

**플라즈마 공중합 고분자 절연막과 펜타센 반도체막의 계면특성**

신백균<sup>1</sup>, 임현찬<sup>2</sup>, 육재호<sup>3</sup>, 박종관<sup>3</sup>, 조기선<sup>3</sup>, 남광우<sup>3</sup>, 박종국<sup>4</sup>, 김용운<sup>5</sup>, 정무영<sup>6</sup>  
 인대학교<sup>1</sup>, 대구공업대학<sup>2</sup>, 유한대학<sup>3</sup>, 국립강원대학교<sup>4</sup>, 세경대학<sup>5</sup>, 세운에스아이<sup>6</sup>

**Interface Characteristics of Plasma co-Polymerized Insulating Film/Pentacene Semiconductor Film**

Paik-Kyun Shin<sup>1</sup>, H-C Lim<sup>2</sup>, J-H Yuk<sup>3</sup>, J-K Park<sup>3</sup>, G-S Jo<sup>3</sup>, K-Y Nam<sup>3</sup>, J-K Park<sup>4</sup>, Y-W Kim<sup>5</sup>, M-Y Chung<sup>6</sup>  
 Inha University<sup>1</sup> Taegu Tech. Coll.<sup>2</sup>, Yuhan Coll<sup>3</sup>, Kangwon national Univ.<sup>4</sup>, Saekyung Coll.<sup>5</sup>, SEWON SI<sup>6</sup>

**Abstract** - Thin films of pp(ST-Co-VA) were fabricated by plasma deposition polymerization (PVDPM) technique. Properties of the plasma polymerized pp(ST-Co-VA) thin films were investigated for application to semiconductor device as insulator. Thickness, dielectric property, composition of the pp(ST-Co-VA) thin films were investigated considering the relationship with preparation condition such as gas pressure and deposition time. In order to verify the possibility of application to organic thin film transistor, a pentacene thin film was deposited on the pp(ST-Co-VA) insulator by vacuum thermal evaporation technique. Crystalline property of the pentacene thin film was investigated by XRD and SEM, FT-IR. Surface properties at the pp(ST-Co-VA)/pentacene interface was investigated by contact angle measurement. The pp(ST-Co-VA) thin film showed a high-k (k=4.6) and good interface characteristic with pentacene semiconducting layer, which indicates that it would be a promising material for organic thin film transistor (OTFT) application.

정 등을 사용한다.

플라즈마 공중합 pp(ST-Co-VA) 고분자 박막의 두께, 조성 및 유전특성과 가스압력 및 증착시간들을 조건에 따른 특성과 Pentacene 유기반도체 박막[2]과의 계면특성을 조사하여 유기박막트랜지스터(OTFT)의 절연막으로의 적용 가능성을 연구하였다.

**2. 실험 방법**

실험에 사용된 장치는 기본적으로 플라즈마 중합, 플라즈마 표면처리 및 플라즈마 에칭을 고려하여 제작되었다. 장비의 전체적인 개념도와 실제 제작된 모양을 그림 1에 나타내었다. 플라즈마를 일으키기 위한 전원으로는 13.56 [MHz]의 RF 플라즈마 발생기 (RF Plasma Generator (AUTO ELEC. ST-500, 600[W]))를 사용하였고, 임피던스 매칭을 위해서 매칭박스 (Matching Box (Load Coupler LC- 1000))를 설치하였으며, 방전부에 공급되는 전력을 측정하기 위해서 RF 방전전력계 (RF Power Meter (Collins 30K-3))를 연결하였다. 진공의 검출은 진공게이지 (Pirani Gauge (Model PG- 1S 23593 Okano, 10~10<sup>-3</sup> [Torr]))를 사용하였다. 플라즈마를 발생시키기 위한 방전관은 최소한의 전력으로 안정된 방전을 유지할 수 있도록 하기 위해서 그림 1과 같은 정전결합형 플라즈마 중합장치를 제작하여 사용하였다. AI 노즐을 설치하여 박막이 형성되는 반응관 안으로 이온의 유입을 제한하고 라디칼이 공급되기 쉽도록 하였다.

