

기판의 젖음성 조절을 통한 패터닝 기법의 개발

Development of Patterning Process via Controlling Surface Wettability

#장윤석¹

#Y. Jang (yjang@kimm.re.kr)¹

¹한국기계연구원 인쇄전자연구실

Key words : Patterninng, OTFTs, Surface, Wettability

1. 서론

Flexible electronics 연구는 2000년대 초반 Bell Laboratory와 E-Ink 사가 stamp mold를 이용하여 active matrix backplane을 제작하였음을 발표한 이후¹, 전 세계적으로 많은 관심을 받게 되었다. 이후 Flexible electronics를 연속으로 생산할 수 있는 다양한 공정이 활발히 연구되기 시작하였다. 그중 Roll printing기법을 이용하는 Roll-to-Roll printing² 기법은 현재 전세계적으로 가장 활발히 연구되고 있는 분야가 되었다. 이 기법이 각광을 받는 이유는 다른 공정과는 비교할 수 없을 정도로 대면적/대량 생산이 가능하기 때문이다. 이러한 장점이 전세계적으로 이분야를 연구하게 만드는 계기가 되었고, 수많은 연구기관과 학교에서 현재 활발히 연구 중이다.

하지만 Roll-to-Roll printing 연구에 사용되는 잉크들은 대부분 농도가 진한 고점도 잉크가 대부분이며 그 중 silver ink를 이용한 프린팅 기법연구가 가장 많이 연구되고 있다. silver ink와 같은 고점도 잉크들은 현재 gravure³/ gravure offset⁴/ screen/flexo⁵ printing 기법을 사용하여 인쇄공정 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 실제로 합성되고 있는 Flexible electronics 용 물질들은 대부분 점도가 낮은 저점도 잉크들이 대부분이다. 이러한 잉크의 성질로 인해 지금까지 많은 연구가 진행되고 있는 gravure/ gravure offset/ screen/ flexo printing 과 같은 기법들을 활용하기에 많은 문제점들이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 inkjet⁶/ ESD(electro-static deposition)⁷ 등의 인쇄기법들이 연구되고 있지만, 실제 Roll-to-Roll printing 공정에 이용하기에는 많은 어려움이 있다.

대표적인 어려움은 inkjet/ ESD의 인쇄속도가 매우 느리고, 사용하는 잉크의 물성에 의해 인쇄 가능 여부가 결정된다는 점이다. inkjet의 경우 잉크의 표면장력이 30 mN/m 보다 커야하고, 사용하는 용매의 증발 속도가 충분히 낮아야하고, 용액은 점도는 충분히 낮아야 (3 ~ 20 mPa s 범위가 적당) inkjet printing을 할 수 있다는 제약이 따른다.⁸

본 실험에서는 사용잉크의 물성에 크게 좌우되지 않고 인쇄 속도가 빠른 새로운 인쇄기법에 대한 연구를 수행하였다. 실제 새로운 인쇄기법의 효용성을 확인하기 위해 대표적인 전도성 고분자 물질인 poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/ poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)를 이용하여 실제 source / drain 전극 패터를 만들어 organic thin-film transistor를 제작하여 새로운 인쇄기법의 효용성을 확인하였다.

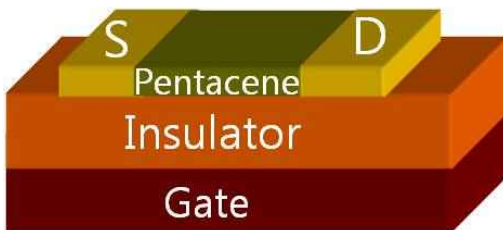
2. 시료의 준비

Si wafer (300 nm SiO₂)를 Piranha solution(mixture of sulfuric acid and hydrogen peroxide)을 이용하여 세척한 다음, 일반적인 자기조립박막(self-assembled monolayers)을 형성하는 과정을 거쳐 소수성(hydrophobic) 성질을 가지는 표면을 제조한다. 이렇게 제조된 박막위에 metal mask를 올리고 UV/Ozone 처리를 하여 원하는 형상을 패터닝한다. 이렇게 만들어진 패터닝은 UV/Ozone 처리에 의해 친수성(hydrophilic) 성질을 가지게 된다. 이렇게 형성된 pre-pattern이 형성된 기판위에 대표적인 전도성 고분자 물질인 PEDOT:PSS drop을 떨어뜨

리고 doctor blade 장비를 이용하여 PEDOT:PSS drop을 밀어준다. 이 과정을 거치는 동안 PEDOT:PSS 용액은 친수성 표면을 가지는 표면 위에만 남게 되어 원하는 형상의 패턴을 만들 수 있었다.

3. 유기박막 트랜지스터의 제작

이상의 과정을 거쳐 제조된 PEDOT:PSS 전극에 실제 pentacene 활성층을 올려 그림1과 같은 유기박막 트랜지스터를 제작하였다. 이렇게 제작된 유기박막 트랜지스터의 전기적 성질을 측정해 본 결과 전형적인 트랜지스터 성질을 나타냄을 확인하였다.



[그림1] 본 실험에서 제조된 유기박막트랜지스터의 구조

4. 결론

본 실험에서는 저점도 잉크의 새로운 패턴링 기법을 제안하였다. 이러한 기법이 실제 소자 제작에 유용한지 알아보기 위해 실제 유기박막 트랜지스터를 제작하여 그 성능을 측정해 보았다. 실험 결과 본 실험에서 제안한 기법은 실제 소자를 제작하기에 유용한 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업(B551179-10-01-00, 나노잉크를 이용한 박막형 슈퍼캐퍼시터 연속 생산공정 및 시스템 개발), 한국기계연구원 일반사업(SC0860:인쇄전자소자(PEMS)연속생산 시스템 Test Bed 기반구축사업)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. A. Rogers, Z. Bao, K. Baldwin, A. Dodabalapur, B. Crone, V. R. Raju, V. Kuck, H. Katz, K. Amundson, J. Ewing, and P. Drzaic, "Paper-like electronic displays : Large-area rubber stamped plastic sheets of electronics and microencapsulated electrophoretic inks," PANS, 98, 4835-4840, 2001
2. 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.
3. J. Peutz, M. A. Aegerter, "Direct gravure printing of indium tin oxide nanoparticle patterns on polymer foils", Thin Solid Films, 516, 4495-4501, 2008.
4. 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..
5. 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.
6. J. Z. Wang, Z. H. Zheng, H. W. Li, W. T. S. Huck, H. Siringhaus, "Dewetting of conducting polymer inkjet droplets on patterned surface", Nature Materials, 3, 171-176, 2004.
7. 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.
8. 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.