

미세 액적 토출 시스템의 구동기 설계 및 특성에 관한 연구

심원철, 김영재, 유영석, 정재우
삼성전기 주식회사

A study on the design and characteristics of an actuator for micro droplet ejecting system

Wonchul Sim, Youngjae Kim, Youngseuck Yoo, Jaewoo Joung
SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO. LTD.

Abstract - The design of a piezoelectric actuator for micro droplet ejecting system has been studied. The actuator has been evaluated by using commercial FEM package and its displacement are measured by LDV(Laser Doppler Vibrometer). The characteristics of the actuator are evaluated with variation in a ratio of width of PZT to that of membrane and thickness ratio of PZT to membrane.

1. 서 론

직접 인쇄법을 이용한 미세 패턴 형성 방법은 포토와 에칭 공정을 없앨 수 있는 프로세스인 동시에 수십 나노미터의 금속, 세라믹, 폴리머 등의 분말을 수~수십 마이크로미터 해상도로 인쇄할 수 있기 때문에 이에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다 [1, 2, 3]. 이 기술의 상용화를 위해서는 분사되는 액적 제어, 최적 소결 조건 획득 등에 대한 연구가 선행되어야 한다 [4]. 본 논문에서는 미세 액적 토출 장치로서 적용하기 위한 압전 구동기의 설계 인자 변화에 따른 구동 변위 특성에 관하여 기술한다.

2. 본 론

2.1 압전 구동기

압전 구동기의 구조는 피에조 층과 본딩층 그리고 멤브레인으로 크게 구성된다. 피에조를 구동하기 위해 필요한 상하부 전극은 수천 Å로 다른 층에 비하여 상대적으로 얇으므로 해석에서는 무시하였다. 압전 구동기의 일반적인 구조는 그림 1 과 같다. 멤브레인 상부에 피에조 층이 올라가고 이를 멤브레인과 접합하는 중간층이 존재한다. 피에조 층 상하부 전극에 의해 전압이 인가되면 길이 방향으로 strain이 발생하고 이로 인해 멤브레인이 변형된다.

2.1.1 구조 및 해석

피에조 구동기의 설계 인자에 대한 영향도를 알아보기 위해 피에조의 두께(Hp)를 기준 층으로 정하고 멤브레인의 폭(Wm)은 Hp의 10배, 멤브레인 길이(Lm)는 Hp의 80배로 고정한 후, 해석을 수행하였다. 해석을 위한 변수는 멤브레인 폭에 대한 피에조 폭비(Wp)과 피에조 두께에 대한 멤브레인 두께비(Hm)로 정하여 인가 전압에 따른 구동 변위 변화를 파악하였다. 멤브레인 폭에 대한 피에조 폭비는 0.6~0.9 × Wm으로 정하였고 피에조 두께에 대한 멤브레인 두께비는 0.25~1.5 × Hp로 정하였다. 표 1은 구동기 해석에 사용된 물질 상수들을 나타낸 것이다. 압전 계수(d31)는 -265 pC/N이며 유전율은 4500이

다. 그림 2는 피에조 구동기 변위 해석을 위한 3D meshed 모델과 전압을 인가하였을때 변형된 모습을 나타낸다.

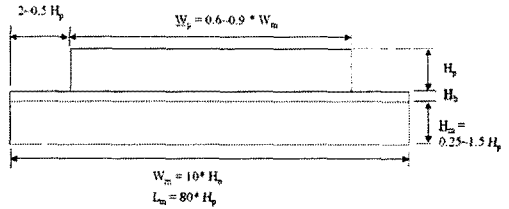


그림 1 압전 구동기 구조

표 1 해석에 사용된 물질 상수

| | 밀도 | Young's Modulus(GPa) |
|------|-------------------------|----------------------|
| 피에조층 | 8870 kg/m ³ | 77 Gpa |
| 멤브레인 | 2300 kg/cm ³ | 130 GPa |
| 접합층 | 7400 kg/cm ³ | 9 GPa |

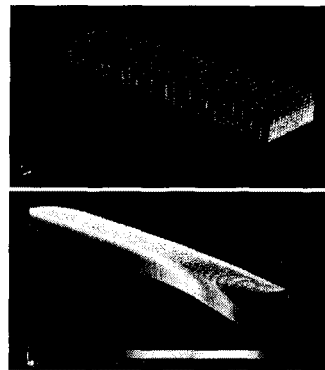


그림 2 압전 구동기 3D 모델 및 인가 전압에 의해 변형된 압전 박막

2.1.2 제작 및 측정

멤브레인은 pyrex glass를 sand blaster를 이용하여 깊이 가공을 하여 제작한다. 압전 박막은 파우더를 압출, 건조, 소결한 후 Ag 페이스트로 전극을 형성하고 1kV 100에서 풀링하여 제작한다. 제작된 압전 박막을 Silver

페이스트로 멤브레인 위에 접합하여 압전 구동기를 제작한다(그림 3). 제작된 압전 구동기의 변위를 측정하기 위해 LDV(Laser Doppler Vibrometer)를 이용하여 구동 신호에 반응하는 압전박막의 변위를 측정하였다. 그림 4는 실험 장치를 나타내며 Function generator를 이용하여 4kHz, 10Vpp sine파를 압전 구동기 시편에 인가하고 박막 변위를 측정하였다. 표 2는 4개 시편의 구동 변위 측정 결과이다. 시뮬레이션 결과 동일한 구조에 대하여 16.4 nm로 측정치와 시뮬레이션 결과가 유효함을 확인하였다.

