

Fabrication of a Micro Scent Injector

朴泰奎* · 梁翔植** · 金明植*** · 李相雨§
 (Tae Gyu Park · Sang Sik Yang · Myoung Sik Kim · Sang Woo Lee)

Abstract - The paper presents the fabrication and test of a micro scent injector module. A micro scent injector module consists of an injector fabricated by micromachining, a scent cartridge and a controller. If a scent injection signal triggers the controller, it heats the scent liquid in the injector chamber and a scent liquid is vaporized. The increased vapor pressure opens a normally closed boss valve, and the scent vapor is injected through the opened nozzle. The liquid volume injected by the fabricated module is about $1\mu\text{l}$ for one second at 2 W.

Key Words : Micro scent injector, Boss valve, Micromachining

1. 서 론

최근에 게임기, 차세대 이동통신(IMT2000), 개인휴대무선 통신기기와 같은 소형의 전자 매체 및 통신 기기가 급속히 보급되는 추세에 따라 주변 장치의 개발도 활발히 이루어지고 있다. 특히 시각과 청각 정보에만 한정되지 않고 냄새로 느낄 수 있는 매체에 대한 잠재적 수요가 예상되고 있다. 따라서 이를 만족시킬 수 있는 주변 장치의 하나로 소형의 전자기기에 장착하여 디지털 정보에 따라 향을 정량적으로 분사할 수 있는 장치의 개발이 요구되고 있다. 초소형 향 분사장치는 소형 전자기기에 장착될 수 있을 정도의 크기를 가지며 수 마이크로 리터 이하의 원액 향을 정량적으로 증발시켜 향을 분사해야 한다. 또 사용하지 않을 경우에는 향의 누출이 전혀 없어야 한다. 현재까지는 마이크로 머시닝 기술을 이용하여 정전력, 상변화, 전기분해 그리고 전자력 등을 이용하여 정량의 액체 혹은 기체를 이송하기 위한 마이크로 펌프에 관한 연구가 수행되어 왔다[1-8]. 그러나, 액체를 기화시켜 분사하는 초소형 분사기에 관한 연구는 이루어진 바가 없다. 본 논문은 액체향을 기화시켜 분사하는 초소형 향 분사 모듈의 설계 및 제작에 관한 것이다. 향 분사 모듈은 용액의 상변화시 생기는 힘으로 보스형 차폐 밸브가 구동되며, 이 때, 박막의 재질은 SU-8과 실리콘 고무가 사용된다.

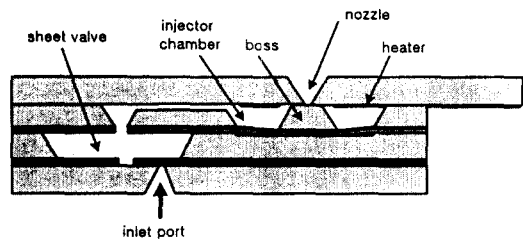


그림 1 초소형 향 분사 인젝터의 단면도
 Fig. 1. The cross-section of a micro scent injector

제작된 초소형 향 분사 모듈의 성능 평가를 통해 가능성을 보인다.

2. 구조와 원리

향 분사 모듈은 그림 1에서와 같이 향을 분사하는 인젝터와 향 원액 저장용 카트리지가, 그리고 전원을 공급할 수 있는 제어부로 구성되어 있다.

