

## Formation and Role of Self Assembled Monolayer in Organic Thin Film Transistors

Jungseok Hahn

Samsung Advanced Institute of Technology

Mt.14-1, Nongseo-Dong, Giheung-Gu, Yongin-Si, Gyeonggi-Do, Korea

**초 록 :** 고분자 반도체를 이용한 유기 박막트랜지스터 (OTFT) 소자 제작시 특성 향상을 위해 Self-Assemble Monolayer (SAM)을 이용한 유기 Gate 절연막과 source/drain 전극의 표면처리에 대해 설명하였다. Gate insulator의 경우 소수성 SAM이 고분자 반도체와의 상호작용으로 배열도를 향상시켜 이동도를 증가시켰으며, 전극 처리의 경우 접촉저항을 낮추어 injection을 증대시키는 효과를 나타내었다. 각각의 경우 적용되는 SAM 재료와 효과를 극대화시키기 위한 처리공정 전반에 대해 설명하였다.

### 1. 서 론

유기재료를 이용한 전자소자에서 각 구성 간 interface control이 소자 구동특성 및 안정도에 재료자체 특성 이상 중요하다는 것은 잘 알려져 있다. OTFT 소자에서도 절연막과 반도체막 사이, 그리고 전극과 유기반도체막 사이에 SAM을 구성하여 소자특성을 크게 향상시키는 경우가 보고되고 있다. 표면처리가 될 재료의 종류와 SAM 처리 목적에 따라 silane계 물질 등 SAM재료 자체에 대한 연구가 활발히 진행되는 한편 SAM을 구성하는 공정에 대한 연구도 이루어지고 있다.

본 연구에서는 고분자반도체를 이용한 OTFT 표면처리에 관해 절연체 표면처리와 전극표면처리로 나누어 선택 실험된 재료와 구조상 경향, 그리고 처리공정 전반에 걸쳐 설명하고 있다.

### 2. 본 론

#### 2.1 유기 TFT에 SAM 적용

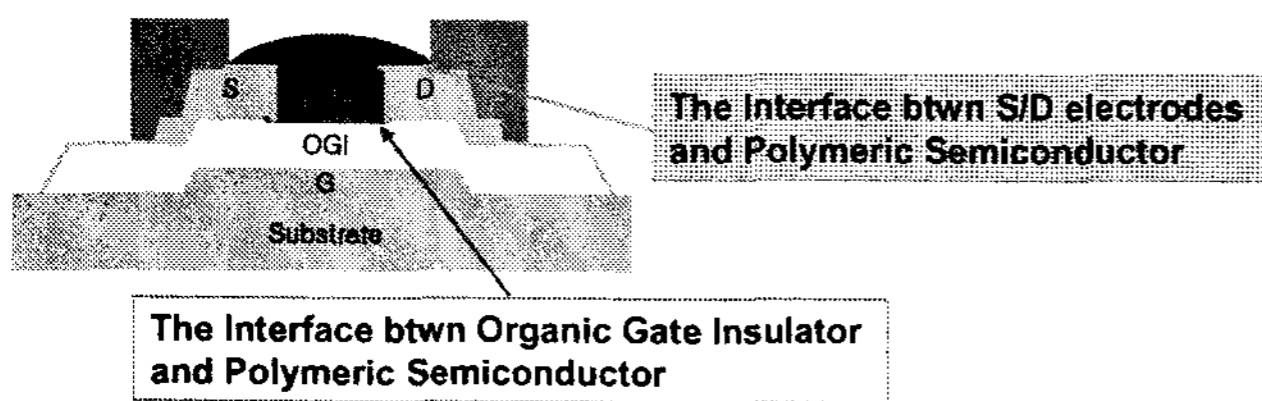
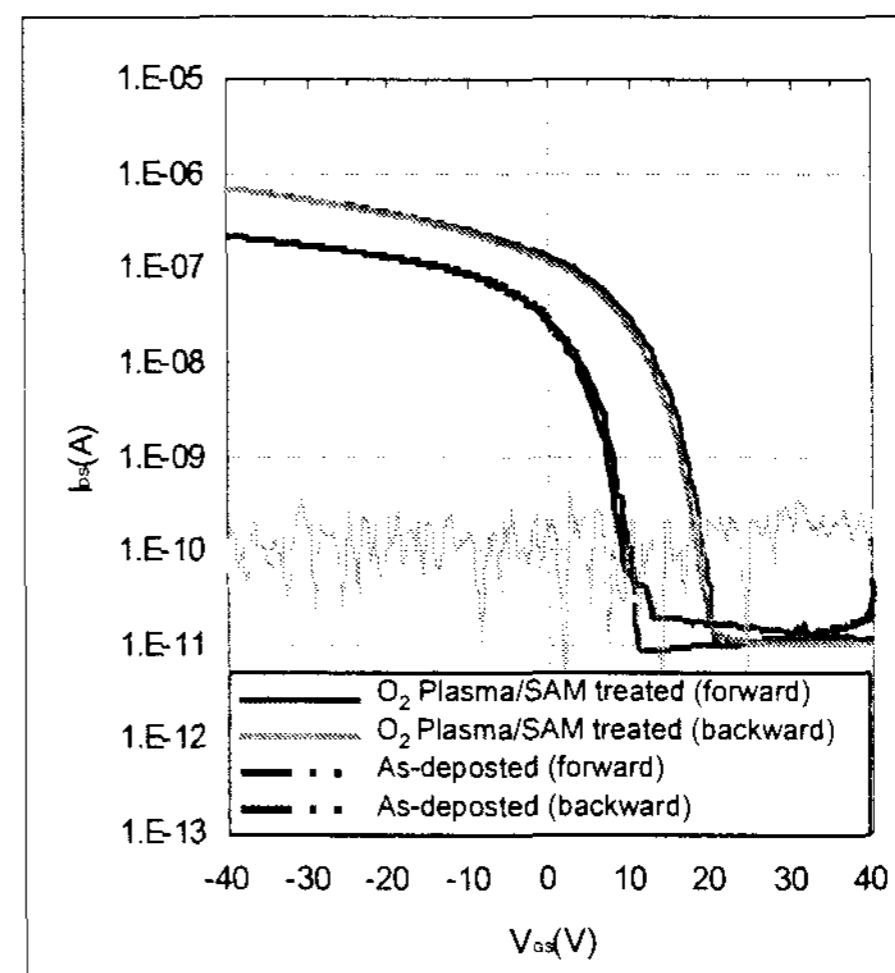


