

정전기력 잉크젯 프린팅을 이용한 마이크로 패터닝에 관한 연구

김준우[†]·최경현*·김동수**

A Study for Micro-patterning using an Electrostatic Inkjet

Jun-woo Kim, Kyoung-hyun Choi and Dong-soo Kim

Key Words: Electrostatic inkjet(정전기력 잉크젯), Micro-patterning(마이크로패터닝).

Abstract

For the current display process, the innovative micro pattern fabrication process using semiconductor process should be developed, which requires the expensive equipment, the limited process environment and the expensive optic-sensitive material. The effort of process innovation during past several years ends up the limit of cost reduction. The existing ink jet technologies such as a thermal bubble ink jet printing and a piezo ink jet printing are required to shorten the nozzle diameter in order to apply to the micro pattern fabrication. In this paper, as one way to cope these problems the micro pattern equipment based on the electrostatic ink jet has been developed and carried out some experiments.

기호설명

a : 기호설명(m/s)

여기에 기호 설명을 입력하십시오(국문으로 기입)

1. 서 론

디스플레이 부품에 필요한 마이크로 미세패턴 형성을 위한 고정에는 고가의 포토마스크와 노광기, 포토레지스트와 재료의 사용효율이 낮은 스퍼터링과 같은 공정이 요구되어, 고가의 재료낭비 및 극한 공정환경을 개선하고 미세패턴 형성 공정을 대체하기 위한 방안으로 잉크젯이나 롤프린팅 공정을 적용함으로써 공정 혁신을 하기 위한 노력이 활발히 진행되고 있다. 특히 잉크젯 프린팅 기술은 LCD, OLED 등 디스플레이 제품

및 PCB 기판 제작 시 기존의 반도체 공정이나 도금 공정을 대체 할 수 있을것으로 기대되고 있어, 세계 많은 연구소와 산업체 등에서 연구개발이 수행되고 있다(1)(2)(3).

잉크젯 프린팅 공정은 기존의 포토리소그래피 공정의 복잡한 과정을 거치지 않고 직접 패턴을 형성할 수 있는 프린팅 기술로서 여러 분야에서 연구가 활발히 이뤄지고 있다(4). 잉크젯 프린팅에는 열을 이용한 가열방식의 thermal ink-jet 방식과 피에조 소자의 압전을 이용한 piezo ink-jet 방식이 크게 발전되어 있다(5). 그러나 가열방식의 잉크젯 공정에서는 가열로 인한 잉크 변성의 발생할 수 있다는 문제점을 가지고 있다. 그리하여 현재에는 피에조 압전소자를 이용한 압전방식의 잉크젯 공정이 활발히 연구개발 되고 있으나, 피에조 방식에도 액적 크기가 노즐 사이즈에 비례하여서, 나노 패터닝으로 점점 극소화 되어가고 있는 현재의 요구에는 노즐 제작에 어려움이 있어, 그 단점들을 보완 극복 할 수 있는 또 다른 잉크젯 방식들이 연구 진행 중에 있다.

본 논문에서는 잉크젯 방식 중, 위와 같은 문제점들을 극복할 수 있는 정전기력을 이용한 잉

† 제주대학교

E-mail : ijunu@naver.com

TEL : (042)868-7498 FAX : (042)868-7176

* 제주대학교

** 한국기계연구원

크젯 프린팅 방식의 패턴 장비를 설계 제작하고, 전도성 잉크 패턴링 테스트를 수행하였다.

2. 정전기력 잉크젯

2.1 정전기력잉크젯

정전기력 잉크젯은 기존의 잉크젯과는 달리 잉크에 주입된 전하에 의해 유발되는 정전기적 상호인력을 바탕으로 기관상에 패턴을 행하는 장치이다. 잉크 내에 정전기 반발력을 이용하여 분산되어있는 입자들과 동일한 전하를 주입함과 동시에 기관상에 반대 전극을 설치하여, 이젝터와 기관상에 형성된 고 전압장에 의해 유도된 잉크 내 분산 미립자들에 의해 기관상에 패턴을 형성할 수 있다.