가스의 유입은 방전관 내부로 캐리어 가스가 유입될 수 있도록 하고, 반응기 안으로 모노머 가스가 유입될 수 있도록 하기 위해 두 개의 가스공급원을 각각 설치하였으며, 유량조절장치 (Mass Flow Controller , FC- 280, Tylan)를 사용하여 아르곤 캐리어 가스의 유량을 조절하여 방전관으로 유입되도록 하였다. 이 정전결합형 플라즈마 중합장치를 이용하여 ITO 기판과 실리콘 웨이퍼 위에 공중합 고분자 박막을 형성하여 OTFT 소자의 적용 가능성을 확인해 보았다.

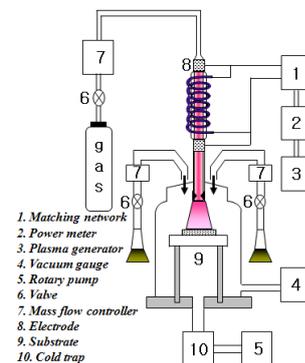
**1. 서 론**

OTFT(organic thin film transistor)는 낮은 이동도에도 불구하고 저가 및 플렉서블 디스플레이에 대한 시장의 요구로 활발히 연구가 진행되고 있다. 국내외적으로 단위 소자의 성능 향상이나 재료 연구가 활발히 진행되고 있으며 최근 Plastic Logic사의 관련 회사들도 설립되어 있다. OTFT의 경우 낮은 속도의 회로 응용을 중심으로 낮은 이동도에 적합한 회로 모델을 개발이 필요하다. 특히, 일회용 회로 등 저가 프린터용 회로가 적용될수 있는 방향으로 상용화 개발을 진행하고 이를 위해 재료 및 인쇄 기법의 발전이 요구된다. 기술 개발의 활용범위는 디스플레이 응용을 포함하여 플렉서블 제품 혹은 일회용 회로나 저가 회로가 필요한 제품들이 될 수 있다. 특히 향후 RFID의 적용에서는 매우 저가의 대량 생산공정이 필요한데 이런 면에서 프린터를 OTFT 회로는 RFID 응용에 적합하며 연구 개발의 중요성이 있다.

현재 유기 반도체 재료로는 Pentacene, Oligothiophene, Perylene, Phthalocyanine 유도체 등의 저분자 유기 반도체와 Polythiophene, Polythiylenevinylene(PTV) 등 고분자 유기 반도체 재료가 사용되고 있다[1]. 이 같은 재료들은 여러 가지 장점이 있지만 높은 이동도를 나타내는 소재의 설계 및 합성 등 고유전율 저 누설전류, 패터닝이 가능한 유전체 소재, 높은 전도도를 나타내는 유기 전도성 재료 개발 등이 필요하며 소자 측면에서는 유기박막의 성막 조건, 저 누설전류 및 고 이동도 소자구조, 접촉 저항의 감소, 계면제어, 소자의 안정성 및 내구성의 확보 등이 필요하다.

OTFT는 모든 영역을 유기박막으로 제작하는 것이 궁극적인 목표이지만 현재 게이트 절연층과 반도체층은 유기박막으로 사용하고 있고, 전극층은 아직 전도도가 우수한 유기전도체가 없기 때문에 금속 박막을 주로 사용하고 있다.

유전체는 게이트의 전계를 반도체 계면에 전달하는 역할을 하므로 유전율이 커야하고, 두께는 채널의 캐리어가 유전체를 통하여 게이트로 빠져 나가지 않는 조건에서 가급적 얇은 것이 좋다. 특히 채널의 캐리어는 약 1nm 두께 내에 형성되므로 유전체 표면 특성은 캐리어 이동도에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 유전체 표면의 굴곡은 0.7nm 이하여야 하고, 전하트랩은 발생하지 않도록 표면처리를 해야 한다. 유전체로서 PVP(polyvinylephnole)와 같은 고분자를 주로 사용하고 있고, 성막 방법으로는 스프레이코팅, 인쇄공

