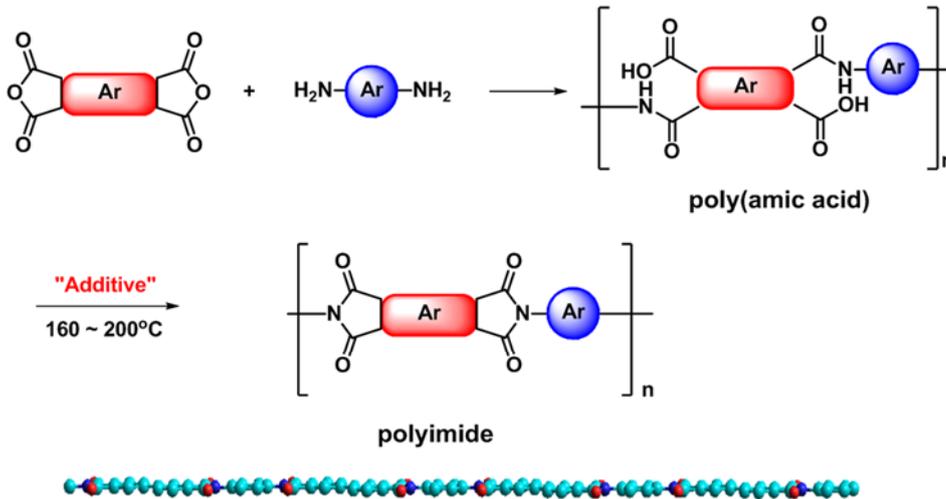


제 3 장 고내열성 유기절연체-1

김윤호

1. 폴리이미드 절연체



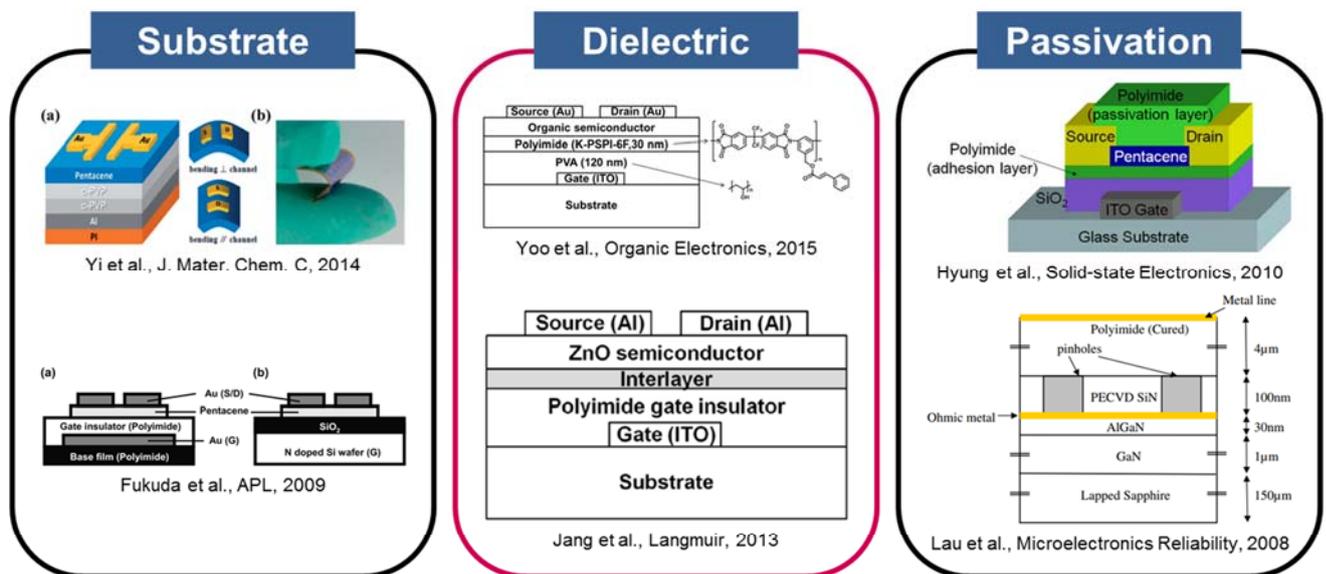
“Fully Aromatic” PIs have excellent electrical insulating properties and thermal & chemical stabilities!