그림 1은 초소형 향 분사 인젝터의 단면도이다. 초소형 향 분사 인젝터는 히터가 제작되어 있는 상부 기판, 보스구조 밸브가 있는 기판, 역방향 누출을 막을 수 있는 슈트형 체크밸브 기판, 그리고 향 유입구가 있는 하부 기판으로 이루어진다. 히터 재료는 향 원액과의 반응을 피하기 위해 금(Au)을 사용하고, 내구성을 위해 절연층으로 증착한다. 보스를 지지하는 막은 SU-8과 실리콘 고무이다. 제작 시 보스 윗면은 기판 윗면보다 수십 마이크로 정도 높다. 조립할 때는 보스가 아래로 처진 상태로 두 기판을 접합하게 되고 일정 압력 이상에서 노즐이 열리도록 하는 효과를 얻는다. 슈트형 체크 밸브는 챔버 내의 압력이 증가할 때 역류가 발생하지 않도록 하기 위한 것으로, SU-8이 사용된다. 그림 2는 Ansys를 이용하여 크기가 $5 \times 5 \text{ mm}^2$ 인 SU-8 박막의 압력에 따른 변위를 계산한 결과이다. 이 때, SU-8 박막의 두께는 $10 \mu\text{m}$, 영률은 4.5 GPa이다.

* 準 會 員 : 亞洲大 電子工學部 碩 · 博士統合課程
 ** 正 會 員 : 亞洲大 電子工學部 教授 · 工博
 (주)엠펙플루이딕스 代表理事
 *** 準 會 員 : 亞洲大 電子工學部 碩士課程
 § 準 會 員 : 國防科學研究所 研究員
 接受日字 : 2001年 6月 20日
 最終完了 : 2001年 10月 22日

350 Pa의 압력이 가해질 때, 박막의 변위는 50 μm 이다. 따라서, 50 μm 이상의 단차를 이용하여 보스 부분을 처진 상태로 제작할 경우, 350 Pa(35.7 mmH₂O) 이상의 압력이 막에 작용하여 누수를 막을 수 있다.

초소형 향 분사 인젝터의 구동부의 크기는 $7 \times 12 \times 1.5 \text{ mm}^3$ 이고, 카트리지와 제어부를 포함한 초소형 향 분사 장치의 크기는 $50 \times 35 \times 10 \text{ mm}^3$ 이다. 제어부는 외부 신호가 들어올 때 5~10 V의 DC 전압을 펄스형태로 히터에 공급할 수 있다.

초소형 향 분사 모듈의 작동 원리는 다음과 같다. 향 원액을 충전한 향 분사 인젝터와 향 카트리지를 연결한 후, 적절한 전력을 히터에 가하면 상부 기판과 보스형 밸브사이의 액체가 기체로 상변화되면서 생기는 압력으로 보스 구조가 열려서 향이 분사된다. 이 때, 발생된 증기는 슈트형 밸브에 의해 역방향으로 누출되지 않고 인젝터 챔버 내의 압력을 높인다. 향이 분사되는 중에 전력 공급이 끊어지면 증기압이 낮아지고 보스 밸브가 닫힌다. 인젝터 챔버 내에 남아 있는 증기는 자연 냉각에 의해 액화되면서 챔버 압력이 낮아지고 슈트 밸브를 통해 향액체가 유입된다.

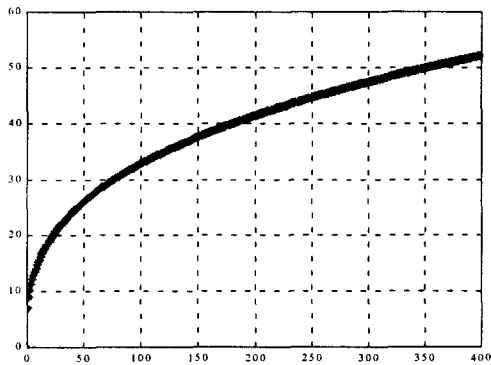
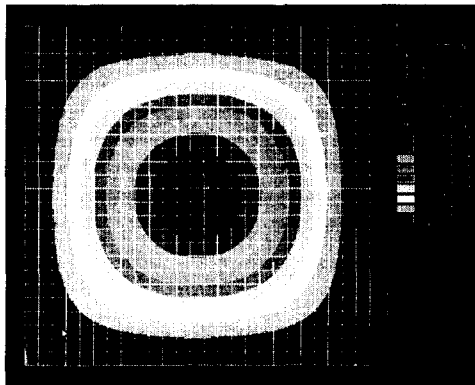


그림 2 SU-8 박막의 FEM simulation 결과
Fig. 2. The FEM simulation of SU-8 membrane

3. 제작 공정

본 논문에서는 비저항이 10 ~ 20 Ωcm 이고 두께가 525 \pm 25 μm 인 4 인치, n형 (100) 실리콘 웨이퍼를 사용한다. 그림

2 - 5는 초소형 향 분사 인젝터의 각 기관의 제작 공정도이다.

