

## Polymer blending에 따른 TIPS-Pentacene의 특성 변화

임창윤\*, 김영훈\*\*, 한정인\*

동국대학교 화공생물공학과\*, 전자부품연구원 플렉서블디스플레이연구센터\*\*

### The electrical properties change of TIPS-Pentacene due to polymer blending

Chang-Yoon Lim\*, Yong-Hoon Kim\*\*, Jeong-In Han\*

Department of Chemical and Biochemical Engineering, Dongguk University\*

Flexible Display Research Center, Korea Electronics Technology Institute\*\*

**Abstract** - In this paper, we investigated the electrical properties change of 6,13-bis(triisopropyl-silyl)ethynyl pentacene (TIPS-pentacene) depending on polymer blend. We fabricated organic thin film transistor (OTFT) using blending solution of small molecule and polymer. In this study poly(2-methoxy-5-(2-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenylene-vinylene) (MEH-PPV), poly(9-vinylcarbazole) (PVK), poly [N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine] (poly-TPD), poly( $\alpha$ -methyl styrene), Poly(methyl methacrylate) (PMMA) are used as a polymer. Fabricated OTFT with blending solution of TIPS-pentacene and PVK shows best performance in this experiment. OTFT fabricated by blending solution of TIPS-pentacene and PVK shows field effect mobility of 0.0189 cm<sup>2</sup>/V·s, on/off ratio of 1.9E-5 and threshold voltage of 7.4 V.

절연체와 유기반도체 사이의 계면이 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성에 크게 영향을 주는 것으로 알려져 있다.[5] 그러므로 저분자와 고분자의 유기물 혼합을 통해 전극과 유기 반도체, 절연체와 유기 반도체 사이의 계면의 morphology를 개선시켜 mobility를 향상 시킬 수 있다고 생각하였다. 이번 실험에서는 실리콘 게이트 전극을 사용하고 SiO<sub>2</sub>를 게이트 절연층으로 사용하고 E-beam/thermal evaporator로 크롬(Cr)을 증착층으로 사용하고 금(Au)을 소스-드레인 전극으로 사용하였다(그림 1 (a)). 소스-드레인 전극위에 스핀코터를 이용하여 TIPS-pentacene(그림 1(b))과 고분자를 혼합한 용액을 1000 rpm에서 60초간 스핀코팅하고 110°C에서 30분간 baking한 후에 semiconductor parameter analyzer (HP4156C, Agilent Technologies)를 이용하여 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 측정하였다. 실험에 사용된 고분자와 용매는 다음 표 1에 나타내었다.

## 1. 서 론

유기 박막 트랜지스터는 간단한 장치구조와 넓은 면적에 제작할 수 있는 장점, 플렉서블 기판에 적합한 낮은 공정온도, 저렴한 가격 그리고 진공증착·고온공정의 기존 실리콘트랜지스터 비해 간단한 공정 즉, Roll to Roll공정이나 잉크젯 프린팅 등을 사용할 수 있는 장점들 때문에 다양한 디스플레이분야에 응용될 수 있으며 최근 20년 동안 많은 주목을 받아왔다.

최근에는 저렴한 비용에 제작이 가능하고 외부충격에 의해 깨지지 않고 구부러거나(bendable) 입을 수 있는(wearable) 플렉서블 디스플레이가 차세대 디스플레이로 주목을 받고 있는데 이러한 플렉서블 디스플레이를 위한 구동소자로서 용액공정이 가능하며 낮은 온도에서 공정이 가능하여 유연한 기판을 사용할 수 있고 물리적 안정성을 가지고 있는 유기 박막 트랜지스터가 적합한 것으로 생각된다. 그러나 구조적 유연성, 공정의 편리성, 저렴한 가격 등의 장점들에도 불구하고 낮은 field effect mobility와 낮은 스위칭속도 때문에 이를 보완할 수 있는 유기 박막 트랜지스터의 소재 개발은 차세대 연구분야로 각광받고 있다.

