롤투롤 인쇄 공정을 이용한 투명전극 형성 기술

Transparent Electrode Forming Technology using R2R Printing Process

*김정수[1], #김동수[1], 유종수[1], 윤성만[1], 조정대[1]
*J. S. Kim[1], #D. S. Kim(kds671@kimm.re.kr)[1] , J. S Yu[1], S. M. Yoon[1], J. D. Jo[1]
[1]한국기계연구원 인쇄전자연구센터

Key words : Transparent electrode, R2R, Fine line width, ESD, Gravure offset

1. 서론

최근 반도체 공정을 대체한 다양한 인쇄 전자 소자에서 주목 받는 기술 중의 하나는 투명전극 형성 기술이다. 투명전극이란 높은 투과도를 가지면서 동시에 전기전도도를 가지기 때문에 투명한 전극으로 소자에 적용이 가능한 기술을 의미한다. 현재 가장 많이 사용되는 재료는 ITO이다. 하지만 ITO는 최근 몇 년간 전자 제품등에 가장 많이 사용되어지는 투명전극임과 동시에 향후 가장 대체되어야 할 부분으로 지목되고 있다. 첫 번째 이유는 ITO의 주재료인 인듐이 중국등에 집중화되어 있어 과거 몇 차례에 걸쳐 급격한 가격 상승이 이루어졌으며 세계적으로 그 매장량이 한정되어 있는 문제가 있다. 두 번째는 ITO를 이용한 박막 코팅 공정이 반도체 공정이 주가 되어 공정비용이 높다는 단점이 있다. ITO 박막 코팅 공정은 주로 진공 스퍼터링 공정이 사용되어지는데 연속공정이 어렵고 진공 스퍼터링 장비가 고가인 동시에 해외에 90%이상 의존하고 있어 많은 공정 비용이 소모되는 문제가 있다. 따라서, 최근 이러한 문제점을 극복하고자 ZnO, CNT, PEDOT:PSS, Ag 매쉬등의 다양한 방법으로 투명전극에 대해 연구하고 있으며 공정 역시 고가의 스퍼터링을 대체한 유기물 인쇄 방식으로 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 이러한 측면에서 롤투롤 기반의 연속공정이 가능한 그라비어 옵셋 인쇄 기술과 용액을 상온/상압에서 나노박막 코팅이 가능한 ESD (정전기력 스프레이 증착) 공정 기술을 활용하여 유리나 필름에 투명전도막을 형성하였으며 그 성능을 평가 하였다.

2. 그라비어 옵셋 인쇄를 이용한 Ag 그리드 매쉬 형성 기술

앞서 설명한 다양한 ITO 박막 대체 기술의 성능

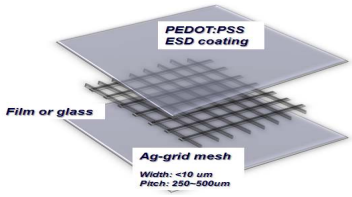

Fig. 1 Printed transparent electrode structure

적인 평가 요소는 2가지가 핵심이다. 하나는 높은 광투과도를 가질 것이며, 다른 하나는 높은 전기전도도를 가져야하는 것이다. 이중 높은 광투과도는 어떠한 물질이든 광의 흡수가 존재하며 따라서 낮은 박막 두께 일수록 투과도가 높아지게 된다. 하지만 낮은 박막 두께는 전기전도도를 떨어뜨리게 되므로 응용되어지는 소자를 기준으로 요구하는 적절한 광투과도에서의 전기전도도가 평가 되어야만 한다. 따라서 본 논문에서 일반적으로 많이 사용되어지는 500~600nm 파장대에서의 광투과도가 80%이상을 형성할 수 있는 기술로 연구되어졌다.

롤투롤 인쇄공정을 위한 투명전극형성 기술은 그림 1과 같이 필름이나 글라스 기판 위에 Ag 그리드 매쉬를 인쇄하고 그 위에 전도성고분자(PEDOT:PSS)를 ESD 스프레이 분사 방식으로 코팅하는 방식으로 구현되었다. Ag 그리드 매쉬는 일반적으로 10um이하의 미세 선이 격자형태로 구현된 형태이며 이러한 격자형태는 기판으로 흡수되는 빛을 그대로 투과 시키기 위한 것이다. 하지만 현재 인쇄 기술에서 10um이하급의 미세선폭 구현은 어려운 기술이며 일반적인 접촉식 그라비어/그라비어옵셋/플렉소등의 인쇄기술에서는 한계가 약 20um 부근으로 평가된다. 따라서 본 연구에서는 패턴롤의 특이형상을 통해 10um 이하급의 미세 패턴을 인쇄하였다.