정전기력을 이용한 잉크젯 프린팅 기술은 기존의 상용화된 열방식이나 피에조 방식의 단점을 보완할 수 있는 많은 장점을 가지고 있다. 정전기력잉크젯은 정전기력을 이용하여 노즐 끝단에서 잉크를 분사, 토출시킴으로써, 정전장을 형성, 제어하여 노즐의 직경보다 작은 액적을 토출할 수 있으며, 잉크에 직접적으로 전기장을 걸어줌으로써 타 간접적인 액추에이터 펌핑이 필요하지 않다는 장점을 가지고 있다(6).

2.2 정전기력을 이용한 잉크젯 시스템 설계 제작

2.2.1 정전기력 잉크젯 시스템 설계

그림1.에서는 시스템의 개념도를 보여준다. 미세 분사, 토출 가시화를 위하여 고속 카메라를 노즐 끝단에 맞추어 구성하였고, 잉크 공급을

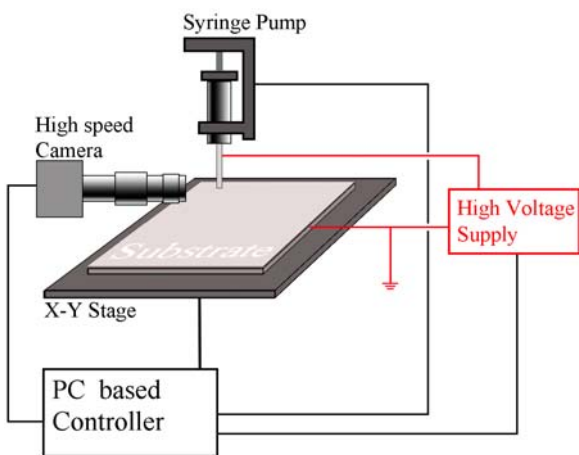


Fig. 1 Schematic of experimental device



Fig. 2 Electrostatic Ink-jet System

위하여 Syringe pump를 노즐 상단부에 부착하였다.

2.2.1 정전기력 잉크젯 시스템 제작

실험 장치는 그림2.와 같이 분사된 잉크에 대해 다양한 형상의 패턴링을 위한 XY-Stage, 잉크 토출이 이뤄지는 노즐 부, 노즐에서 토출된 잉크의 시각화를 위한 고속 카메라 모니터 부, 노즐에 고전압의 유도하기 위한 고전압발생 장치, 그리고 각 장치들을 제어 할 수 있도록 PC형 제어부로 구성 제작하였다.

3. 전도성 잉크 패턴링

3.1 토출 시뮬레이션

정전기력 이젝터의 최적 설계를 위하여 노즐로부터 매우 미세한 액적을 토출하였을 때 낙하속력과 낙하되어진 액적의 현상을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 유한요소법을 이용하여 모델링 하였고, 지배 방정식으로 Momentum transport와 질량보존의 법칙을 이용한 Navier-stokes 방정식을 이용하였다. 액적 충돌은 둥근 원형의 액적이 평평한 표면에 부딪히면 초기에는 관성력에 의해 수직축 방향으로 압축되었다가 표면을 따라 최대 크기로 퍼진 후, 다시 점도와 표면 장력에 의해 형상이 결정된다. 충돌과 퍼짐은 수 μm 이내 에 완료된다. 표면장력에 대한 관성력의 무차원수는 Weber상수로 $Nw = \rho d v^2 / \sigma$ 과 같이 정의되는데, 여기서 ρ 는 질량밀도, 는 jetting시 droplet의 직경, σ 는 표면장력, v 는 droplet의 속도이다. 액적의 Weber 상수가 80을 초과하면 액적은 충돌하는 순간 작은 액적으로 분리되는 경향이 있다. 그림. 3-1은 시간에 따른 잉크 표면 과 속도 필드