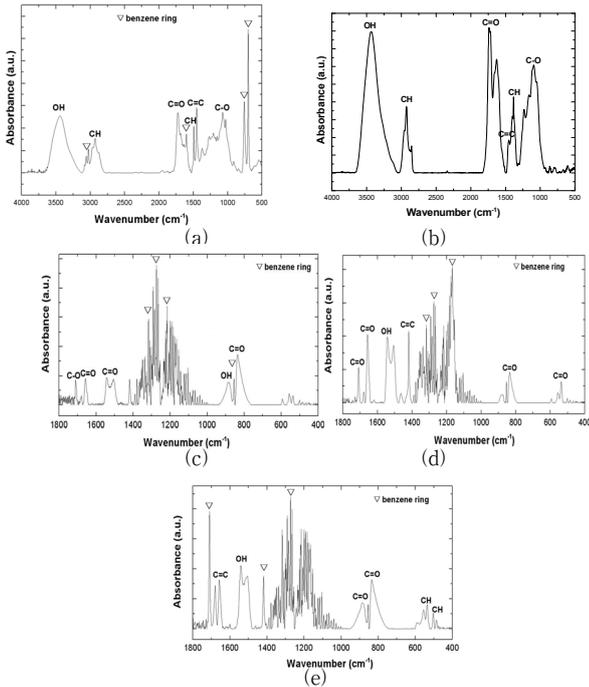


**<그림 1> 플라즈마 중합장치의 개략도**

**3. 결과 및 고찰**

**3.1 FT-IR 분석**

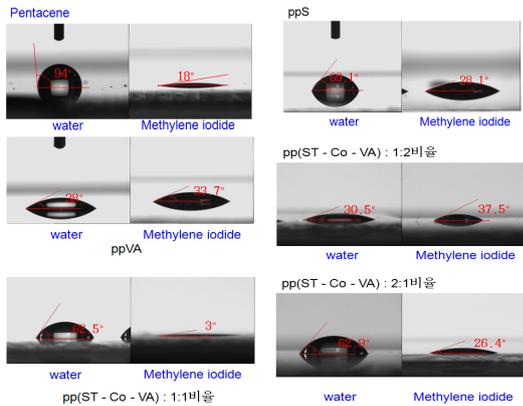
플라즈마 중합 고분자의 FTIR분석을 통한 성분분석을 통하여 판별한 결과 ppS 소수성 물질, ppVA 친수성 물질임이 판명되었으며 가교결합도의 증가로 인하여 유전특성이 개선될 수 있음을 예상할 수 있다. 성분분석 그래프는 그림 2와 같이 나타났다.



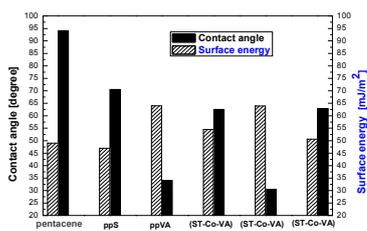
**<그림 2> FT-IR 분석: (a)ppST (b)ppVA (c)pp(ST-co-VA)1:2 (d)pp(ST-co-VA)1:1 (e)pp(ST-co-VA)2:1**

**3.2 표면에너지 분석**

ppS, ppVA 표면에 물방울을 떨어뜨려 접촉각을 측정함으로써 고분자 박막의 친수성과 소수성을 판별하고 표면에너지를 분석함으로써 Pentacene과의 결합응력관계를 파악할 수 있었다. 그림 [4.6]은 Pentacene과 ppS/ ppVA / pp(ST-Co-VA)표면에 물방울과 Methylene iodide를 떨어뜨려 물방울 각도를 나타낸 그림이다. 플라즈마 중합막의 접촉각이 Pentacene의 접촉각과 가까울수록 우수한 계면특성을 보일 것으로 예상할 수 있으며, pp(ST-Co-VA) 공중합막 중, 2:1 비율로 제작된 것이 가장 우수한 계면특성을 나타낸다.



