

# PVP 게이트 절연체의 농도에 대한 펜타센 TFT의 특성 변화

변현숙, 허영현, 정 현, \*황성범, 송정근

동아대학교, \*경남정보대학

전화 : 051-200-6965

## Pentacene TFT's Characteristic depending on the Density of PVP Gate Insulator

Hyun-Sook Byun, Yong-Xian Xu, Hyun Jung,\* Sung-Beam Hwang, Chung-Kun Song

Division of Electrical and Electronics and Computer Engineering  
Dong-A University

E-mail : tintin80@ donga.ac.kr

### Abstract

In this paper, we fabricated pentacene TFTs using PVP copolymer and cross-linked PVP as gate insulator on glass and plastic (PET) substrate. Depending on the density of PVP and poly (melamine-co-formaldehyde) the performance has been changed. We obtained the best performance with the mobility of  $0.12\text{cm}^2/\text{V sec}$  and the on/off current ratio of  $1.19 \times 10^6$  for the case of 10wt% PVP copolymer mixed with 5wt% poly(melamine-co-formaldehyde). Additionally using OTFTs with the above PVP gate insulator, we fabricated the integrated circuit including inverter which produced the gain of 5.56 on the glass substrate and gain of 9.7 on the plastic (PET) substrate. And the threshold voltage was respectively +8V and +14V..

### I. 서론

유기 반도체는 반도체 특성을 나타내는 공액성 유기고분자인 폴리아세틸렌이 개발된 후, 유기물의 특성 즉합성 방법의 다양함, 섬유나 필름 형태로의 성형이 용이함, 유연성, 전도성, 저렴한 생산비 때문에 새로운 전기전자재료로서 기능성 전자소자 및 광소자 등 광범위한 분야에서 활발한 연구가 이루어지고 있다. 특히, 유기 박막 트랜지스터 (organic thin film transistor ;OTFT)는 기존의 고체실리콘 트랜지스터로써 실현할 수 없는 두루마리 디스플레이, 스마트카드, RF 태그 등의 응용분야의 핵심소자로 활용될 수 있기 때문에 활발한 연구가 수행되고 있다.

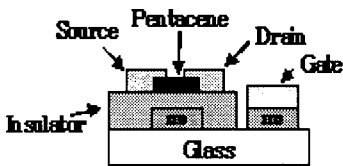
전유기 TFT 를 구현하기 위해서는 기판에서부터 전극, 절연층, 활성층 까지 모두 유기물을 사용해야 하는데, 현재는 기판으로는 Plastic 을 전극으로는 ITO, 반도체 활성층으로는 Pentacene 을 이용하고 있다. 그리고 게이트 절연층으로는 PMMA(poly-methylmethacrylate), Polyimid, PVA (polyvinylalco-hol), PVP(poly-4-vinylphenol), Parylene 등 여러 가지 종류가 연구

중이고 특히, 최근 국내에서는 열이나 자외선으로 경화되는 아크릴계 고분자가 많이 연구 중이다.

본 논문에서는 게이트 절연층으로 PVP(poly-4-vinylphenol), PGMEA(propylene glycol monomethyl ether acetate), poly(melamine-co-formaldehyde)를 혼합한 유기 절연층을 이용하였고, 각 성분들의 구성비에 대한 펜타센 TFT의 특성변화를 관찰하고 최적의 농도비를 구하였다. 그리고 cross-linked PVP를 게이트 절연층으로 사용하는 펜타센 TFT를 이용하여 유리기판과 플라스틱기판 위에 인버터를 구현하였다.

## II. PVP Gate Insulator

[그림 1]은 최종 제작된 inverted staggered 구조의 Pentacene TFT 그림이다. ITO가 하부전극으로 올라가있는 유리기판을 형상화하고 일부분을 가린 후에 PVP 유기절연체를 spin-coating 하고 baking 하였다. 그리고 OMBD(Organic Molecular Beam Deposition)를 이용하여 Pentacene을 증착시키고 상부전극으로는 섀도우 마스크를 이용하여 Au를 증착하였다.



[그림 1] TFT 구조

유기절연층으로 사용한 PVP는 크게 PVP copolymer와 cross-linked PVP로 나뉘는데 차이는 경화제인 poly(melamine-co-formaldehyde)의 첨가 여부로 cross-linked PVP는 아세톤과 같은 solvent에 영향을 받지 않아서 식각과정을 처리할 수 있다는 장점이 있다.

