

OTFT의 게이트 절연층의 표면처리에 따른 계면트랩 분석

정승현, 김세민, 송정근, *허영현
 동아대학교 전자공학과, *경남정보대학
 e-mail : jeongsh@donga.ac.kr

Analysis of Interface trap density
 with treatment of gate dielectric layer of OTFT's

Seung-Hyeon Jeong, Se-Min Kim, Chung-Kun Song, *Yong Xian Xu
 Department of electronics engineering of Dong-A University
 *Kyungnam College of Information and Technology

Abstract

In this paper, we extract interface trap density with treatment of gate dielectric of OTFT's. Interface trap densities in this paper were extracted from transfer curves. We obtained interface trap densities in pentacene / PVP interface. Non-treated device has $1.4 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ Dit and treated device has $1.1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ Dit.

I. 서론

최근 구부림이 가능하고, 저온공정으로 인한 저렴한 공정비용, 쉬운 제작 공정으로 인해 유기물 반도체는 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만, 많은 연구를 통해 무기물 반도체의 특성은 많이 알려져 있어 성능이 안정되어 있는 반면, 유기물 반도체는 그 특성이 무기물 반도체와는 상이하고 불안정한 모습을 보여주어 연구에 많은 어려움이 있다. 특히, 유기물 반도체와 게이트 절연층간의 계면트랩에 대한 연구는 거의 없다.

계면트랩은 소자의 성능을 저하시키는 절연층 내에 존재하는 전하성분 중 하나으로써, 이 계면트랩은 소자의 이동도, S.S(Subthreshold Swing), 문턱 전압 등 거의 모든 성능 파라미터에 영향을 미친다. 따라서, 계면트랩의 특성분석은 유기물 반도체 소자의 성능을 향상시키는데 중요한 연구과제이다. 이에 본 논문에서는 유기물 반도체 중 가장 많이 연구되고 있는 펜타센에 대한 계면트랩 분석을 위해 적용 가능한 분석방법으로 계면트랩을 분석해 보았다.

II. 이론

OTFT의 동작 원리에서 보면 게이트에 전압을 인가하면, 소스-드레인 간의 전압으로 캐리어가 주입된다. 게이트 전압은 각각 공핍영역과 계면트랩전하에 영향을 끼치고 소스-드레인 전압은 공핍영역에서만 영향을 주는데, 여기에서 계면 트랩 전하를 추출할 수 있다.[1,2] 먼저, MOSFET에서 부 문턱 전압영역에서의 전류관계식은 (1)식으로 나타낼 수 있다.

$$I_{DS} = (I_0 e^{\frac{qV_{GS}}{nkT}}) (1 - e^{-\frac{qmV_{DS}}{nkT}}) \quad (1)$$

$$= I_m (1 - e^{-\frac{qmV_{DS}}{nkT}})$$

여기서, n 값, m 값, I_m 값은 (2)식, (3)식, (4)식으로 나타낼 수 있다.

$$n = 1 + \frac{C_d + C_{it}}{C_{OX}} \quad (2) \quad m = 1 + \frac{C_d}{C_{OX}} \quad (3)$$

$$I_m = I_0 e^{\frac{qV_{GS}}{nkT}} \quad (4)$$

여기서 C_{OX} , C_d , C_{it} 는 각각 산화막 커패시턴스, 공핍영역에서의 커패시턴스, 계면 트랩 커패시턴스 이다.

n 항은 (5)식과 같이 $\log I_{DS}$ 와 V_{GS} 의 변화로 나타낼 수 있다.

$$n = \frac{q}{2.3kT} \left(\frac{\partial \log I_{DS}}{\partial V_{GS}} \right)^{-1} \quad (5)$$

이는 sub-threshold swing 정의에 의해서 (6)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = 2.3 \frac{kT}{q} n \quad [\text{V/decade}] \quad (6)$$

$-\log(1-I_{DS}/I_m)$ 와 V_{DS} 의 영역에서 비율로 나타내면, (7)식과 같이 나타내며, 이는 (5)식과 함께 m 값을 구할 수 있다.

$$\frac{m}{n} = 2.3 \frac{kT}{q} \left(\frac{\partial \log \left(1 - \frac{I_{DS}}{I_m} \right)^{-1}}{\partial V_{DS}} \right) \quad (7)$$

D_{it} 는 게이트 전압에 따라 표면에너지의 값으로 구할 수 있으므로 (8)식을 얻을 수 있다.

$$D_{it} = \frac{C_{it}}{q} = \frac{C_{OX}}{q} (n - m) \quad (8)$$

(5)식, (7)식, (8)식을 이용하여 D_{it} 를 추출할 수 있다.[3,4]

III. 소자 제작 및 계면 트랩 추출

본 실험에 사용된 소자는 알루미늄을 게이트 전극으로 사용하고, PVP(poly-4-vinylphenol)를 게이트 절연층으로 사용하였다. 그리고 활성층으로 펜타센을 사용하였으며, 소스-드레인 전극으로 금을 사용하였다.