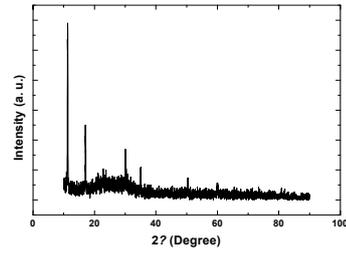
**<그림 3> 접촉각 측정 결과**



**<그림 4> 플라즈마 중합 고분자 박막의 표면에너지**

**3.3 XRD 분석**

절연체 박막의 표면에너지와 pentacene 박막의 결정성은 다음의 문헌[3]과 같이 중요한 요인중에 하나이다. XRD 분석결과 pp(ST-co-VA)2:1 박막 위에 성장된 pentacene 박막 결정성이 가장 좋았다.



**<그림 5> pp(ST-co-VA)2:1 박막 위의 pentacene 박막의 결정성**

**3.4 제작된 고분자 박막의 전기적 특성**

플라즈마 공중합 pp(ST-co-VA)2:1 박막은 유전상수 4.6의 high-k 박막임을 확인하였으며, pp(ST-co-VA)2:1은 pentacene과의 우수한 계면특성을 확인할 수 있었다.

**<표 3> ppST / ppVA / pp(ST-Co-VA)2:1 C-V 특성**

Plasma polymerized polymers	Insulator		
	$C_i$ (정전용량)	Surface energy (mJ/m <sup>2</sup> )	Dielectric constant <sup>a</sup>
ppST	0.42 nF	47.5	3.6
ppVA	0.13 nF	65.5	5.6
pp(ST-co-VA) 2:1	0.27 nF	50.5	4.6

\* Measured at 100 kHz.

**4. 결 론**

본 논문에서는 기능성 유기박막을 건식법으로 제작하는 방법 중의 하나인 RF 플라즈마 진공증착중합기술을 이용하여 플라즈마 공중합 pp(ST-co-VA) 고분자 박막을 제작하였다. 플라즈마 공중합 pp(ST-co-VA) 박막 위에 유기반도체층으로 pentacene 박막을 진공열증착법으로 제작하였으며, pentacene의 결정성을 XRD로, pentacene/pp(ST-co-VA)의 두께특성을 SEM으로, pentacene/pp(ST-co-VA)의 계면특성을 contact angle 측정으로 각각 조사하였으며, 유기박막트랜지스터(OTFT)의 절연층으로의 응용가능성을 분석하였다. 플라즈마 공중합 pp(ST-co-VA) 박막은 유전상수 4.6의 high-k 박막임을 확인하였으며, pp(ST-co-VA)2:1은 pentacene과의 우수한 계면특성을 확인할 수 있었다. 또한, pp(ST-co-VA) 위에 형성된 pentacene의 결정성이 플라즈마 중합 Styrene 및 플라즈마 중합 Vinyl acetate 보다 우수함을 확인할 수 있었다. 따라서, 본 논문에서 제시한 플라즈마 공중합 pp(ST-co-VA) 박막은 유기박막트랜지스터의 절연층으로 매우 유망한 물질임이 확인되었고 유기박막트랜지스터로 적용시 특성 개선이 기대된다.

**[감사의 글]**

본 연구는 지식경제부 지정 인하대학교 열플라즈마환경기술연구센터의 2009년도 지원에 의한 것입니다.

**[참고 문헌]**

[1] H. Klauk, "Organic electronics, materials, manufacturing and applications", Weinheim, Ger., 2006.  
 [2] Y. Y. Lin, D. J. Gundlach, S. F. Nelson, and T. N. Jackson, "Pentacene based organic thin-film transistors", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 44, No. 8, pp. 1325~1331, 1997.  
 [3] Y. Jang, D. H. Kim, Y. D. Park, J. H. Cho, M. Hwang, and K. Cho, "Influence of the dielectric constant of a polyvinyl phenol insulator on the field-effect mobility of a pentacene-based thin-film transistor", Appl. Phys. Lett., Vol. 87, p. 152105, 2005.