

산업용 압전 잉크젯 헤드의 구동신호에 따른 특성

김영재, 유영석, 심원철, 박창성, 정재우, 오용수
삼성전기 중앙연구소 eMD Lab.

The Effects of Driving Waveform of Piezoelectric Industrial Inkjet Head for Fine Patterns

Youngjae Kim, Youngseuck Yoo, Wonchul Sim, Changsung Park, Jaewoo Joung, Yongsoo Oh
eMD Lab., Central R&D Institute, Samsung Electro-Mechanics

Abstract - This paper presents the effect of driving waveform for piezoelectric bend mode inkjet printhead with optimized mechanical design. Experimental and theoretical studies on the applied driving waveform versus jetting characteristics were performed. The inkjet head has been designed to maximize the droplet velocity, minimize voltage response of the actuator and optimize the firing frequency to eject ink droplet. The head design was carried out by using mechanical simulation. The printhead has been fabricated with Si(100) and SOI wafers by MEMS process and silicon direct bonding method. To investigate how performance of the piezoelectric ceramic actuator influences on droplet diameter and droplet velocity, the method of stroboscopy was used. Also we observed the movement characteristics of PZT actuator with LDV(Laser Doppler Vibrometer) system, oscilloscope and dynamic signal analyzer. Missing nozzles caused by bubbles in chamber were monitored by their resonance frequency. Using the water based ink of viscosity of 4.8 cps and surface tension of 0.025N/m, it is possible to eject stable droplets up to 20kHz, 4.4m/s and above 8pL at the different applied driving waveforms..

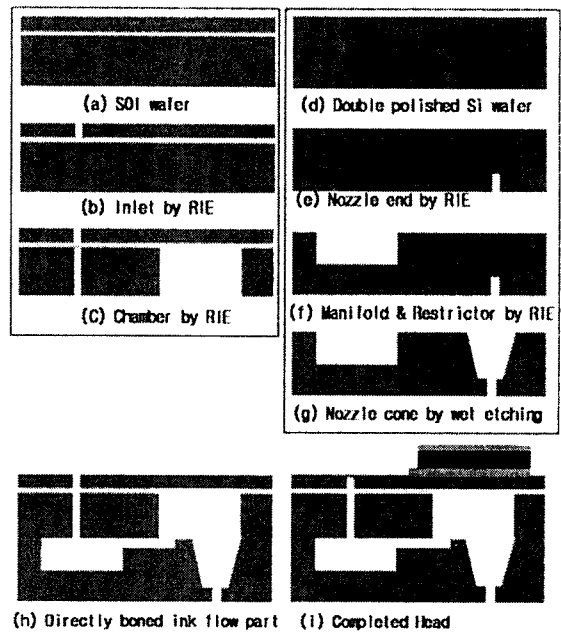
1. 서 론

최근 들어 압전 특성을 갖는 재료의 압전/역압전 및 공진 특성을 이용한 소자 및 박막의 특성에 관한 연구가 활발히 진행 중이며, 특히 MEMS(Micro Electro Mechanical System)공정을 이용한 마이크로 센서 및 마이크로 액추에이터에 대한 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다. 압전재료를 이용한 마이크로 액추에이터는 낮은 구동 전압과 빠른 응답속도를 가짐과 동시에 큰 구동력을 얻을 수 있다. 액추에이터에 있어서 압전 후막 기술은 박막기술에 비해 경제적이므로 신뢰성이 높고 간단한 제조공정 때문에 다양한 디바이스 개발이 가능하여 전자산업 부분에 있어서 그 응용범위가 확대되고 있다. 이러한 압전 액추에이터를 이용한 잉크젯 기술은 최근 몇 년 전부터 지금까지 매우 중요한 기술로 이슈화되고 있다. 최근 들어 잉크젯 프린팅 기술은 LCD 패널, 컬러필터, DNA 프린팅과 같은 생명과학 기술에서 점점 더 많이 요구되어지고 있다. 노광, 식각, 증착에 들어가는 막대한 비용을 절감하기 위해 이러한 공정을 대체할 수 있는 새로운 기술이 개발되어야 하는 실정이다. 이러한 잉크젯 프린팅 기술은 1) 액적 크기의 감소 2) 헤드의 노즐 직경도 증가 3) 잉크 토출 속도의 증가 4) 채널간의 크로스토크 문제[2][3]와 세라이트 문제의 감소를 통한 프린팅 품질과 프린팅 속도의 개선에 초점이 맞춰지고 있다[4]. 이 논문에서는 산업용 압전 잉크젯 헤드의 구동파형과 공진주파수 특성을 이용한 안정적인 미세한 액적 토출에 관해 연구되었다.