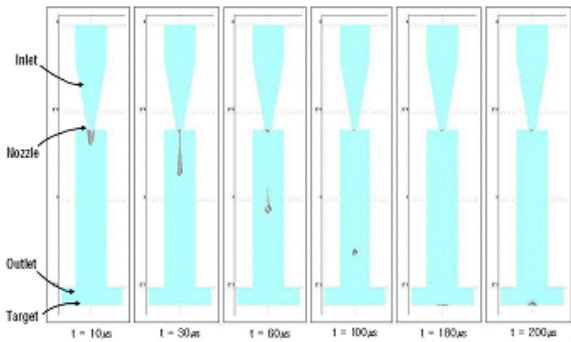
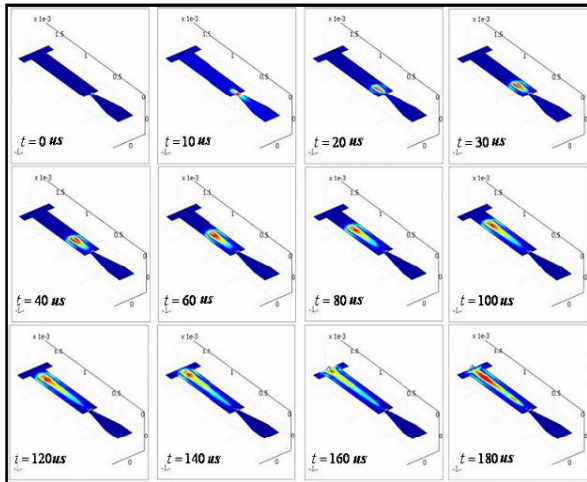


Fig. 3-1, 3-2 Simulation for Ejection

를 나타내었다. 액적은 대략 160 μs 이 후 목표에 도달하였으며, 그림3-2.에 시간에 따른 액적의 토출 시뮬레이션을 나타내고 있다.

3.2 전도성 잉크 토출 실험

본사 실험을 위하여 상용화되어 판매중인 시마나노텍의 전도성 잉크를 사용하여 실험을 수행하였다.

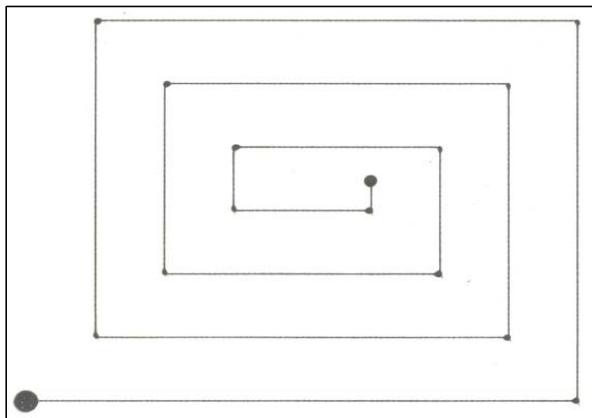


Fig. 4 Patterned by Electrostatic ink-jet system

Table 1 Jet Experimental condition(silver nano ink)

Applied Voltage(kV)	Nozzle -Substrate distance(mm)	Stage Velocity (mm/s)	Applied ink Flow rate (ul/min)
1.814	2	200	5

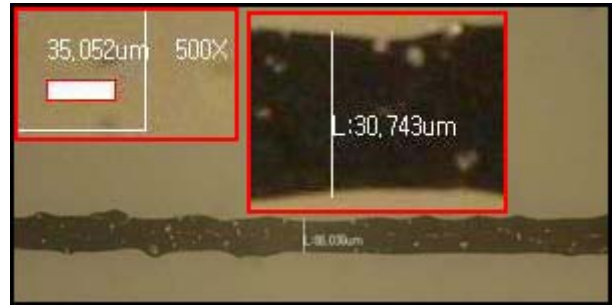


Fig. 5 Patterned by Electrostatic ink-jet system

반복된 패턴링 실험에서 인가전압, 노즐과 substrate 의 이격거리, 스테이지 이송속도 등 여러가지 조건에 의해 제팅 형상이 달라지는 것을 관찰할 수 있었고, 점도가 일정한 잉크재료를 제팅 할 경우 특히 인가전압과 substrate와의 이격거리, 두 요소가 제팅 형상에 큰 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다.

