

자기조립분자막을 이용한 전도성 고분자의 패터닝 기법에 관한 연구

Conducting Polymer Patterning Method by Using Self-Assembled Monolayer

#장윤석¹, 조정대¹, 이승현¹

#Y. Jang (yjang@kimm.re.kr)¹

¹한국기계연구원 인쇄전자연구실

Key words : polymer patterning, self-assembled monolayer, OTFTs

1. 서론

전도성 고분자의 patterning 기법에 대한 연구는 2000년대 초반 Bell Laboratory와 E-Ink 사가 stamp mold를 이용하여 active matrix backplane을 제작하였음을 발표한 이후¹, 전 세계적으로 많은 관심을 받게 되었다. 이러한 연구가 주목을 받은 이유는 이후 급속하게 진행된 Flexible electronics 분야의 활용이 가능하기 때문이다. Flexible electronics 분야가 전 세계적으로 주목을 받는 이유는 그동안 전자소자를 만드는 vacuum 공정을 배제함으로써 제품을 만드는 생산 단가와 속도에 혁신을 제공하기 때문이다. 이후 Flexible electronics를 연속으로 생산할 수 있는 다양한 인쇄 기법에 관한 연구가 활발히 연구되기 진행되었다. 그중 Roll printing 기법을 이용하는 Roll-to-Roll printing² 기법은 현재 전세계적으로 가장 활발히 연구되고 있는 분야가 되었다. 이 기법이 많은 관심을 받는 이유는 다른 공정과는 비교할 수 없을 정도로 대면적/ 대량 생산이 가능하기 때문이다.

현재 Roll-to-Roll printing 공정 연구는 대부분 점도가 진한 silver ink를 활용할 수 있는 gravure³/ gravure offset⁴/ screen/ flexo⁵ printing 기법을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 실제 합성되고 있는 Flexible electronics 용 물질들은 대부분 점도가 낮은 특징을 가지고 있다. 이러한 특징으로 인해 기존의 프린팅 기법들인 gravure/ gravure offset/ screen/ flexo printing들은 실제 공정에 적용하

기에 많은 문제점들이 있다.

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

2. 시료의 준비

Si wafer (with 300 nm SiO₂) 기판 표면에 기능성 박막을 자기조립박막(self-assembled monolayers)을 도입하였다. 자기조립박막(self-assembled monolayers)은 Si wafer를 Piranha solution(mixture of sulfuric acid and hydrogen peroxide)을 이용하여 세척한 다음, toluene base의 1 M의 n-Octadecyltrichlorosilane solution에 담겨 Si wafer 표면의 hydroxy group (-OH)와 반응시켰다. 이러한 반응을 통해 자기조립박막(self-assembled monolayers)이 Si wafer 표면에 형성된다. 이렇게 만들어진 자기조립박막(self-assembled monolayers)은 사용한 n-Octadecyltrichlorosilane에 의해 소수성(hydrophobic) 성질을 가지게 된다.

이렇게 제조된 기판의 성질을 조절하기 위해

UV/Ozone 처리를 진행하였다. UV/Ozone 처리 효과를 확인하기 위해 UV/Ozone 처리 시간에 따른 기판의 특성 변화를 관측하였다. 실험결과 UV/Ozone 처리에 의해 기판의 성질이 소수성(hydrophobic)에서 친수성(hydrophilic)으로 바뀌는 것을 알 수 있었다. 이러한 성질을 이용하여 원하는 형상의 metal mask를 올리고 원하는 형상의 패터닝을 제조하였다.

이렇게 형성된 pre-pattern이 형성된 기판위에 저점도의 전도성 고분자 물질인 PEDOT:PSS drop을 떨어뜨리고 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 고분자 (PEOT:PSS) Source/Drain 전극에 active layer (pentacene)을 올려 실제 유기박막 트랜지스터를 제작하였다. 본 실험 기법으로 제작된 유기박막 트랜지스터의 전기적 성질을 측정하였다.

4. 결론

본 실험에서는 자기조립박막(self-assembled monolayer)의 성질을 조절하여 패터닝하는 새로운 기법에 대해 제안하였다. 이러한 패터닝 기법이 실제 소자에 적용이 되는지 확인하기 위해 유기박막 트랜지스터를 제작하여 그 성능을 측정하였다. 실험 결과 본 실험에서 제안한 기법은 실제 소자를 제작하기에 유용한 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업 (B551179-10-01-00 (OD0930), 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 integration of compact roll-to-roll processed polymer solar cell modules: methods and manufacture using flexographic printing, slot-die coating and rotary screen printing", Journal of Materials Chemistry, 20, 8994-9001, 2010.