2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

압전 잉크젯 헤드를 이용한 미세금속액적 토출 연구

박창성[1], 김영재[1], 심원철[1], 박정훈[2], 강필중[1], 유영석[1], 정재우[1]
[1]삼성전기 중앙연구소 eMD Center
[2]삼성전기 중앙연구소 CAE Group

Studies on Fine Metal Droplet Jetting using Piezoelectric Inkjet Head

Changsung Park[1], Youngjae Kim[1], Won-chul Sim[1], Junghoon Park[2], Piljoong Kang[1], Youngseuck Yoo[1], Jaewoo Joung[1]
[1]eMD Center, Central R&D Institute, Samsung Electro-Mechanics
[2]CAE Group, Central R&D Institute, Samsung Electro-Mechanics

Abstract - 노즐 직경 30 ㎛ 인 MEMS 압전 잉크젯 헤드를 이용하여 Ag 나노 잉크를 PDMS 처리된 PI(Polyimide) 기판 위에 토출하였다. 구동주파수 5 ㎑에서 액적부피 1.5 *pl*, 속도가 약 4.5 ㎧인 액적이 토출되었다. 인쇄된 액적의 크기는 직경 약 12 ㎛이었다. 메니스커스의 거동에 맞춘 구동파형의 입력에 의해 새틀라이트 없는 매우 작은 액적을 토출할 수 있었다.

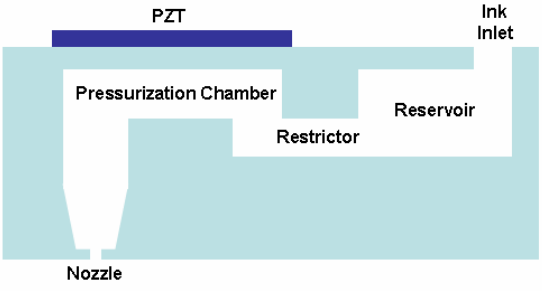
1. 서 론

최근 잉크젯 인쇄법은 기존의 반복적인 마스크 제작, 노광, 현상, 에칭, 스트립, 세정 그리고 건조 등과 같은 고비용의 미세 패터닝 공정을 대체하기 위해 연구되고 있다[1]. 또한 특정 매질에서의 나노 입자의 합성 및 분산 안정성의 발전에 힘입어[2], 잉크젯 인쇄법은 다양한 응용분야에서 여러 재료들을 인쇄하는데 적합한 해결책이 되고 있다[3, 4]. 포토 리소그래피 공정과 비교하여 잉크젯 인쇄 기술은 비용효율성, 공정단순성, 그리고 재료다양성의 장점을 지니고 있다. 본 연구에서는 굽힘 방식의 압전 잉크젯 헤드를 이용하여 PCB 상의 미세금속배선을 위한 응용에 대해 서술하였다.

2. 본 론

2.1 잉크젯헤드 제작

3개의 Si 웨이퍼를 사용하여 그림 1과 같은 잉크젯 헤드를 제작하였다. 내부구조는 MEMS 공정에 의해 가공되었다. 웨이퍼 3장을 각각 가공한 후 SDB(Silicon Direct Bonding) 공정에 의해 서로 순서에 맞게 붙이고 스퍼터링에 의해 전극을 증착하였다. 이후 PZT 층을 전극 위에 형성하여 잉크젯 헤드를 완성하였다.



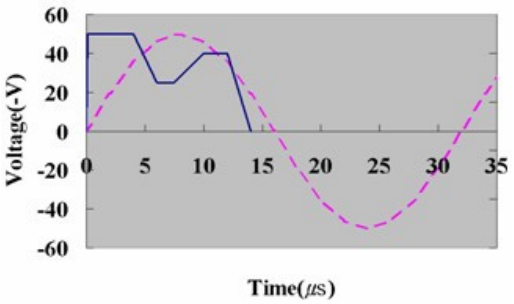
<그림 1> 압전 잉크젯 헤드의 구조

2.1.1 구조 및 일반원리

잉크젯 헤드는 리져버, 리스트릭터, 챔버, 노즐 및 압전 액츄에이터를 포함하는 구조이다. 압력실은 진동판을 가지고 있으며, PZT층이 진동판에 직접 연결되어 있다. PZT에 전기적인 신호가 가해지면 PZT는 인가된 신호에 맞는 변형을 일으키며 그에 따라 진동판은 변위를 일으킨다. 보통 이와 같은 챔버 방향의 진동판 변형에 의해 챔버내부의 압력은 증가하며 증가된 압력은 잉크 액적을 노즐로부터 토출되도록 한다.