PVP copolymer는 PVP (poly-4-vinylphenol)와 PGMEA(propylene glycol monomethyl ether acetate)를 혼합하여 제작하였고, cross-linked PVP는 PVP copolymer에 poly(melamine-co-formaldehyde)를 첨가하여 제작하였다. Spin-coating 조건은 각각 3000rpm, 30sec이고, baking 조건은 PVP copolymer는 100°C에서 30min, cross-linked PVP는 100°C에서 10min 후에 200°C에서 5min를 하였다. 각각의 두께는 약 300nm였다.

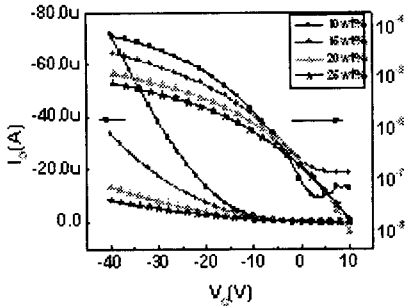
최적의 농도를 알아보기 위해 PGMEA(propylene glycol monomethyl ether acetate)에 대한 PVP와 poly(melamine-co-formaldehyde)의 농도를 변화시키며 소자를 제작하였다.

## III. Analysis of Pentacene TFT's Characteristic

TFTs의 transfer 특성은 HP4155A를 이용하여 드레인 전류를 10V에서 -40V까지 -0.2V 간격으로 측정하였다. 측정결과는 [그림 2]와 [그림 3]에서 보여준다.

PVP와 poly(melamine-co-formaldehyde)의 농도가 높아질수록 off-current와 on-current가 낮아지는 것을 알 수 있다. 모든 파라미터를 구해본 결과 10wt% PVP copolymer와 10wt% PVP copolymer에 5wt% poly(melamine-co-formaldehyde)를 첨가한 cross-linked PVP의 특성이 가장 좋았다.

10wt% PVP copolymer의 이동도와 전류전달비는 각각 약  $0.62\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ ,  $1.06 \times 10^3\text{A}$ 이고 off current는  $6.63 \times 10^{-8}\text{A}$  크게 나타났다. 또 cross-linked PVP의 이동도와 전류전달비는  $0.12\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ ,  $1.19 \times 10^6\text{A}$ 이고 off current는  $1.15 \times 10^{-11}\text{A}$ 였다.



[그림 2] PVP copolymer 농도변화에 대한 펜탄센 TFT의 전달특성

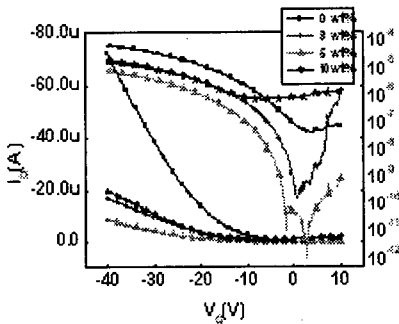


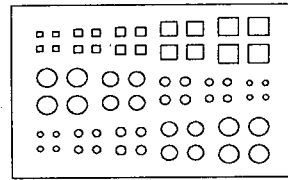
그림 3] 10wt% PVP copolymer 와 poly (melamine-co-formaldehyde)의 농도변화에 대한 펜탄센 TFT의 전달특성

PGMEA : PVP : poly(melamine-co-formaldehyde)	mobility [cm <sup>2</sup> /V-sec]	off-state [A]	SS	on/off ratio	V <sub>th</sub> [V]
100 : 10 : 0	0.62	6.63 E-8	6.41	1.06 × 10 <sup>3</sup>	-4.93
100 : 10 : 5	0.12	1.15 E-11	0.27	1.19 × 10 <sup>5</sup>	-4.32

[표 1] PVP 게이트 절연체의 최적 구성비와 펜탄센 TFT의 성능지수

[그림 4]는 PVP의 유전율을 알아보기 위하여 제작한 C-V 측정용 웨도우 마스크이다. 도핑된 실리콘 위에 유기절연층을 도포하고 웨도우 마스크

를 이용하여 Au를 증착하였다.



[그림 4] C-V 측정을 위한 마스크

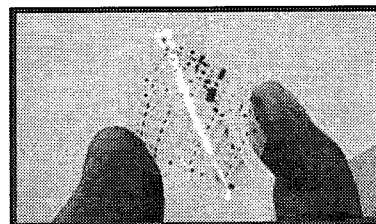
측정은 4280A를 이용하여 주파수가 1MHz일 때 전압을 -20[V] ~ 20[V]까지 double sweep 하면서 C를 측정하였다. 그리고 유전율은 각 면적 별로 측정하여 얻은 C값으로 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$C = A \frac{\epsilon_{PVP} \cdot \epsilon_0}{d} [F]$$

그 결과 PVP copolymer는 4.1, cross-linked PVP는 3.6이었다.