그림 1. 유기 TFT 구조 도식과 표면처리가 적용되는 부분

유기 TFT에서 SAM 처리가 적용되는 부분은 유기절연체 표면과 S/D 전극표면으로 나눌 수 있으며 각각의 경우 유기반도체와의 interface를 형성하여 배열도 향상 또는 접촉저항 감소 등을 통해 소자특성을 향상시키게 된다.

두 가지 표면처리의 경우 여러 가지 SAM 물질이 적용되어 시험되어왔고 그 대표적인 물질로 organosilane을 들 수 있다. 그림 2는 유기반도체를 이용한 OTFT소자에서 Transfer curve상 표면처리 전후를 비교하고 있다. 물질구조와 공정 최적화를 거친 silane계 표면처리를 통해서 이동도상 10배 이상의 효과를 나타내었다.

SAM을 이용한 표면처리를 통해 구동 안정도에 영향을 그림 2. 유기 절연체 상 octyltrichlorosilane SAM 적용시



고분자 반도체를 이용한 유기 TFT 소자의 특성 향상:  $I_{ds}-V_{gs}$  Curve at  $V_{ds} = -10$

미치는  $V_t$  shift 및 hysteresis를 조절할 수 있다. 또한 실제 array소자에서는 printing 공정이 가능하게 하기위해 표면에너지 차이를 목적으로 하는 표면처리가 시도되었다.

#### 2.2 절연체 표면처리

유기 절연체의 경우 hysteresis가 TFT 소자 안정도에 중요한 인자인데 이는 절연막 조성상 발생하는 trap sites에 기인하게 된다. 유기절연체 개발에 있어 dielectric 특성 향상과 더불어 trap site를 줄이는 방향으로 진행되어 가는데, 그 결과 얻어지는 hysteresis가 작은 유기절연체는 대부분 표면이 화학적 반응성을 띄지 않는 경우가 많다. 이와 같은 경우 SAM 구성을 위해 표면 activation 과정을 거치게 되는데  $O_2$  plasma가 그 대표적인 예이다.

절연체 표면처리의 목적이 고분자 반도체의 배열도 향상으로 볼 때 SAM은 고분자 chain과 interaction이 중요한 인자이며 이를 조절하기 위해 SAM 재료의 chainlength와 functional group을 변화시키게 된다.