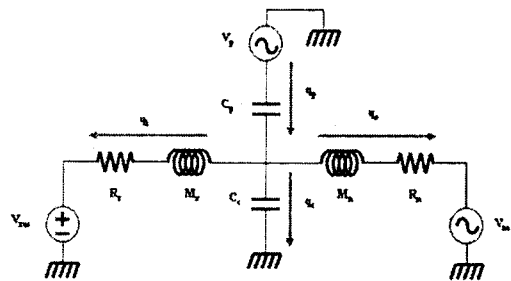
2. 본 론

잉크젯 헤드의 제조공정은 그림 1에 나타내었다. 상판은 20 μ m의 Si, 2 μ m의 SiO₂ 그리고 280 μ m의 Si으로 이루어진 SOI(Silicon On Insulator)웨이퍼를 이용하여 제작되었다.(그림 2.(a)) ink inlet부를 제작하기 위해 20 μ m의 두께의 Si부를 dry etching 한 후에 뒤면의 280 μ m의 Si부를 ICP RIE를 이용하여 etching하였다.(그림 2.(a),(b)). 하판은 Si(100) 웨이퍼를 이용하여 먼저 깊이 30 μ m, 지름 30 μ m의 노즐을 형성하고 TMAH 용액을 이용하여 cone 모양의 형태를 형성한다. 잉크가 흐르는 유로는 이렇게 제작된 상, 하판의 실리콘 접합공정에 의해 형성된다. (그림 2.(h))

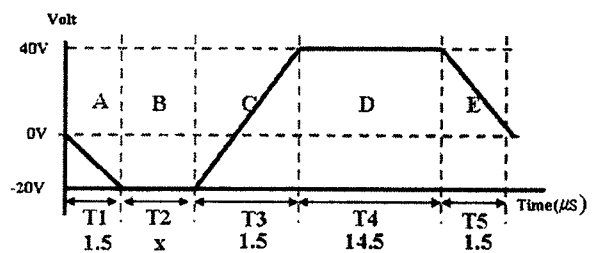
압력챔버에서의 압전 진동 액추에이터의 진동 변위와 잉크의 흐름에 대한 내용은 그림 2와 같은 전기적 회로를 통하여 분석되었다. 잉크젯 헤드의 액추에이터를 움직이게 하는 구동파형은 A, B, C, D, E의 5구간으로 구성된다. A구간은 전압을 감소시키는 구간, B구간은 음의 전압을 유지하는 구간, C구간은 급격한 전압의 증가가 이루어지는 구간, D구간은 양의 전압을 유지하는 구간, E구간은 양의 전압을 접지 전압으로 감소시키는 구간이다. (그림 3)



〈그림 1〉 잉크젯 헤드 제작 공정도



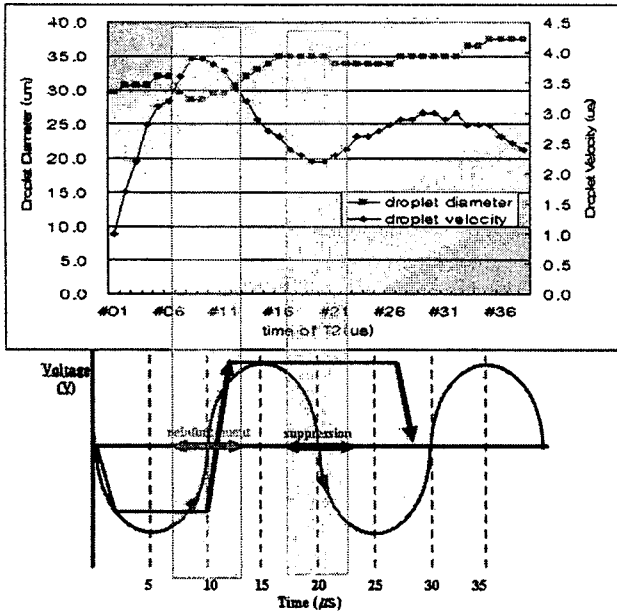
〈그림 2〉 압전 잉크젯 헤드를 표현하는 전기적 등가회로



〈그림 3〉 인가되는 구동파형의 기본 구조

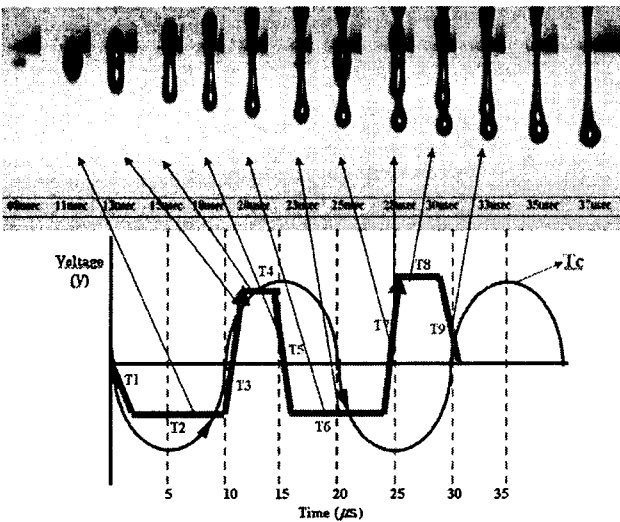
그림 4는 토출구간인 T3구간이 Tc와 보강간섭을 일으킬때 같은 구동전

압에서 더 높은 액적속도를 얻을 수 있음을 보여준다. 또한 T3 구간이 Tc와 상쇄간섭을 일으킬 때 액적의 속도는 최소값을 갖는다. T2의 증가에 따라서 액적의 크기가 약간 증가한다. 이것은 우리가 챔버의 공진주기인 Tc를 이용하여 같은 구동전압에서 액적의 속도를 조절할 수 있다는 것을 보여준다. 높은 구동전압은 큰 액적 크기의 원인이 되므로 높은 속도의 미세 액적을 토출하기 위해서는 이러한 조절능력은 매우 중요하다.