폴리이미드(polyimide, PI)는 강직한 방향족 주쇄를 기본으로 하는 열적 안정성을 가진 고분자 물질로 이미드 고리의 화학적 안정성을 기초로 하여 우수한 기계적 강도, 내화학적, 내후성, 내열성을 가진다. 뿐만 아니라 절연특성, 낮은 유전율과 같은 뛰어난 전기적 특성으로 미소전자 분야, 광학 분야 등에 이르기 까지 고기능성 고분자 재료로 각광받고 있다. 특히 디스플레이, 메모리, 태양전지 등과 같은 분야에서는 제품의 경량화 및 소형화가 진행되면서 현재 사용 중인 유리 기판을 대체 할 수 있는 가볍고 유연성이 있는 고분자 기판 재료로 PI 를 사용하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 방향족 PI 는 방향족 anhydride 와 diamine 의 반응으로 제조되는데 이로 인해 다양한 구조와 성질의 PI 가 얻어진다. PI 합성 시 불용, 불용 성질을 가지게 되면서 대부분의 PI 는 2 단계의 반응을 통해 전구체인 폴리아믹산(polyamic acid, PAA) 상태에서 제조된다.

제 1 단계는 PAA 제조 단계로 diamine 이 용해된 반응용액에 dianhydride 가 첨가되어 개환, 중부가 반응으로 인해 만들어진다. 이때 중합도를 높이기 위해서 반응 온도, 용매의 수분 함유량, 단량체의 순도조절 등이 요구된다. 제 2 단계는 1 단계에서 제조한 PAA 를 화학적 방법 또는 350 도 이상의 고온에서 열적 방법을 통한 탈수 및 폐환 반응으로 이미드화하여 PI 를 만들 수

있다. 이 때 촉매나 첨가제를 이용하여 열적 이미드화 반응을 200 도 까지 낮출 수 있는 방법도 개발되었다. 일반적으로 디스플레이 및 전자재료에 사용되는 PI 는 높은 열적 안정성과 절연특성이 요구 되며, 이를 만족시키기 평평하고 rigid 한 구조를 가지는 모노머를 이용하여 중합되며. 이 때 강력한 charge transfer complex 현상이 발생하기 때문에 대부분의 전자소재용 PI 는 짙은 갈색을 띄게 된다.

2. 폴리이미드 in OTFTs

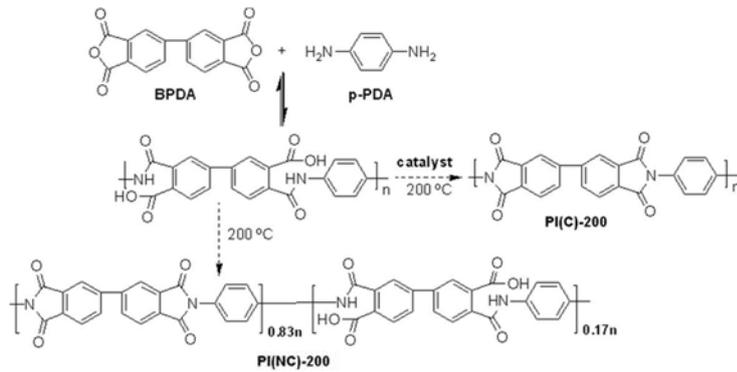


◆ PI in organic thin-film transistors (OTFTs)

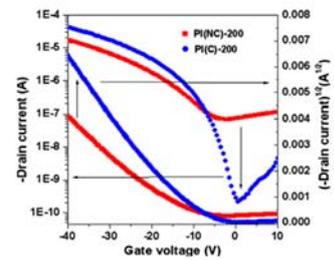
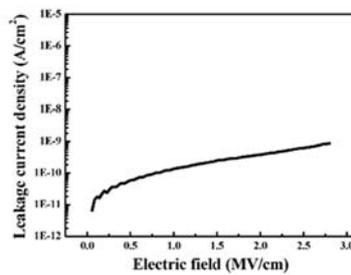
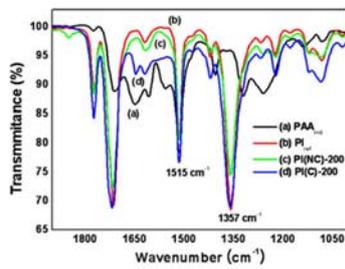
- ✓ flexible substrate due to relative high glass transition temperature
- ✓ gate dielectric (compatible to photolithography process)
- ✓ passivation layer

폴리이미드(PI)는 우수한 열적 안정성, 기계적 강도, 내화학적, 내후성, 내열성, 절연특성, 낮은 유전율과 같은 뛰어난 전기적 특성을 가지고 있기 때문에 OTFT 제작 과정에서 기판, 봉지재 및 유기절연체로 다양하게 사용되고 있다.

