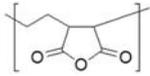


제 5 장 유기절연체 표면처리 기술-1

김윤호

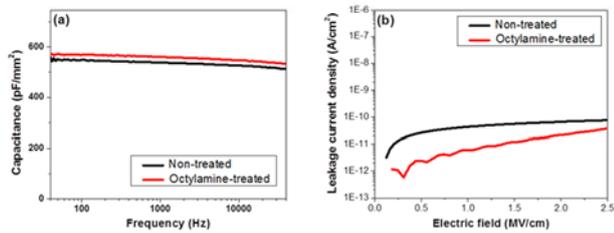
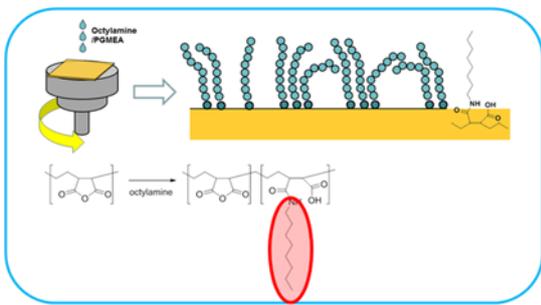
1. Surface Grafting 이용한 표면개질



Poly(ethylene-alt-maleic anhydride) (PEMA)

: 초박막화(60 nm)가 가능한 고분자

SiO₂ SAM 처리를 모방한 PEMA 게이트 절연체의 표면개질



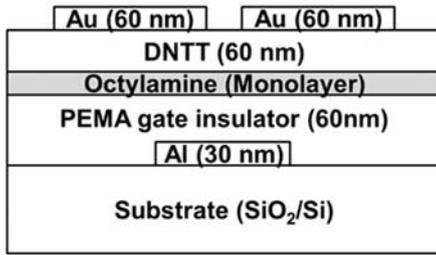
Gate insulator	Dielectric constant	Leakage current density	Surface RMS roughness	Water contact
	at 40 Hz	at 2 MV cm ⁻² [A cm ⁻²]	[nm]	angle [°]
non-treated	3.8	6.7 × 10 ⁻¹¹	0.47	68
octylamine-treated	3.8	2.3 × 10 ⁻¹¹	0.41	78

- Surface grafting을 이용한 PEMA 표면 처리

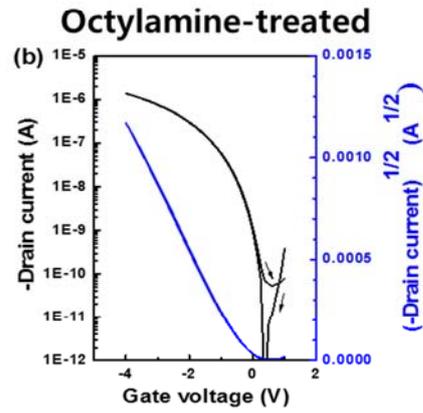
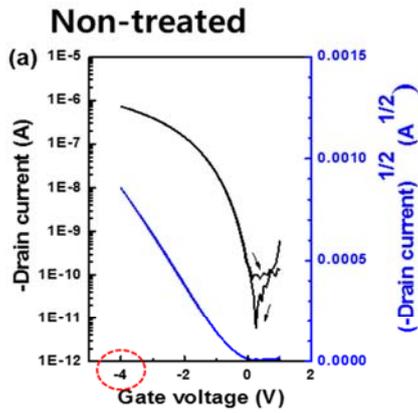
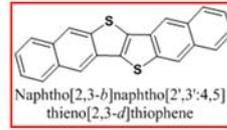
- 게이트 절연체 공정온도: 160 °C

- 게이트 절연체 두께: 60 nm

PEMA 고분자의 경우 고분자 사슬에 극성 그룹이 많이 포함되어 있기 때문에 높은 유전특성을 유도할 수 있으며 초박막에서도 높은 절연특성을 보이는 장점이 있다. 하지만, 이러한 극성 그룹으로 인한 높은 표면에너지는 유기반도체와의 affinity 를 떨어뜨리는 효과를 가져온다. 이러한 문제점을 극복하기 위해, long-alkyl chain 을 고분자 주쇄에 도입하였다. 이렇게 grafting 된 고분자를 이용하여 필름을 제작하게 되면, 낮은 표면에너지를 가지는 alkyl 그룹이 공기와 맞닿는 절연체 표면으로 배치하게 된다. 그 결과 유전특성에는 큰 손실이 없이 표면에너지만 낮출 수 있었다.