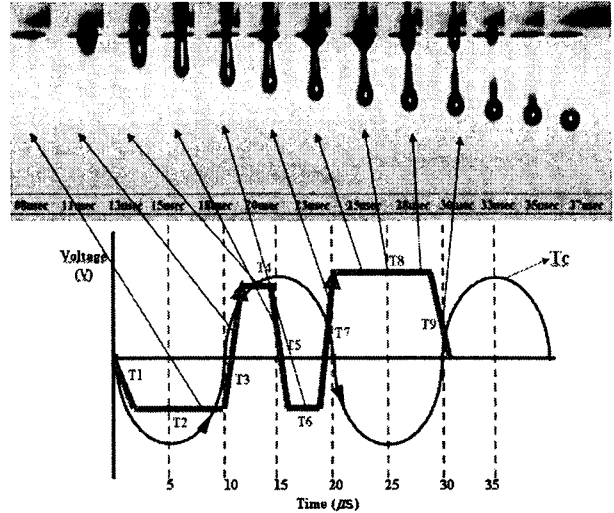


〈그림 4〉 보강과 상쇄간섭 구간에서의 액적속도 변화

위의 그림 4와 같은 원리를 적용하여 미세 액적 토출을 위한 다음과 같은 구동파형이 제시된다. 그림 5에서와 같이 첫 번째 토출 구간인 T3구간이 10µs, 즉 Tc와 보강간섭을 일으키는 구간에서 시작되고 테일이 18-24µs에서 생성된다. 두 번째 토출 구간인 T7구간 또한 Tc와 상쇄간섭을 일으키지 않는 구간인 24µs에서 시작되게 한다. 그러면 두 번째 토출된 액적이 첫 번째 토출된 액적과 합쳐져서 하나의 큰 액적되 생성된다. 그러나 그림 6과 같이 T2구간을 (Tc/2)-T1에 맞추고 T1, T3, T7, T9는 액추에이터의 고유진동 주기에 맞춘다. 또한 두 번째 토출구간인 T7의 시작점은 챔버의 공진주기와 상쇄간섭을 일으키는 구간에서 이루어지게 하여 토출은 되지 않고 첫 번째 토출되는 액적의 테일을 끊어서 다시 노즐로 들어갈 수 있게 한 것이다.



〈그림 5〉 T7에 의해 두 번째 액적이 토출되는 구동파형



〈그림 6〉 T7에 의해 두 번째 액적이 토출되지 않는 구동파형

3. 결 론

MEMS 공정을 통하여 산업용 압전 잉크젯 헤드 제조하였다. 압전 챔버의 고유공진 주기인 Tc는 1차원 lumped 모델을 통하여 계산되었으며 액추에이터의 공진주기인 Ta는 LDV system을 이용하여 측정하였다. 계산된 Tc는 스트로보스코프 시스템을 이용한 실험을 통해 검증하였으며 이러한 Tc의 보강간섭과 상쇄간섭을 이용하여 두 번 토출시키는 구동파형을 이용하여 4.8cps의 점도와 0.025N/m의 표면장력을 가지는 수계 잉크로 4.4m/s, 20kHz, 8pL의 액적을 토출하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ryoichi Ohigashi and Katsunori Tsuchiya, "Micro Capillaries Array Head for Direct Drawing of Fine Patterns", IEEE ME MS 2001, pp. 389-392
- [2] S. Marshall, C. R. Hassett-Walker, I. Papautsky, and T. Roessing, "Nexus market analysis task force issues market study report on MEMS/MST," *Micro Machine Devices Newsletter*, vol. 3, no. 10, Oct. 1998.
- [3] C. C. Beatty, "A chronology of thermal ink-jet structures," In *Proc. Solid-State Sens. Actuators Workshop*, Hilton Head, SC, June 13-16, 1996
- [4] F.-G. Tseng, C.-J. Kim and C.-M. Ho, "A novel microinjector with virtual chamber neck," in *Proc. IEEE MEMS Workshop, Heidelberg, Germany*, Jan 25-29, 1998
- [5] E. L. Kyser, L. F. Collins and N. Herbert, "Design of an Impulse Ink Jet", *Journal of Applied Photographic Engineering*, Vol. 7, 1981, pp.73-79K.
- [6] E. L. Kyser and S. B. Sears, "Method and apparatus for recording with writing fluids and drop projection means therefor", U.S. Patent no. 3,946,398, Siliconics Inc., 1976..
- [7] Stephen F. Pond, "Inkjet Technology and Product Development Strategies", Torrey Pines Research, Carlsbad, 2000.