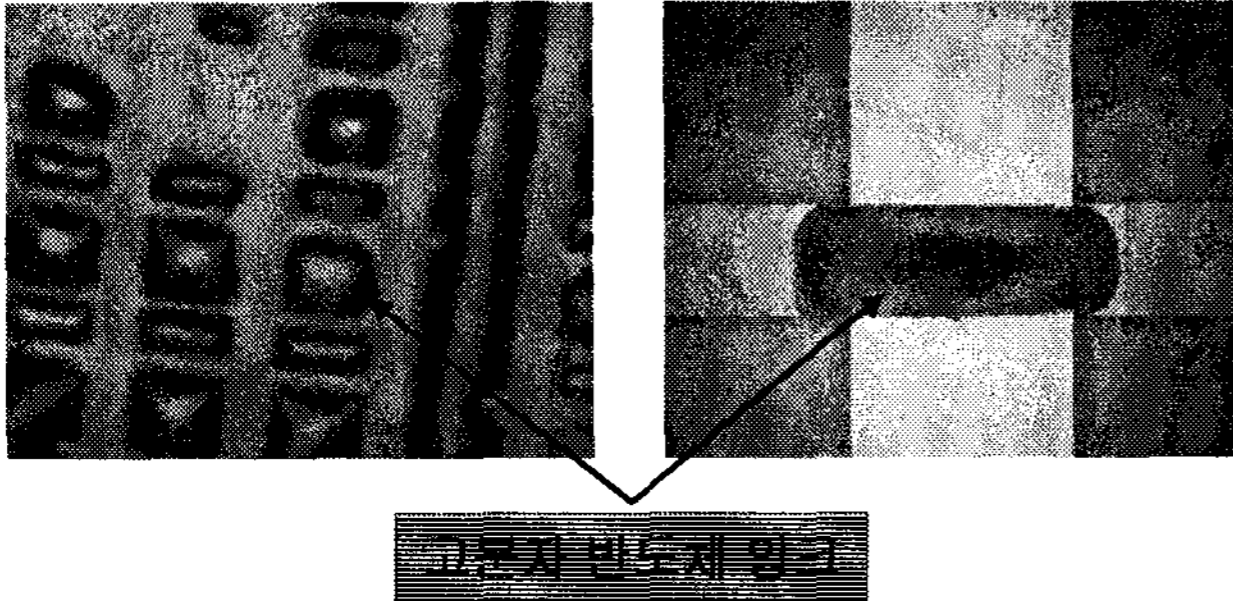
#### 2.3 전극 표면처리

Display 전자소자의 전극 재료로는 Au, Mo, Al 등의 재료들이 있으나, 투명전극의 필요성과 공정 안정도 측면에서 대부분 ITO를 이용한다. ITO 전극의 경우 특히 유기반도체와의 workfunction 차이가 커서 carrier injection을 방해하게 되며 SAM 처리를 통해 이 차이를 줄이는 작업을 필요로 한다. 이 경우 SAM 재료가 additional dipole로 적용되어 ITO의 workfunction을 증가 시키게 되어 TFT 구동특성을 증대시키며 연구는 SAM 물질 자체의 반응기와 반도체 노출기를 나누어 재료개발 방향으로 진행되었다.

#### 2.4 Printing TFT

Printing 공정을 통해 display에 적용되는 대형 TFT기판

제작에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 관련하여 printing시 ink가 토출되는 head부분에 표면처리와 더불어 TFT기판의 표면처리를 통해 channel부위에 선택적으로 표면에너지를 조절하여 고분자반도체 solution을 address하게 하는 시도가 이루어 지고 있다.



### 3. 결 론

고분자 반도체를 이용한 TFT소자에서 SAM을 이용한 표면처리는 유기절연막과 반도체 사이 interface와 S/D 전극과 반도체 사이 interface에 적용되었으며 SAM 재료와 공정의 최적화를 통해 소자특성 향상과 소자 안정도를 증대시키는 효과를 나타내었다.

### 감 사 의 글

본 연구과 관련된 전반 실험은 Samsung Advanced Institute of Technology의 지원으로 Display Device and Processing LAb에서 진행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] S. Lee, H. Moon, J. Hahn and J.M. Kim, "Development of High-Performance Organic Thin-Film Transistors for Large-Area Displays" MRS Bull., 31, 455, 2006
- [2] F.C. Chen, Y. Yang and J.L. Lin, "Organic thin-film transistors with nanocomposite dielectric gate insulator" Appl. Phys. Lett., 85, 2004, 3295
- [3] D. H. Kim and K. W. Cho, "Enhancement of Field-Effect Mobility Due to Surface-Mediated Molecular Ordering in Regioregular Polythiophene Thin Film Transistors" Adv. Funct. Mater. 15, 1, 2005, 77z