

고분자 전극의 패터닝에 관한 연구

*# 장윤석¹, 김인영¹

*# Y. Jang, I. Kim (yjang@kimm.re.kr)¹

¹한국기계연구원 인쇄전자연구센터

Key words : PEDOT:PSS, patterning, OTFTs

1. 서론

지난 10년간 인쇄전자 소자에 관한 많은 연구가 진행되었다. 초기 인쇄전자 소자에 자체에 관한 연구가 대부분이었지만, 현재는 인쇄전자를 구현하기 위한 다양한 프린팅 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구 중 Roll printing에 기반한 Roll-to-Roll printing¹ 기법은 현재 전세계적으로 활발히 연구가 진행되고 있다. 이 프린팅 기법의 장점은 대량 생산이 가능하여 실제 공정에 적용했을 때 그 파급력이 커서 전세계적으로 가장 활발히 연구가 진행되고 있는 분야 중 하나이다.

현재의 Roll-to-Roll printing 기법에 관한 연구는 가장 구하기 쉬운 silver 잉크를 이용한 기초연구가 대부분이다. Roll-to-Roll printing 연구에 사용되는 silver는 대부분 silver의 함량이 높은 고점도 잉크가 대부분이다. 이러한 고점도 잉크를 인쇄하기 위해 현재 gravure²/ gravure offset³/ screen⁴/ flexo⁴ printing 기법을 사용하고 있다. 하지만 실제로 인쇄전자에서 사용하는 대부분의 유기잉크들은 잉크의 점도가 낮은 저점도 잉크가 대부분이다. 이런 잉크들을 이용하여 기존의 gravure/ gravure offset/ screen/ flexo printing 기법으로 인쇄하는데 많은 어려움이 있다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 inkjet⁵/ ESD(electro-static deposition)⁶ 등의 방법을 개발되고 있지만, 이러한 기법을 Roll-to-Roll printing 공정에 적용하기에는 많은 문제점이 있다.

저점도 잉크를 이용하는 대표적인 인쇄기법인 inkjet/ ESD는 인쇄속도가 매우 느리고 사용하는 잉크의 물성에 따라 인쇄가 가능할 수도 불가능할 수도 있다는 단점이 있다. 대표적인 인쇄기법인 inkjet의 경우, 사용하는 잉크의 표면장력이 30 mN/m 보다 커야 잉크가 노즐에서 그냥 흘러내리지

않고, 사용하는 용매의 증발 속도가 충분히 낮아야 inkjet head가 막히는 것을 방지할 수 있다. 또한 용액은 점도는 충분히 낮아야 (3 ~ 20 mPa s 범위가 적당) inkjet printing을 할 수 있다는 제약이 따른다.⁷

본 실험에서는 이러한 사용 잉크의 제약이 따르지 않고 인쇄 속도가 빠른 새로운 고분자 전극의 패터닝 기법에 대한 실험 결과에 대해서 발표하려 한다.

2. 시료의 준비

본 실험에서는 기관의 표면에너지 차이를 이용하여 대표적인 고분자전극 물질인 poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)를 이용하여 새로운 패터닝 기법에 관한 연구를 수행하였다.

300 nm SiO₂가 올라가 있는 Si wafer를 Piranha solution(mixture of sulfuric acid and hydrogen peroxide)을 이용하여 세척한 다음, toluene 기반의 n-octadecyltrichlorosilane 용액에 dipping하여 자기조립박막(self-assembled monolayers)을 형성한다. 형성된 자기조립 박막은 소수성(hydrophobic)한 성질을 가지게 되고, 이때 원하는 형상을 가진 metal mask를 올리고 UV/Ozone 처리를 하여 원하는 형상이 친수성(hydrophilic) 성질을 가지게 한다. 이렇게 형성된 기관위에 고분자 전극 물질인 PEDOT:PSS drop을 떨어뜨리고 doctor blade 장비를 이용하여 PEDOT:PSS drop을 밀어준다. 이렇게 doctor blade 장치를 이용하여 PEDOT:PSS drop을 밀어주게 되면 기관의 표면에너지 차이에 의해 표면 에너지가 높은 패터닝된 부분에만 PEDOT:PSS가 남아 있게 되고, 결과적으로 원하는 형상의 패턴을 만들 수 있게 되는 것이다.

3. 유기박막 트랜지스터의 제작

표면에너지 차이를 이용하여 트랜지스터 소자의 source/ drain 전극을 형성하고 대표적인 유기 반도체 물질인 pentacene을 이용하여 유기박막 트랜지스터를 제작하여 소자의 전기적 특성을 평가하였다.

4. 결론

표면 에너지 차이를 이용하여 대표적인 고분자 전극 소재인 PEDOT:PSS를 원하는 형상으로 패터닝을 하였고, 이렇게 만들어진 PEDOT:PSS source/drain 전극에 pentacene을 올려 유기박막 트랜지스터를 제작하여 소자의 전기적 특성을 평가하였다. 평가 결과 전형적인 트랜지스터의 성질을 나타내는 것을 확인하였다.

이를 통해 본 실험에서 제시한 인쇄 기법이 실제 소자 제작에 사용할 수 있는 유효한 방법임을 증명하였다.

후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업(B551179-08-03-00/ B551179-10-01-00), 한국기계연구원 주요사업(NK162D:마이크로 연속생산장비 핵심요소기술 개발/ NK162H:고효율 포토닉스 부품 생산 핵심시스템개발)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. F. C. Krebs, "Polymer solar cell modules prepared using roll-to-roll methods:knife-over-edge coating, slot-die coating and screen printing", Solar Energy Materials & solar cells, 93, 465-475, 2009.
2. J. Peutz, M. A. Aegerter, "Direct gravure printing of indium tin oxide nanoparticle patterns on polymer foils", Thin Solid Films, 516, 4495-4501, 2008.
3. T. M. Lee, J. H. Noh, C. H. Kim, J. Jo, D. S. Kim, "Development of a gravure offset printing system

- for the printing electrodes of flat panel display", Thin Solid Films, 516, 4495-4501, 2008..
4. F. C. Krebs, J. Fyenbo, M. Jørgensen,, "Product intergration of compact roll-to-roll processed polymer solr cell modules: methods and manufacture using flexographic printing, slot-die coating and rotary screen printing", Journal of Materials Chemistry, 20, 8994-9001, 2010.
5. J. Z. Wang, Z. H. Zheng, H. W. Li, W. T. S. Huck, H. Sirringhaus, "Dewetting of conducting polymer inkjet droplets on patterned surface", Nature Materials, 3, 171-176, 2004.
6. J. S. Kim, K. H. Choi, K. D. Kim, C. H. Kim, S. W. Bae, D. S. Kim, "An application of ESD technology for the R2R printing process", Journal of Mechanical Science and Technology, 24, 301-305, 2010.
7. B. J. de Gans, U. S. Schubert, "Inkjet Printing of Polymer Micro-Arrays and Libraries: Instrumentation, Requirements, and Perspectives", Macromolecular Rapid Communications, 24, 659-666, 2003.
6. J. S. Kim, K. H. Choi, K. D. Kim, C. H. Kim, S. W. Bae, D. S. Kim, "An application of ESD technology for the R2R printing process", Journal of Mechanical Science and Technology, 24, 301-305, 2010.