2.1.2 미세액적 토출원리

미세금속액적 토출을 위해 그림 2와 같은 입력 구동 파형이 사용되는데 이것은 메니스커스 진동과 관련이 있다. 실험 결과로부터 얻어진 메니스커스 진동주기는 약 32 ㎲이다. 그림 3에 나타낸 것과 같이, 처음의 당김 신호가 메니스커스를 챔버방향으로 급하게 이동하도록 만든다. 메니스커스의 움직임이 너무 빠른 경우 초기에 노즐 벽면 쪽의 유체는 저항이 심해서 메니스커스 움직임을 따라 움직이지 못하는 현상이 나타난다. 따라서 노즐의 좁은 중심부위에서만 액주가 형성되는데, 이러한 결과로 얇은 액주가 먼저 나오고 이후 계속된 유체의 흐름으로 노즐 벽면 쪽의 유체가 흐르게 되면 액주가 굵어지게 된다. 그러나 구동파형을 메니스커스 거동에 따라 적절히 조절하면 굵은 액주가 토출되기 전 가는 액주만 토출되게 할 수 있다. 이와 같은 현상에 의해 노즐 직경보다 작은 액적을 인쇄에 문제가 없을 정도의 적당한 속도로 안정되고 균일하게 토출할 수 있다.

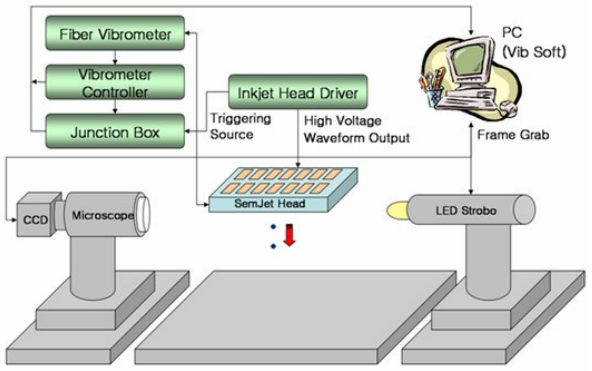


<그림 2> 입력구동파형과 메니스커스 거동의 관계

<그림 3> 신호 인가 후 각각 0, 8, 16, 24, 32 ㎲에서의 토출 거동

2.2 실험방법

그림 4의 Stroboscopic 시스템을 구축을 통해 액적의 토출 형상을 확인할 수 있다. 아무런 표면처리하지 않은 PI 기판과 표면을 PDMS로 처리한 PI 기판의 2종류를 준비하였고, 앞서 언급된 입력신호를 인가하여 기판 위에 미세 Ag 액적을 토출하였다.



<그림 4> Stroboscopic 시스템의 모식도

2.2.1 잉크 물성

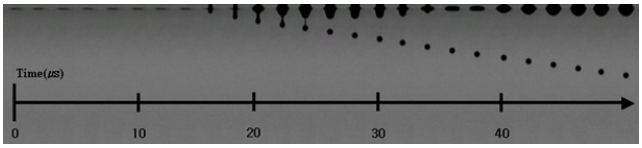
토출된 잉크 물성은 아래의 표 1과 같다. 토출을 위해 사용된 잉크는 Ag 나노입자가 안정되고 균일하게 분산된 조성을 지닌 잉크이다. Ethylene glocol 기반의 Ag 20 wt%의 잉크로 표면장력 및 점도는 각각 상온에서 31 dyne/㎝ 및 12.8 cP이다.