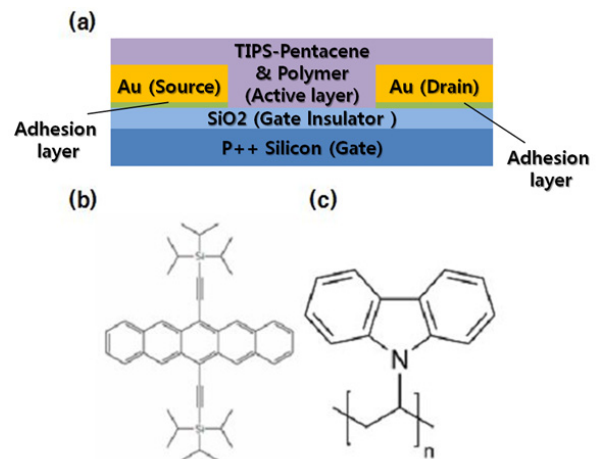
유기 박막 트랜지스터의 반도체층으로 쓰이는 유기물질은 크게 저분자 물질과 고분자물질로 나누어 질 수 있는데 저분자 이용한 유기 박막 트랜지스터는 높은 field effect mobility를 얻을 수 있기 때문에 많이 연구되고 있다.[1,2] 그러나 morphology의 비등방성 때문에 특성이 일정하지 못하여 넓은 면적에 고른 프린팅이 어려운 단점이 있다. 반면에 고분자를 이용한 유기 박막 트랜지스터는 저분자를 이용한 유기 박막 트랜지스터에 비해 매우 고르게 프린팅이 되지만 상업적으로 사용하기에 충분하지 못한 낮은 field effect mobility를 가진다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 저분자와 고분자를 혼합한 유기 박막 트랜지스터가 연구되고 있는데[3,4] TIPS-pentacene과 poly( $\alpha$ -methylstyrene)의 혼합용액을 이용하여 향상된 field effect mobility와 morphology의 균일성, 열 안정성을 가지는 유기 박막 트랜지스터가 보고되었다.[4]

본 연구에서는 용액공정이 가능한 기존의 TIPS-pentacene을 이용한 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 향상시키면서 균일한 morphology를 얻기 위해 TIPS-pentacene과 절연체와 OLED에서 정공수송층(Hole transfer layer)으로 사용되는 고분자들을 이용해 혼합용액으로 유기 박막 트랜지스터를 제작하고 특성을 비교해 보았다.

## 2. 실험

### 2.1 실험방법 및 재료

일반적으로 유기 박막 트랜지스터는 그림 1과 같이 게이트 전극, 게이트 절연체, 유기 반도체, 소스-드레인 전극의 층상구조로 구성되는데 유기 박막 트랜지스터에서는 소스-드레인 전극과 유기 반도체, 게이트



〈그림 1〉 (a) 유기박막트랜지스터의 구조 모식도 (b) TIPS-pentacene (c) PVK

〈표 1〉 실험에 사용된 고분자물질과 용매

Polymer	Solvent	Boiling point
MEH-PPV	Chlorobenzene	132°C
Poly-TPD	Anisole	154°C
PaMS	Dodecane	215°C
PVK	Tetralin	207°C
PMMA		

TIPS-pentacene과 고분자의 혼합용액은 각각 1 wt% : 1 wt%의 비율로 용매에 섞은 후 75°C 500 rpm의 조건에서 약 4시간 정도 교반시켜준 후 사용하였다.

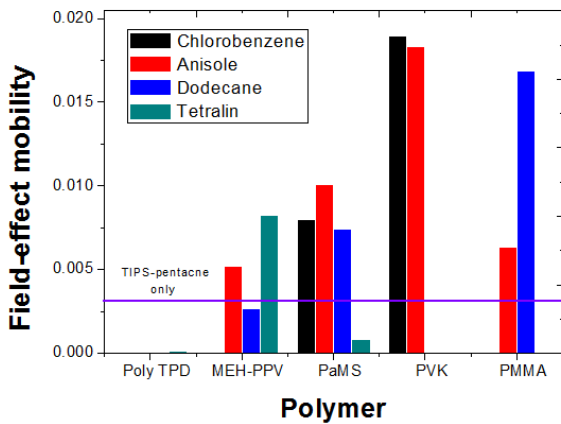
## 2.2 실험결과

각각의 혼합용액을 스핀코팅하고 110°C에서 30분정도 baking한 후 semiconductor parameter analyzer를 이용해서 W/L = 60 μm/10 μm인 유기 박막 트랜지스터를 각각 측정하였다. 각각의 고분자와 TIPS-pentacene을 섞은 혼합용액으로 만든 유기 박막 트랜지스터의 field effect mobility는 그림 2에 나타내었다.