3. 저온경화형 폴리이미드 (1)

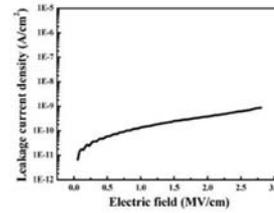
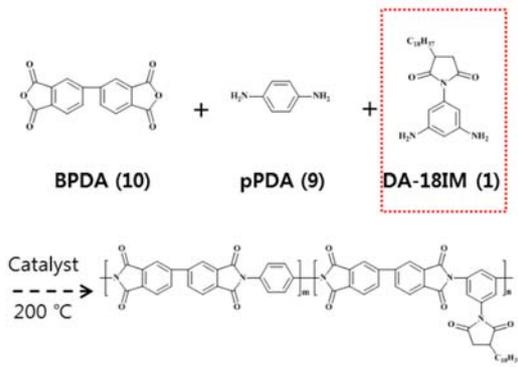


- 200°C imidization w/ base catalyst
- High electrical, chemical stability
- Dielectric constant: 3.2-3.3



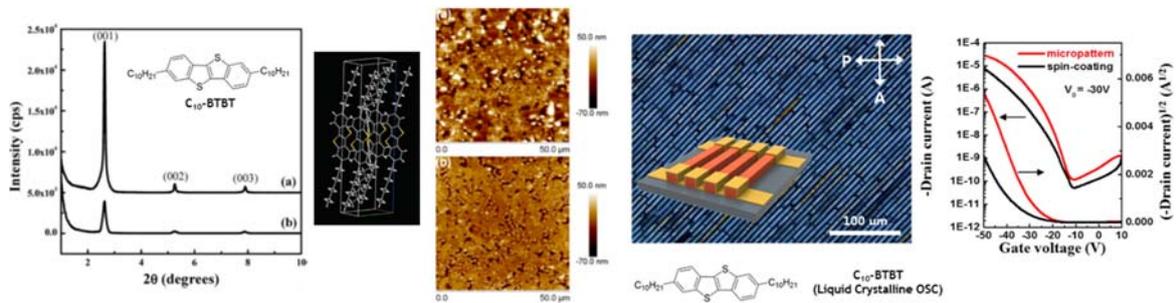
앞서 서술한 바와 같이, 이미드화 반응을 위해 필요한 350 도 이상의 고온 열처리 공정은 OTFT 제작 시, 기판이나 전극 소재들에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제점을 해결하고자, base 촉매를 이용하여, 200 도의 열처리 공정만으로도 이미드화를 100% 진행 시킬 수 있는 기술이 개발되었다. 이러한 기술을 통해 용액공정이 가능한 OTFT 용 절연체로 폴리이미드 소재를 적용할 수 있게 되었다.

4. 저온경화형 폴리이미드 (2)



Gate insulator	Dielectric constant ^a	Leakage current density at 2 MV cm ⁻¹ (A cm ⁻²)	Surface rms roughness (nm)	Surface energy (dyne cm ⁻¹)	Adhesion energy of C ₁₀ -BTBT (dyne cm ⁻¹)
KPI	3.4	2.6×10^{-11}	0.44	55.0	84.4
KPI-C ₁₈	3.3	3.8×10^{-10}	0.41	45.1	79.2

^a Measured at 10 kHz.



유기절연체와 유기반도체 사이의 계면 특성은 OTFT 소자 특성에 매우 큰 영향을 준다. 유기반도체는 보통 alkyl chain 및 aromatic 그룹을 많이 가지고 있기 때문에, 유기반도체와의 affinity 를 높이기 위해, long alkyl 그룹을 가지고 있는 모노머를 도입하여 3 성분계 폴리이미드를 제조하여 표면에너지를 낮출 수 있었다. 그 결과 affinity 가 크게 개선되었고, 유기반도체의 결정성도 향상되어 결과적으로 TFT 소자 특성이 개선되는 결과를 얻을 수 있었다.

References

1. Ahn et al., *Org. Elec.* 10, 12 (2009)
2. Jang et al., *ACS Appl. Mater. Intef.* 5, 5149 (2013)
3. Jang et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.* 15, 950 (2013)

4. Kim et al., *Adv. Mater.* 25, 6219 (2013)