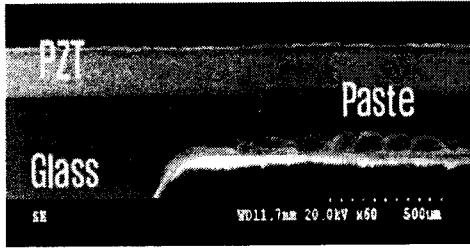


그림 3 제작된 압전 구동 박막의 SEM 사진

표2 압전구동기의 인가전압(@4kHz, 10Vpp)에 따른 변위 Unit:nm

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------|------|------|------|
| 시편 | 16.8 | 17.0 | 17.2 | 17.2 |

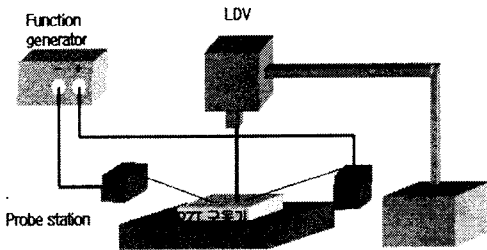


그림 4 압전구동기 변위 측정 장치

2.2 해석 결과

시뮬레이션 결과 그림 5와 같이 PZT 폭이 멤브레인 폭 대비 90% 일 경우 PZT 두께에 대한 멤브레인 두께비에 관계없이 가장 큰 변위를 나타내었다. 따라서 멤브레인에 대한 PZT 폭과 PZT 두께에 대한 멤브레인 두께의 비에 대한 영향을 알아보기 위해 PZT와 멤브레인 두께가 동일한 경우를 기준 변위 정하고 Normalize 하여 영향도를 평가하였다. 해석 결과(그림 6) 멤브레인 두께가 PZT 두께보다 두꺼울 경우 PZT 폭에 상관없이 변위에 대한 영향도가 거의 없지만 멤브레인 두께가 PZT 두께보다 얇아질수록 영향도가 커지고 90% 일 경우 가장 크게 나타난다.

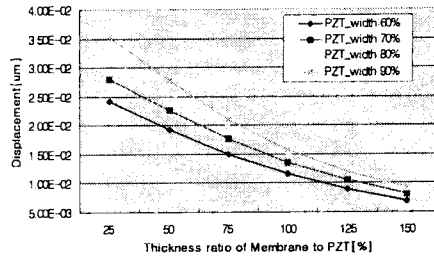


그림 5 멤브레인 폭에 대한 PZT 폭비에 따른 압전 구동기의 변위 특성

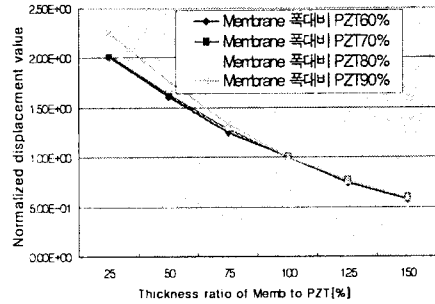


그림 6 멤브레인 폭에 대한 PZT 폭비와 PZT 두께에 대한 멤브레인 두께비에 따른 구동 변위 영향도

3. 결 론

미세 액적 토출 시스템을 위한 압전 구동기의 구조 특성을 알아보기 위해 멤브레인 폭에 대한 PZT 폭과 PZT 두께에 대한 멤브레인 두께비를 설계 변수로 정하고 이에 따른 변위 영향도를 평가하였다. 해석 결과 PZT 폭이 커질수록 인가 전압에 따른 구동 변위 또한 커지는 특성을 나타낸다. 그러나 멤브레인 두께가 PZT 두께보다 커지면 PZT 폭이 구동 변위에 미치는 영향이 감소하며 멤브레인 두께가 PZT 두께보다 얇아질수록 PZT 폭이 변위에 미치는 영향도는 커지는 현상을 나타내었다. 이는 멤브레인 두께가 PZT 두께보다 증가하면 멤브레인의 강성도가 커지면서 PZT 폭에 의한 효과가 감소하는 현상을 보인다.

[참 고 문 헌]

- [1] David Wallace et al., "Think additive: Ink-jet Deposition of Materials for MEMS Packaging", 6th Topical Workshop on Packaging of MEMS and Related Micro-Nano-Bio integrated Systems, pp 1-5, November 18-20, 2004
- [2] Donald J. Hayes et al., "Printing System for MEMS Packaging", SPIE Conference on Micromachining and Microfabrication, pp 1-9, October, 2001
- [3] Tanya Kaydanova et al., "Ink Jet Printing Approaches to Solar Cell Contacts", NCPV and Solar Program Review Meeting, pp 919-920, 2003
- [4] Dong Youn Shin, "Oscillatory Incompressible Fluid Flow in a Tapered Tube With a Free Surface in an Inkjet Printing Head", Transactions of ASME, Vol. 127, pp 98-108, 2005