#### IV. Design of Integrated Circuit

[그림 5]는 cross-linked PVP gate insulator를 이용하여 제작한 인버터와 링오실레이터를 포함한 집적회로를 plastic (PET)기판에 실제 제작한 회로이다.

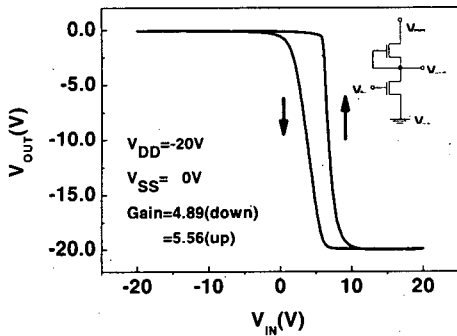


[그림 5] PVP 게이트 절연층을 이용하여 PET기판에 제작한 집적회로

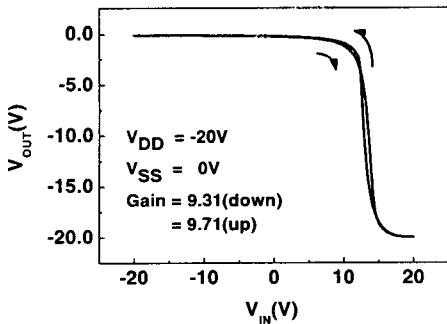
제작과정은 하부전극으로 Ti/Au를 웨도우 마스크를 이용하여 증착하고, cross-linked PVP를 3000rpm, 30sec의 spin-coating 조건으로 전면 도포한 후 baking 하였다. 그리고 inter-connect

을 위한 하부전극 open 을 RIE 를 이용해서 etching 을 하고, 상부전극을 lift-off 를 통해 Au 를 증착하였다. 이 과정에서 PR 과 아세톤 등을 이용한 식각과정이 필요한데 이를 위해 cross-linked PVP 를 이용해야만 한다. 그리고 최종적으로 OMBD 를 이용하여 pentacene 을 증착하였다.

[그림 6]과 [그림 7]은 glass 와 plastic 기판 위에 제작한 인버터의 특성을 나타낸 것이다. 측정은 HP4155A 를 이용하여  $V_{DD} = -20V$ ,  $V_{SS} = 0V$  를 인가하고, hold time 과 delay time 은 100ms 를 주었다. 측정 결과는 각각 이득이 5.56 과 9.71 이었고, 문턱전압은 +8V 와 +14V 이었다.



[그림 6] 유리기판 위에 제작된 펜탄센 TFT 인버터의 전달특성



[그림 7] 플라스틱기판 위에 제작된 펜탄센 TFT 인버터의 전달특성

## V. 결론

본 논문에서는 glass 기판 위에 게이트 절연층으로 PVP copolymer 와 cross-linked PVP 를 이용하여 펜타센 TFT 를 제작하였다.

PVP 와 poly(melamine-co-formaldehyde)의 농도에 대해 특성을 알아본 결과 이동도와 전류전달비는 10wt% PVP copolymer 게이트의 경우  $0.62\text{cm}^2/\text{V sec}$ ,  $1.06 \times 10^3 \text{A}$  이고, 10wt% PVP copolymer 에 5wt% poly(melamine-co-formaldehyde) 를 혼합한 경우  $0.12\text{cm}^2/\text{V sec}$ ,  $1.19 \times 10^6 \text{A}$  로 가장 좋은 특성을 나타냈다.

그리고 cross-linked PVP 를 이용하여 인버터와 링오실레이터를 포함한 집적회로를 glass 와 plastic(PET) 기판위에 제작하였다. 각각의 이득은 5.56 와 9.71 이고 문턱전압은 +8V 와 +14V 인 인버터 특성을 구현하였다.

## Acknowledgments

This paper has been supported by University IT Research Center project

## References

- [1] H.Klauk, D.J.Gundlach, J.A.Nichols, and T.N.Jackson, IEEE Trans. Electro Devices, Vol-46, p.1258, 1999.
- [2] .H.Schon, Ch.Kloc, E. Bucher and B. Batlogg, Nature, Vol-403, p.408, 2000
- [3] Hagen Klauk, Maecus Halik, Ute Zschieschang, Günter Schmid, and Wolfgang Radlik, Jour. Apply. Phys. Vol-92, p5259, 2002
- [4] H.E.A.Huitema, G.H. Gelinck, J.B.P.H. van der Putten, K.E.Kuijk, K.M. Hart, E. Cantatore, and D.M. de Leeuw, Adv. Mater Vol-14, p1201, 2002