제작된 소자를 이용하여 계면 트랩을 추출하였고, 좀더 정확성을 향상시키기 위하여 측정범위를 좁혔다. 또한, 게이트 절연층에 표면처리를 통하여 표면처리 전과 후의 차이를 비교하였다.

먼저, 제작된 소자의 성능을 보면,

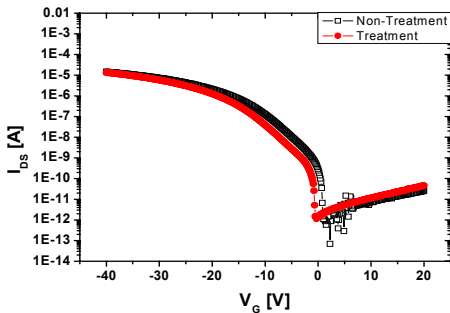


그림 1. 제작된 소자의 Transfer curve

	Non-treatment	Treatment
W/L	1020 / 97	1022 / 87
Mobility	0.623	0.713
Vth	-7.9	-11.25
S.S	0.181	0.181
Ioff	0.00057	0.0011

표 1. 제작된 소자의 성능 parameter

그림 1.과 표 1.에서처럼 성능을 얻은 소자의 D_{it} 를 추출하기 위하여 (7)식과 (8)식을 이용하여 얻은 D_{it} 는 그림 2.로 나타내어진다.

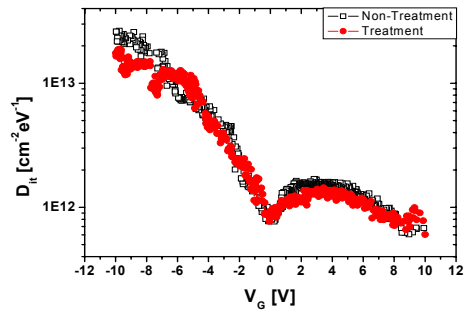


그림 2. 게이트 전압에 따른 계면트랩 분포
이렇게 구한 계면트랩 전하의 값은 표면처리하기 전에는 $1.4 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ 였고 표면처리한 후에는 $1.1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ 을 얻었다. 이는 다른 논문에서 얻은 농도와 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다.[5]

이 식을 사용하여 게이트 절연층에 따른 계면트랩 전하를 구해 볼 것이다.

IV. 결론

현재 고가의 UPS를 사용하여 유기반도체의 계면트랩을 구할 수 있지만, 본 논문에서 사용된 MOSFET current method를 사용하면 다른 장비 없이 유기 반도체의 계면트랩을 손쉽게 구할 수 있다. 표면처리하기 전의 소자 성능은 이동도 $0.623 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$, S.S는 $0.181 \text{V}/\text{dec}$, 문턱전압은 -7.9V , off state current는 $0.00057 \text{pA}/\mu\text{m}$ 의 성능을 가졌고, 이에 따른 계면트랩 전하는 $1.4 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ 이다. 또한, 표면처리한 후의 소자 성능은 이동도 $0.713 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$, S.S는 $0.181 \text{V}/\text{dec}$, 문턱전압 -11.25V , off state current는 $0.0011 \text{pA}/\mu\text{m}$ 의 성능을 가졌으며, 이에 따른 계면트랩 전하는 $1.1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ 이다.

Acknowledgement

본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] A. Kahn et.al., J. Polymer Sci.,partB,Polymer phy., 41, 2529 (2003)
 [2] N. Koch et.al., Appl. Surf. Sci.,81, 70 (2003)
 [3] Yu. Zeng et. al., Solid state elect., 46, 1579 (2002)
 [4] E. H. Nicollian, J.R. Brews, Wiley (1982)
 [5] Kar, S., Appl. Surf. Sci., 252, 3961 (2006)