그림 3은 히터가 형성된 상부기판의 제작 공정도이다. 식각 마스크로 사용될 0.6 μm 두께의 열산화막을 성장시킨 후, 사진 공정을 이용하여 향이 분출될 부분을 제거한 후, TMAH 용액(20wt%, 85 $^{\circ}\text{C}$)을 이용하여 식각한다[9,10]. 열증착기로 Cr/Au(500/3000 \AA)를 증착한 후, 사진공정 및 식각 공정을 통하여 히터 부분을 제작한다.

그림 4는 보스형 밸브의 제작 공정도이다. 식각 마스크를 위한 열산화막을 0.6 μm 두께로 성장시킨 후, 밸브 막의 초기 응력을 주기 위한 단차를 제작한다. 단차 제작을 위해 TMAH 용액을 이용하였으며, 단차는 $70 \pm 2 \mu\text{m}$ 이었다. 이때, TMAH 용액(20%wt, 85 $^{\circ}\text{C}$)의 실리콘 식각율은 분당 0.9 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 이다. 단차 식각후, 보스 모양을 패터닝하기 위해 다시 열산화막을 0.6 μm 두께로 성장시킨다. 사진 공정을 수행한 다음, 보스형 밸브와 하부 층과 연결될 유로의 깊이만큼을 제외한 350 $\pm 5 \mu\text{m}$ 를 TMAH를 이용하여 식각한다. 유로를 패터닝한 뒤 식각면 뒷면에 SU-8(15 $\pm 1 \mu\text{m}$)과 실리콘 러버막(30 $\pm 2 \mu\text{m}$)을 도포하여 경화시킨 후, 다시 TMAH 용액을 이용하여 식각한다. 이때, SU-8막으로 식각을 정지시켜 보스형 밸브를 제작한다.

그림 5는 슈트형 체크 밸브의 제작 공정도이다. 실리콘 기판의 양면에 열산화막을 성장시킨 후, 보스 밸브의 구동을 위한 공간을 TMAH 용액을 이용하여 150 $\pm 2 \mu\text{m}$ 식각한다. 다시 노출된 부분에 열산화막을 0.6 μm 성장시킨 후, 슈트형 체크 밸브가 형성될 부분을 패터닝하고, 뒷면의 기판에 슈트로 이용될 SU-8(15 $\pm 1 \mu\text{m}$)을 도포한다. 슈트밸브의 구멍을 사진공정을 통해 패터닝한 후, 뒷면의 노출된 부분을 TMAH 용액을 이용하여 식각하여 슈트형 체크 밸브를 제작한다.

그림 6은 향 카트리지와 연결된 하부 기판의 제작 공정도이다. 실리콘 기판의 양면에 열산화막을 0.6 μm 두께로 성장시킨 다음, 향이 주입될 부분을 사진 공정을 통해 패터닝한 후, TMAH 용액을 이용하여 식각하여 구멍을 형성한다. 그림 7, 8, 9는 제작된 초소형 향 분사장치의 각 기관의 광학 현미경 사진들이다.

제작된 각각의 부분을 에폭시를 이용하여 접합한 다음, 하부기판에 유리관을 연결한 후, 카트리지와 접합하면, 초소형 향 분사 모듈의 제작이 완료된다. 그림 10은 제작된 초소형 향 분사장치이다.