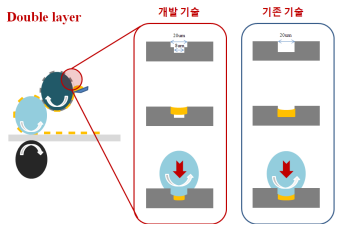

Fig. 2 Patterning roll with double layer geometry

기존 그라비어 옵셋에서는 패턴롤이 단일형태로 구현되어 20um이하에서는 잉크를 채워넣는 것이 힘든 반면 본 연구의 이중 레이어 구조는 20um의 외부 패턴으로 잉크를 주입하고 내부의 10um이하의 좁은 패턴으로 인쇄는 전이시키는 블랑켓 롤이 찍어 누르는 형태로 미세 선폭을 형성 하였다.

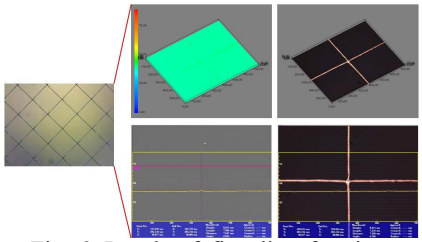

Fig. 3 Result of fine line forming experiment

그림 3에서 보듯이 이중 레이어 구조를 통해 약 7.11um 수준의 Ag 미세 선을 구현 하였으며 선의 높이는 약 811nm로 형성되었다.

3. ESD 박막 코팅 기술

ESD는 정전기력을 이용한 스프레이 분사 방식으로 고전압을 용액에 인가하여 용액을 스프레이 형태로 분사하는 기술이다. 이러한 방식은 기존 공압 스프레이 분사기술에 비해 보다 미세한 입자의 토출이 가능하여 나노 박막과 같은 미세하면서도 높은 밀도를 가지는 유기 박막 코팅이 가능하다.

본 연구에서는 ESD 분사 방식을 활용하여 전도성 고분자(PEDOT:PSS)를 코팅하였다.

그림 4는 ESD 장비와 이를 활용한 유리기판위에 형성된 전도성고분자 투명전극 코팅 결과를 나타낸다. 유리기판 사이즈는 200mmX200mm 이며 대면적에도 원활한 박막 코팅이 이루어졌다. 이와 같은 원리로 앞서 구현된 필름위의 Ag 그리드 매쉬

Fig. 4 ESD equipment and pedot:pss coating result

패턴에 ESD를 이용하여 전도성고분자를 박막 코팅하였다.

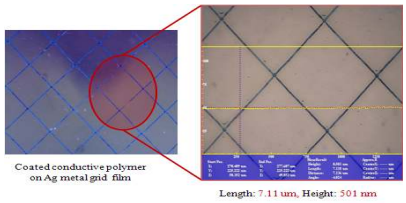

Fig. 5 Printed transparent electrode

그림 5는 최종 형성된 인쇄를 이용한 투명전극이 기판이다. 투명전극 박막 높이가 전도성고분자 코팅을 통해 약 501nm로 줄어들었으며 측정결과 약 83.69%(@550nm)의 투과도와 최하 9.65ohm/sq.의 면저항을 가졌다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 ITO 투명전도막을 대체하기 위한 롤투롤 기반의 인쇄 공정을 활용한 Ag 그리드 매쉬 타입의 투명전도막 형성을 연구하였으며 그 결과 특성화된 패턴 형상에 따른 10um이하의 미세 선폭 구현과 ESD 공정을 활용한 전도성 고분자 코팅 박막 구현을 통해 약 83.69%의 투과와 9.65ohm/sq를 가지는 투명전도막을 형성하였으며 향후 이러한 투명전도막 형성 기술을 적용하여 유기박막 태양전지나 유기 OLED 소자 제작 기술에 접목할 예정이다.

후기

본 연구는 에너지기술개발사업의 지원에 의해 연구 되었습니다.

참고문헌

1. Rayleigh FRS "On the equilibrium of liquid con-ducting masses charged with electricity" Phil Mag 14(5):184, 1882.