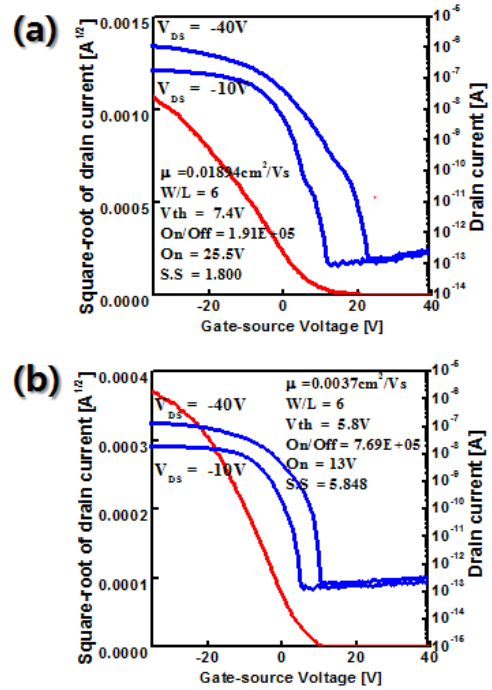
스핀코팅 결과 용매에 잘 녹지 않은 MEH-PPV를 제외하고 모두 균일하게 코팅되었지만 dodecane과 tetralin은 chlorobenzene이나 anisole에 비해 높은 끓는점 때문에 스핀코터를 사용한 이번 실험에서는 sample에 균일하게 스핀코팅 되지 못하여 혼합용액에 기대했던 균일한 morphology을 얻을 수 없었지만 높은 끓는점 때문에 결정생성과 상분리에 유리할 것으로 생각되고 잉크젯을 이용한 방법으로는 스핀코팅에서의 균일하지 못한 morphology분체가 해결되므로 잉크젯 프린팅으로 적합한 용매가 될 것이라 생각된다. 고분자와 혼합을 하지 않고 chlorobenzene 용매에 TIPS-pentacene을 1 wt%로 녹인 용액으로 똑같은 조건에서 스핀코팅 한 sample의 field effect mobility가 0.0037 cm<sup>2</sup>/Vs 인 것을 고려하면 PVK와 PaMS를 고분자로 사용한 혼합용액은 field effect mobility가 크게 향상된 것을 알 수 있었다. PVK와 PaMS이 계면의 morphology를 개선하여 field effect mobility를 향상 시켰다고 생각되는데 특히 PVK를 사용한 혼합용액의 큰 전기적 특성의 향상은 PVK가 계면의 균일한 morphology뿐만 아니라 정공의 이동을 도와 field-effect mobility의 향상에 기여했다고 생각된다.

그림 3에 TIPS-pentacene과 PVK를 chlorobenzene을 용매로 혼합한 용액으로 만든 유기 박막 트랜지스터(그림 3 (a))와 TIPS-pentacene만을 chlorobenzene에 녹인 용액으로 만든 유기 박막 트랜지스터(그림 3 (b))의 전기적 특성을 나타내었다. 두 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 비교해보면 field-effect mobility는 향상된 것을 알 수 있다.

TIPS-pentacene과 PVK의 적절한 비율조절을 통한 상분리를 통해 bottom contact에서 전극과 유기 반도체, 절연체와 유기 반도체 계면의 전기적 특성을 향상시킬 수 있고, chlorobenzene과 dodecane 혹은 tetralin을 섞은 혼합용매를 사용한다면 TIPS-pentacene의 결정화 되는 시간이 증가하여 더 많은 π결합의 중첩뿐만 아니라 PVK를 통하는 정공의 이동증가로 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 개선할 수 있을 것으로 생각된다.



〈그림 2〉 혼합용액의 Field-effect mobility



〈그림 3〉 (a)TIPS-pentacene/PVK/chlorobenzene 혼합용액으로 제작된 유기 박막 트랜지스터 (b) TIPS-pentacene/chlorobenzene 용액으로 제작된 유기 박막 트랜지스터의 전기적 특성

## 3. 결 론

저분자 유기물의 높은 field effect mobility와 고분자 유기물의 morphology의 균일성을 얻기 위해 절연체와 반도체 물질로 사용되는 여러 고분자와 TIPS-pentacene을 여러 용매를 이용해 혼합용액으로 만들어 스핀코터를 이용하여 유기 박막 트랜지스터를 제조하였다. PVK를 고분자 물질로 사용하고 chlorobenzene을 용매로 사용한 혼합용액으로 만든 유기 박막 트랜지스터가 가장 좋은 field-effect mobility를 나타냈는데 고분자와 TIPS-pentacene의 적절한 비율을 조절하여 상분리가 일어나도록 하고 chlorobenzene과 dodecane, tetralin을 섞은 혼합용매를 사용한다면 향상된 전기적 특성을 가진 유기 박막 트랜지스터를 만들 수 있을 것으로 생각된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] S. K. Park, T. N. Jackson, J. E. Anthony, and D. E. Mourey, "High mobility solution processed 6,13-bis (trisopropyl -silylethynyl) pentacene organic thin film transistors", Appl. Phys. Lett, 91, 063514, 2007
- [2] M. Kitamura, and Y. Arakawa, "Pentacene-based organic field-effect transistors", J. Phys.:Condens. Matter, 20 184011, 2008
- [3] J. Y. Kang, N. W. Shin, D. Y. Jang, V. M. Prabhu, and D. Y. Yoon, "Structure and Properties of Small-Polymer Blend Semiconductors for Organic Thin Film Transistor", J. Am. Chem. SOC , 130, 37, 2008
- [4] T. Ohe, M. Kuribayashi, A. Tsuboi, K. Satori, M. Itabashi, and K. Nomoto, "Organic Thin-Film Transistor with Phase Separation of Polymer-Blend Small-Molecule Semiconductor: Dependence on Molecular Weight and Type of Polymer", APEX, 2, 121502, 2009
- [5] C. An, Y. Liu, G. Yu, And D. Zhu, "Interface Engineering: An Effective Approach toward High-Performance Organic Field-Effect Transistors", Mater. Today, 10, 46, 2007