Hoon Seo, Ji Hyun Seo and Young Kwan Kim, "Investigation of Top-Contact Organic Field Effect Transistors by the Treatment Using the VDP Process on Dielectric", *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, 24, 1, 2007.
- [3] Th. B. Singh, F. Meghdadi, S. Günes, N. Marjanovic, G. Horowitz, P. Lang, S. Bauer, N. S. Sariciftci. *Adv. Mater* 17, 2315(2005).
- [4] Yong-Hoon Kim, Sang-Myeon Han, Woo-Cheul Lee and Min-Koo Han, "Organic Thin-Film Transistors Using Suspended Source/Drain Electrode Structure", *APL*, 91, 2007