

# 선택적 막 형성을 위한 ESD 시스템 개발 연구

## Development research of ESD(Electrostatic Spray Deposition) System for Selective film formation

\*최경현<sup>1</sup>, #당현우<sup>2</sup>, 도양백<sup>2</sup>, 김형찬<sup>2</sup>, 고정범<sup>2</sup>, 김동수<sup>3</sup>

\*K. H. Choi<sup>1</sup>, #H. W. Dang(hwdang@jejunu.ac.kr)<sup>2</sup>, Y. H. Doh<sup>1</sup>, H. C. Kim<sup>1</sup>, J. B. Ko<sup>1</sup>, D. S. Kim<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>제주대학교 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>제주대학교 전자공학과, <sup>3</sup>한국기계연구원

Key words : Printed Electronics, Electrostatic Spray, Spray System, Mask Patterning

### 1. 서론

최근 친환경 그린 테크놀로지가 화두로 떠오르면서 친환경, 저가격, 단순 공정을 지향하는 인쇄전자(Printed electronics) 기술이 각광을 받고 있다.[1][2]

특히 종전 전자부품 생산 기술인 반도체 리소그래피(lithography) 공정에서 요구하는 식각, 현상, 증착 등의 과정을 생략하는 대신에 기판 상에 비접촉식 다이렉트 프린팅 기법을 통해 디스플레이 재료, 반도체 소자 내 금속 박막 등의 전자재료를 제조하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.[3]

비접촉식 다이렉트 프린팅 기법 중 하나인 정전기력 잉크젯 공정은 정전기력이 유체에 미치는 영향을 제어하여 극미량의 미세 액적 토출 또는 분사하는 기술이다.[4]

본 논문에서는 정전기력 잉크젯 공정 기술의 기여할 수 있는 정전기력 분무 공정 시스템에 대한 기초적 연구를 진행하였다. 공정상에서의 요소별 변수조건에 따른 시스템을 설계 및 제작하였고, 시스템 성능을 분석하였다. 박막 코팅 공정, 마이크로 범위의 선평구현 등 다양한 패턴 인쇄를 위한 마스크 및 마스크 홀딩 장치를 자체 설계 및 개발하였다.

### 2. 정전기력 분무 공정 시스템 개발

정전기력 분무 공정의 요소 기술을 바탕으로 고전압 발생 장치, 3축 정밀 이송 장치, 정밀 용액 공급 장치, 분무 공정 모니터링 장치, 패턴 마스크 장치를 구성하여 각 장치의 공정 변수를 제어하고, 분무 공정의 최적 조건 변수를 바탕으로 선택적 막 형성을 위한 ESD 시스템을 제작 했다.

Fig. 1은 시스템 구성도를 보여주고 있으며 분무공정 초기에 노즐 헤드는 정밀 용액 공급

장치로부터 잉크를 공급 받게 되고, 노즐 토출구에 형성되는 메니스커스 및 분무 입자 사이즈의 영향을 미치는 유량(flow rate)을 제어한다.

노즐 토출구에는 용액의 갖는 표면장력에 의한 메니스커스가 맺히게 되는데, 이때 고전압 발생 장치를 통한 노즐과 기판에 DC바이어스를 인가하여, 노즐과 기판사이에 정전기장을 형성한다.

이 영역에서 노즐의 메니스커스는 기판과의 반대 극성을 띄는 기판의 방향으로 첨예한 테일러 콘(taylor cone)을 형성하며 분무 보드에 대기하고, 정전기력이 잉크 메니스커스의 표면장력 합을 넘어서면 분무 모드가 형성된다.

여기서 2축(X,Y-direction)스테이지는 기판을 이송하며, 분사 영역을 벗어나는 대면적 기판의 전면에 박막 코팅을 할 수 있도록 위치 및 속도 등을 제어한다. 또한 사용자정의의 패턴 및 선택적 막 형성을 위해 마스크 홀딩 장치를 통한 패턴 인쇄가 가능하다. 이는 노즐과 기판 사이에 장착되며 노즐과 마스크 그리고 마스크와 기판간의 이격 거리를 최소 1mm까지 정밀 제어가 가능하도록 하이 트 게이지(height gauge)를 응용한 설계를 했다.

모든 분무 공정 과정에서 잉크의 분무와 테일러 콘은 고해상도의 높은 분해능을 갖는 고속 카메라를 통하여 모니터링(monitoring)되고, 공정 파라미터의 변화에 따른 유체 유동을 실시간 확인하며, 다양한 공정 데이터 수집 및 피드백(feedback)을 통한 분무 공정의 최적 변수의 도출을 돕는다. Fig. 1에서는 ESD(electrostatic spray deposition)시스템에 대한 각 모듈 장치들의 연결과 시스템 통합 설계 레이아웃을 보여준다.