- 게이트 절연체 공정온도: 160 °C
- 유기반도체: 증착 공정

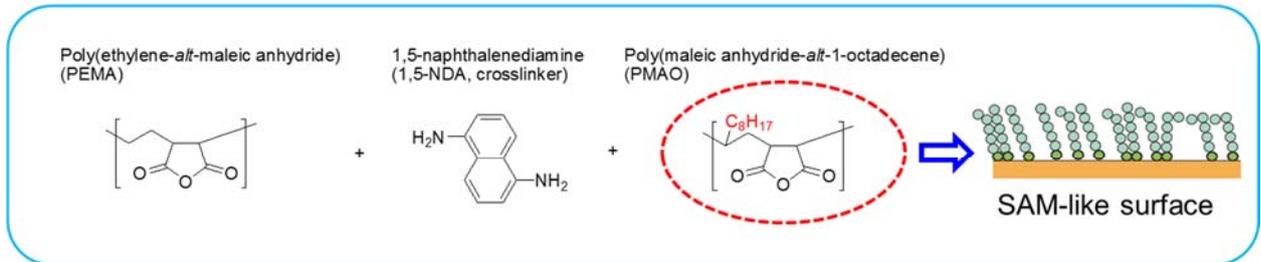


Gate insulator	Mobility (average value) [cm ² /V·s]	S-slope (average value) [V/decade]	V _{th} [V]	I _{on} /I _{off}
non-treated	0.10 (0.069 ± 0.014)	0.18 (0.21 ± 0.08)	-0.48	1.3 × 10 ⁵
octylamine-treated	0.19 (0.17 ± 0.02)	0.079 (0.13 ± 0.08)	-0.34	8.6 × 10 ⁶

Surface grafting 된 PEMA 고분자를 절연체로 이용하였을 때 2 배 정도 전하이동도가 향상되는 것을 볼 수 있다.

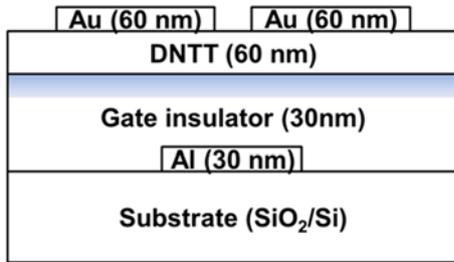
2. 상분리를 이용한 표면개질

상분리를 이용한 one-pot 표면개질

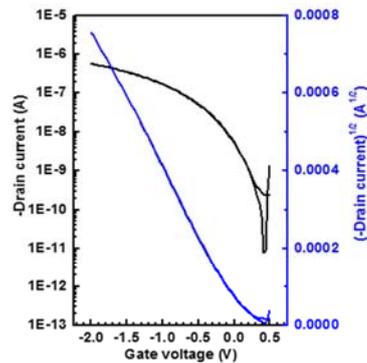
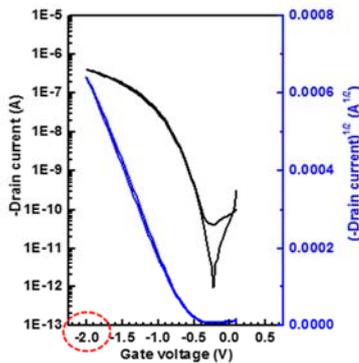
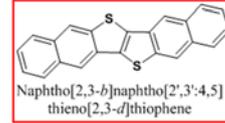


	Water	Diiodomethane	
PEMA(87)/PMAO(3)/1,5NDA(10)	92.6° 	63.5° 	→ 32.4 dyn/cm
PEMA(90)/1,5NDA(10)	65.4° 	27.5° 	→ 49.3 dyn/cm

앞서 서술한 surface grafting 방법의 경우, 표면처리 효과를 가져올 수 있는 alkyl 그룹이 고분자 사슬에 묶여 있기 때문에 완벽한 표면처리가 불가능하다. 따라서 코팅과정 중에 상분리가 가능한 시스템이 개발되었다. PEMA 주쇄와 유사한 구조를 가지며 long alkyl chain 이 달린 PMAO 고분자를 blending 하였을 때 용액 코팅 과정 중에 상분리가 잘 일어날 수 있음을 확인하였다. 3%의 blending 만으로도 표면에너지가 현저히 낮출 수 있었다.



- 게이트 절연체 두께: 30 nm
- 게이트 절연체 공정온도: 160 °C
- 유기반도체: 증착 공정



Gate insulator	Mobility [$\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$]	S-slope (average value) [V/decade]	V_{th} [V]	I_{on}/I_{off}
PEMA(87)/PMAO(3)/1,5-NDA(10)	0.24	0.3	-0.6	1.3×10^5
PEMA(90)/1,5-NDA(10)	0.11	0.2	-0.1	4.2×10^4

PMAO 가 도입된 고분자를 절연체를 사용하여 소자 특성이 2 배 이상 개선될 수 있음을 확인하였으며, 1,5-NDA 를 사용하여 PEMA 와 PMAO 를 화학적으로 가교시킴으로써, 전기적 화학적 물성을 크게 향상시킬 수 있었다. 그 결과 용액공정 만으로도 30 nm 두께에서 높은 절연특성을 가지는 유기절연소재를 개발할 수 있었다. 낮은 두께의 절연체를 구현하면, 높은 캐패시턴스 값을 가질 수 있기 때문에 2V 이하의 낮은 전압에서 구동할 수 있는 TFT 를 제작할 수 있었다.

References

1. *Org. Electron.* 33, 263 (2016)
2. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18, 8522 (2016)
3. *Org. Electron.* 36, 171 (2016)