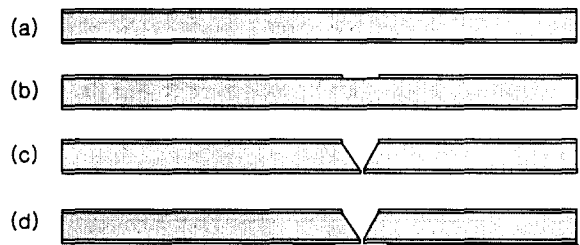


그림 3 초소형 향분사 인젝터의 전극부분
Fig. 3 The heater substrate of a micro scent injector
(a) Thermal oxidation (b) Nozzle pattern
(c) Nozzle etch (d) Cr/Au evaporation & pattern

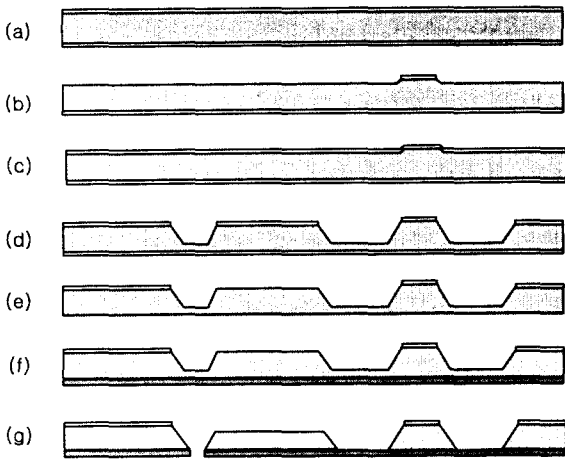


그림 4 초소형 향분사 인젝터의 보스 밸브

Fig. 4 The boss valve of a micro scent injector

- (a) Thermal oxidation
- (b) Step pattern & etch
- (c) Thermal oxidation
- (d) Boss pattern & etch
- (e) Channel pattern & SU-8 coating
- (f) Silicone rubber coating
- (g) Si etch

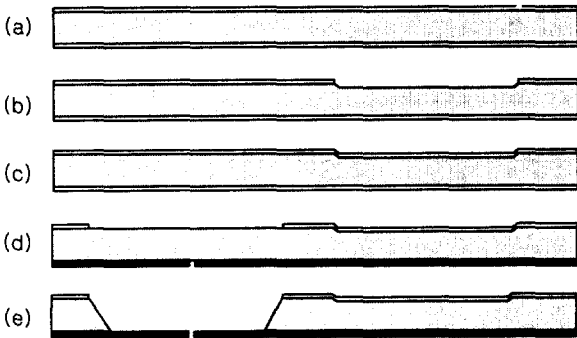


그림 5 초소형 향분사 인젝터의 쉬트 밸브

Fig. 5 The sheet valve of a micro scent injector

- (a) Thermal oxidation
- (b) Moving space pattern & etch
- (c) Thermal oxidation
- (d) Boss pattern & etch
- (e) SU-8 coating & Sheet valve pattern
- (f) Si etch

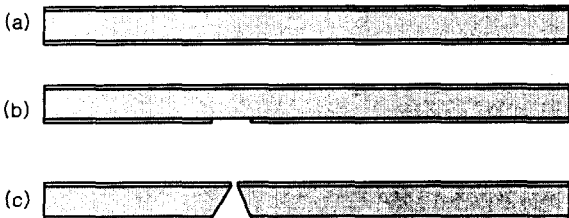


그림 6 초소형 향분사 인젝터의 하부 기판

Fig. 6 The lower substrate of a micro scent injector

- (a) Thermal oxidation
- (b) Nozzle pattern
- (c) Si etch



그림 7 제작된 전극부분

Fig. 7 The fabricated heater substrate

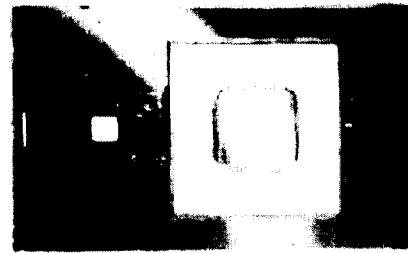


그림 8 제작된 보스밸브

(membrane : 4.5mm × 4.5mm, boss : 2mm × 2mm)