그림4.는 표1.에서의 조건으로 제팅한 실험 결과로 직경이 160 μm 인 노즐로 그림 5.와 같은 선 폭이 30 μm 인 line패턴을 형성할 수 있었다.

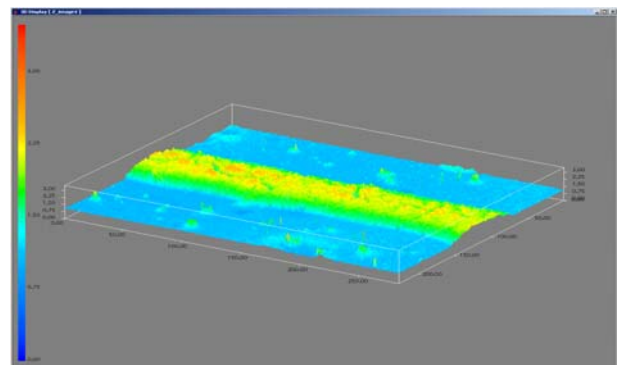
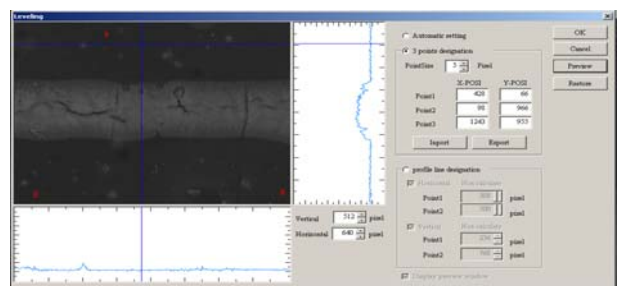


Fig. 6 Line pattern 3D images.

4. 결 론

정전기력을 이용한 잉크젯 방식에 대하여 연구하며, 액적 생성 특성을 평가하기 위하여 유한요소법을 이용하여 정전기력 해석을 수행하였고 정전기력을 이용한 잉크젯 패터닝 실험 장비를 설계, 제작하여 전도성 잉크의 패터닝 테스트를 수행하였다. 여러 차례 실험 결과 인가전압과 Nozzle-Substrate의 이격거리가 제팅에 있어 중요한 요소임을 확인할 수 있었다. 노즐 직경의 5분의 1인 선폭을 패터닝 함으로써, 피에조잉크젯 방식의 단점을 극복하여 노즐 직경에 구애 없이 마이크로/나노 단위의 패터닝이 가능할 것으로 사료되며 차세대 잉크젯 분야의 핵심기술로 발전할 수 있는 가능성을 보여주었다. 향후에 여러 실험을 통하여 시스템 안정화 및 신뢰성을 확보하게 된다면, 차세대 디스플레이 분야 및 다양한 산업 분야에 특히 전자인쇄 분야에 유용한 적용이 기대 된다.

후 기

본 연구는 산업기술연구회의 지원을 받아 한국기계연구원에서 전문화연구사업으로 수행되어진 연구이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) P. E. J. Legierse, 2001, "Inkjet Printing in the Electronics Industry", DDP2001, pp. 197-200.
- (2) S. F. Pond, 2000, "Inkjet Technology and Product Development Strategies", Torrey Pines Research, Carlsbad
- (3) Siringhaus, H. et al. 2000, "High-resolution inkjet printing of all-polymer transistor circuits", Science 290, pp2123-2126.
- (4) E.Lee, 2003, "Micro-drop Generation", CRC Press.
- (5) S. Lee, D. Byun, S, J. Han, S. U. Son, Y. Kim and H. S. Ko, 2004, "Electrostatic Droplet Formation and Ejection of Colloid", 2004 MHS, Springfield: UOS Press, pp.6-9.