### 3. 공정 실험 및 고찰

Ag(silver)기반의 전도성 잉크를 선택적 막 형

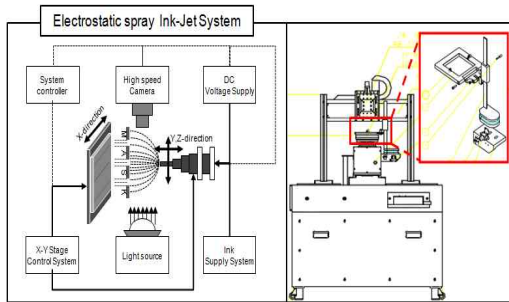


Fig. 1 electro spray based on Mask patterning system architecture(L) and drawing of design(R)

성을 위한 ESD 시스템을 적용하고, 사용자 정의의 패턴 구현을 실험함으로써 시스템의 공정 대응 가능 여부를 확인한다.

Table 1에서는 패턴이 실험에 설정된 변수조건을 보여준다. Fig. 2는 각각의 변수 조건을 대응된 패턴 결과를 보여준다. Fig.2의 pattern 1은 75um의 선폭을 갖는 마스크를 통한 텍스트 패턴의 인쇄 실험 결과이다. 마이크로스코프(microscope) 관찰 결과 마스크 패턴 사이즈와 동일한 선폭을 갖는 텍스트 패턴이 인쇄되었음을 확인했다.

또한, 선택영역의 단층(monolayer) 형성 실험을 위해 시스템 상에 18mm X 18mm의 면적만을 허용하는 마스크를 적용하여 선택 영역 Ag(silver)

Table 1 Experimental Parameters

	Pattern 1	Pattern 2
Voltage (kV)	4.7	6.6
Flow rate (ul/hr)	500	30
Diatance nozzle to sub. (mm)	30	45
mask to sub.	0.5	0.5
Substrate	Paper	Glass

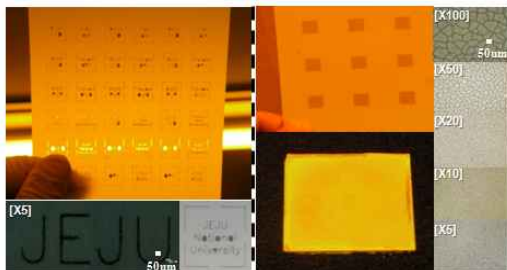


Fig. 2 Mask and pattern 1(L), pattern 2(R) image

박막 코팅 실험을 진행 했다. Fig. 2의 pattern 2는 막 형성의 결과를 보여주는데 기관위에 형성된 코팅 막을 통해 전류의 흐름을 관찰함으로써 집진 장치(current collector)로서의 응용 가능성을 확인했다.

#### 4. 결론

정전기력 분무 공정을 통한 선택적 막 형성 및 사용자 정의의 미세 패턴 인쇄 시스템을 설계 및 제작하고 각각의 패턴 인쇄 실험을 진행함으로써 마스크가 지나는 패턴과 동일한 사이즈의 패턴 인쇄 결과물을 얻었다. 향후 선택 영역의 막 형성을 통한 인쇄전자의 다양한 응용분야에 대응 가능성을 지닌 시스템 기술이라 보인다.

#### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 2010년 "인쇄형 박막전지의공정 기반기술 개발" 과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Choi. K. H., Saleem Khan, Dang H. W., Doh Y. H., Hong S. J, "Electrohydrodynamic Spray Deposition of ZnO Nanoparticles", Japanese Journal of Applied Physics, Volume 49, Issue 5, pp. 05EC08-05EC08-6., 2010.
2. Kyung-Hyun Choi, Ahsan Rahman, Jeong-Beom Ko, Asif Rehmani, Adnan Ali, Yang-Hoe Doh, Dong-Soo Kim, "Development and ejection behavior of different material-based electrostatic ink-jet heads", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 48, No1-4, pp.165~173., 2009.
3. Khalid Rahman, Jeong-Beom Ko, Saleem Khan, Dong-Soo Kim, Kyung-Hyun Choi, "Simulation of droplet generation through electrostatic forces ", Journal of Mechanical Science and Technology, Volume 24, Number 1, pp.307-310., 2010.
4. A. JAWOREK, A.T. SOBCZYK, A. KRUPA, M. LACKOWSKI, and T. CZECH, "Electrostatic deposition of nanothin films on metal substrate", BULLETIN OF THE POLISH ACADEMY OF SCIENCES TECHNICAL SCIENCES, Volume 57, No. 1, pp.63~70., 2009