

마이크로 그라비어 기법을 이용한 전도성 고분자 박막 패터닝 Thin film patterning of conductive polymer using micro gravure method

*안병준¹, #고성림², 김지엽¹, 성진우¹, Terho kololuoma³, 이재원⁴

*B. J. Ahn¹, #S. L. Ko(slko@konkuk.ac.kr)², J. Y. Kim¹, J. W. Seong¹, Terho kololuoma³, J. Y. Lee⁴
¹건국대학교 기계설계학과, ²건국대학교 기계공학부, ³VT(Technical research centre of Finland),
⁴한양대학교 기계공학과

Key words : Thin film patterning, Micro gravure, PEDOT:PSS, Conductive polymer, Roll to Roll

1. 서론

최근 flexibility가 강조된 OLED, OPV(Organic Photovoltaic), flexible display 등의 박막형 인쇄 전자 소자의 연구가 활발히 진행됨에 따라서, 박막 공정의 대면적/대량 생산 기법이 요구되어진다. 기존의 유리기판 상의 박막 패터닝은 ALD(Atomic Layer Deposition), CVD(Chemical Vapor Deposition), PVD(Physical Vapor Deposition) 등과 같은 방식들을 이용하였으나, 고온/고진공의 공정 특성상 연속 공정 및 대면적화가 어렵기 때문에 상온/상압의 공정이 요구된다.

Organic 또는 전도성 고분자 잉크의 경우, 일반적으로 용액의 solid content가 수% 미만으로 매우 낮다. 이러한 특징을 이용하여 수 um대의 wet coating 후, 건조/경화 공정을 통하여 수십~수백 nm의 두께를 가지는 박막의 획득이 가능하다. 대표적인 연속 공정 기반의 박막 coating 기법은 slot die, curtain 및 micro gravure coating 등을 들 수 있다. 이러한 기존의 coating 기법들은 균일한 대면적 coating을 위하여 개발되었지만, 그 기법을 응용하여 다양한 패턴의 coating에 사용되고 있다. 대표적인 예로 slot die 기법의 경우 shim plate를 이용하여 일정한 폭을 가지는 패턴의 형성이 가능하다.

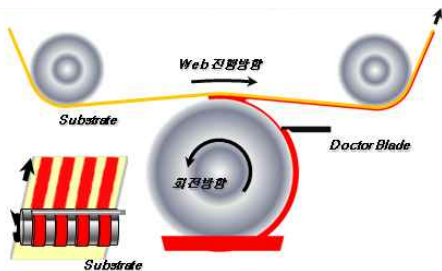


Fig. 1 Micro Gravure coating process

Micro gravure 기법은 reverse kiss-roll coating 이라고도 하며, kiss-roll coating에서 substrate와 coating roll의 접촉각을 줄이기 위하여 roll의 지름을 소형화(20~80mm) 함으로써 substrate와 roll 사이의 vortex 발생 범위를 줄임으로써 안정적인 coating이 가능하다(Fig. 1).

본 연구에서는 박막 인쇄 전자소자에 널리 쓰이는 전도성 고분자인 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylene dioxothiophene)poly(styrenesulfonate))기반의 잉크 및 micro gravure 기법을 이용하여 일정한 폭을 가지는 박막 패턴을 인쇄하기 위한 공정 조건 및 특성에 관하여 논하고자 한다(Fig. 2).

2. 전도성 고분자 박막 패터닝 실험

Micro gravure 기법은 substrate의 이송방향 및 roll 회전 방향이 반대로 인하여 발생하는 shear force에 의하여, 잉크가 roll에서 substrate로 전이된다. 여기서 substrate의 이송 속도 및 roll의 회전 속도의 비를 speed ratio라하며, ratio가 1~2인 구간에서는 laminar flow가 형성되어 안정적인 coating이 이루어지며, 그 이상 및 이하의 구간에서는 불안정한 coating 특성을 나타낸다.