<표 1> 잉크 물성

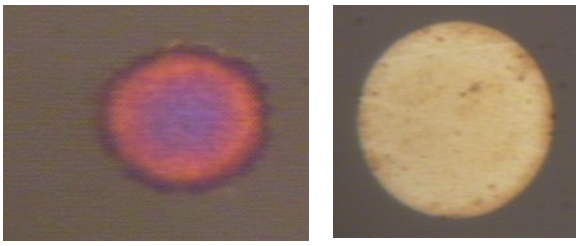
Parameter	Specification
Solid loading	Ag 20 wt%
Surface tension	31 dyne/㎝ at 25 ℃
Viscosity	12.8 cP at 25 ℃
Density	1.24 g/cc
Particle diameter	30 ~ 50 ㎚
Vehicle	Ethylene glycol based

2.3 실험결과

그림 5는 Stroboscopic 시스템에 의해 관찰된 내용으로 시간의 경과에 따라 미세금속액적이 새틀라이트 없이 깔끔하게 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 구동주파수 5 ㎑에서 토출시 액적부피 약 1.5 *pl*, 속도 약 4.5 ㎧의 액적이 토출되었다. 그림 6은 이렇게 인쇄된 액적의 현미경 사진이다. 인쇄 결과는 그림 7에 나타낸 것처럼 Veeco 3D Profiler를 이용하여 분석하였다. 인쇄된 액적의 직경은 PDMS 처리된 PI 위에서 약 12 ㎛였고, 표면처리하지 않은 PI 위에서는 약 24 ㎛이었다.

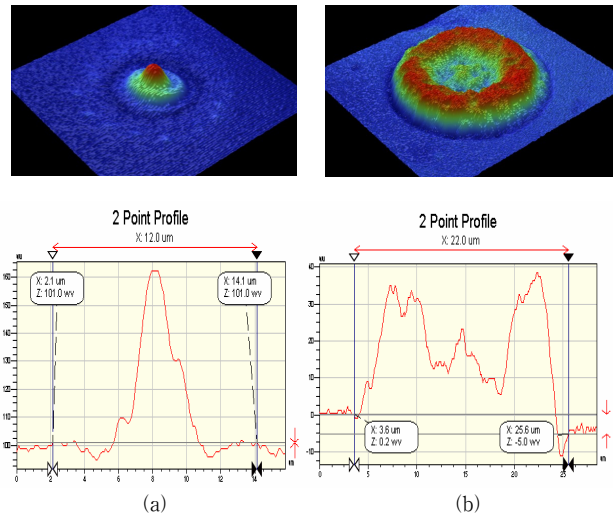


<그림 5> 시간 경과에 따른 토출 거동



(a) (b)

<그림 6> (a)PDMS 처리된 PI 기판과 (b)PI 기판 상에 인쇄된 Ag 액적 현미경 사진



(a) (b)

<그림 7> (a) PDMS 처리된 PI 기판과 (b) PI 기판 상에 인쇄된 Ag 액적의 3D 이미지와 프로파일 그래프

3. 결 론

인쇄된 액적 직경은 12 ㎛이다. 이는 PCB 상에 미세배선을 형성하기에 충분한 수준이다. 그러므로 본 결과는 향후 현재보다 더욱 PCB 금속배선의 해상도를 높이는데 사용될 수 있음을 입증해 준다.

[참 고 문 헌]

[1] Ryoichi Ohigashi and Katsunori Tsuchiya, "Micro Capillaries Array Head for Direct Drawing of Fine Patterns", IEEE MEMS 2001, pp. 389-392, 2001

[2] K.L. Kelly, T.R. Jensen, A.A. Lazarides, G.C. Schatz, in: D.L. Feldheim, C. Foss (Eds.), "Metal Nanoparticles : Synthesis, Characterization, and Applications", Marcel Dekker, New York, Chapter 4, pp. 89-118, 2002

[3] P.E.J.Legierse, "Inkjet Printing in the Electronics Industry", DDP2001, pp. 197-200, 2001

[4] Stephen F. Pond, "Inkjet Technology and Product Development Strategies", Torrey Pines Research, Carlsbad, 2000