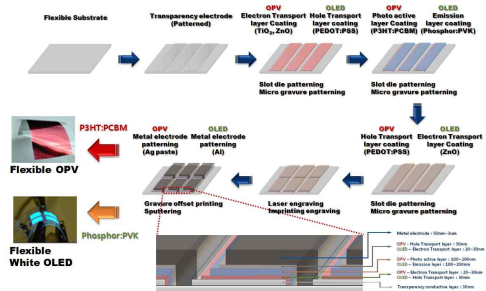


Fig. 2 OLED/OPV manufacturing process

Table 1 Experimental setup

Width of dot	50(498um), 80(307um), 110(220um), 140(171um)						
Depth of dot	35um						
Web transfer speed (m/min)	15	15	15	5	5	5	25
Roll circumference speed(m/min)	15	20	30	5	10	15	25

본 연구에서는 잉크의 용적량 및 공정 조건에 따른 박막 패터닝 특성 분석을 위한 실험을 진행하였으며, 그 조건은 Table 1과 같다.

3. 실험결과 및 분석

Web transfer speed가 5 m/min일 경우, speed ratio 가 2일 때 가장 좋은 결과를 보이거나 그 영향은 적다. Speed ratio가 1일 지라도, web transfer speed 및 roll circumference speed가 증가하면 잉크의 전이량은 증가한다.

이는 잉크의 유입량 및 소모량이 같을 지라도 저속 영역에서 안정적인 laminar flow의 형성이

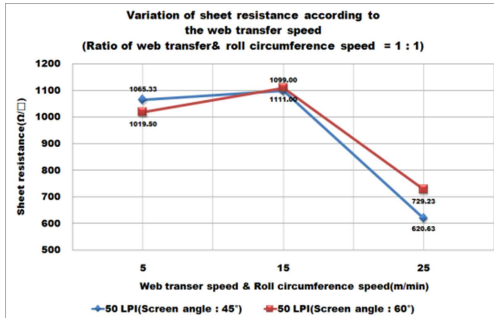


Fig. 3 Variation of sheet resistance according to the web transfer speed(Speed ratio : 1)

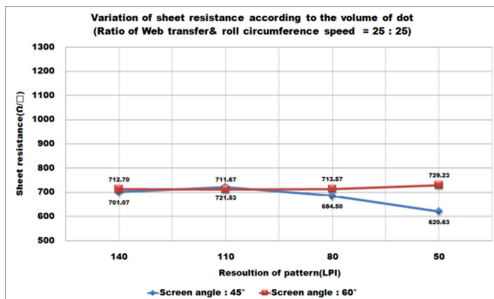


Fig. 4 Variation of sheet resistance according to the volume of dot(Speed ratio : 1, Web & Roll speed = 25m/min)

어렵기 때문이다(Fig. 3). 공정 조건의 경우, web transfer speed 보다 roll circumference speed에 의한 speed ratio 변화에 더욱 민감한 결과를 나타낸다. 다시 말해, 잉크의 유입량에 더욱 민감한 결과를 타내며, 고속 공정속도 및 높은 잉크 공급량에서 안정적인 패터닝 특성을 나타낸다. 잉크의 용적량에 의한 박막 패터닝 결과를 살펴보면, 고속 영역에서 안정적인 패터닝 결과를 나타낸다. 이는 잉크의 용적량이 증가할 수록 잉크의 전이량 또한 증가했을 나타낸다(Fig. 4).

4. 결론

본 연구는 기존의 전면 coating 방식인 micro gravure 방식을 이용하여, 일정한 폭을 가지며 100nm 이하의 박막 패터닝에 관한 실험을 수행하였다. 실험 결과 및 분석을 요약하면, 고속 영역에서 패터닝 특성이 안정되며, 잉크의 전이량 또한 증가한다. 또한 과공급된 잉크는 transient flow를 유발하며, 이는 불안정한 패터닝을 유발하여 잉크 전이량을 감소시킨다. 따라서 Target layer의 두께를 구현하기 위해서는 dot volume 및 operating condition의 matching이 요구된다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 해외 우수연구기관유치사업 연구임(2011-00260).

지식경제부의 “산업원천 기술개발 사업 (10035641)”의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- Frederik C. Krebs, "Fabrication and processing of polyner solar cells; A review of printing and coating techniques", Solar energy materials & Solar cells, 93, 394-412, 2009.
- Lars B., Karin S., Hannes S., Steffi S. and Mario S., "Reel to reel wet coating as an efficient up-scaling technique for the production of bulk-heterojunction polymer solar cells", Solar energy materials & Solar cells, 93, 476-483, 2009.
- L. W. Schwartz, P. Moussalli, P. Campbell and R. R. Eley, "Numerical modeling of liquid withdrawal from gravure cavities in coating operations", Trans IChemE, 76, 22-28, 1998