Fig. 8 The fabricated boss valve

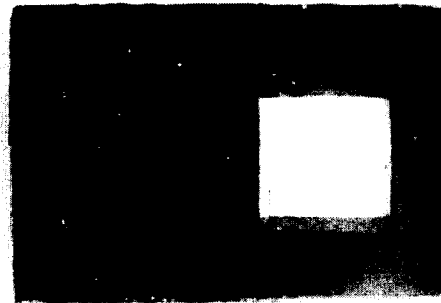


그림 9 제작된 쉬트 밸브

Fig. 9 The fabricated sheet valve

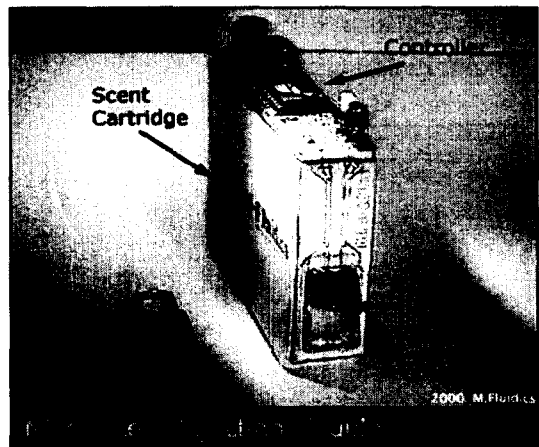


그림 10 제작된 초소형 향 분사 모듈

Fig. 10 The fabricated micro scent injector module

4. 성능 평가

4.1 체크 밸브의 성능 평가

본 논문에서는 초소형 향 인젝터에서 사용된 SU-8 슈트형 체크밸브의 성능을 그림 11과 같은 방법으로 평가한다. 체크 밸브는 챔버 내의 압력이 증가할 때 역류를 방지하기 위한 것으로, 물기등의 높이를 조절하면서 순방향 및 역방향 압력에 대한 슈트형 체크 밸브의 성능을 실험하였다. 그림 12는 압력에 따른 밸브 유량의 그래프이다. 순방향과 역방향 압력에 따른 유량 특성은 큰 차이를 나타낸다. 역방향 압력이 가해지면 약 2 μ l/min의 유량이 누출된다. 그러나, 실제 히터를 구동시킬 때, 향이 기화되면서 발생하는 역방향 압력이 수십 mmH₂O 정도로 예상되고 1초 동안에는 역류량이 무시할 수 있을 정도로 작은 양이다.

4.2 초소형 향 분사 모듈의 성능 평가

그림 13은 초소형 향 분사 모듈의 성능 평가를 위한 장치도이다. 초기에 충전된 상태에서의 모듈의 질량과 구동 후의 질량을 비교하여 분사량을 측정한다. 초소형 향 분사 모듈은 직류 전원기에서 공급되는 전원을 제어부에서 일정한 듀티비와 주파수로 조절하여 구동된다. 그림 14와 15는 제작된 초소형 향 분사 인젝터의 분사량을 측정할 때 1회 분사량을 측정하기 어려우므로, 10분 동안 분사 후 얻은 평균 분사량을 나타낸다. 그림 14는 1초 동안 2 W의 전력을 히터에 공급할 때 주기에 따른 분사량을 보여준다. 잔류 증기가 응축하면서 액체가 유입되는데 시간이 걸리므로 주기가 길어질수록 분사량이 증가한다. 하지만, 주기가 10초 이상일 경우, 분사량은 크게 증가하지 않으며, 이때의 1회당 분사량은 1 \pm 0.1 μ l이다. 그림 15는 공급 전력이 3 W일 때 주기를 10초로 하고, 전력이 공급되는 시간을 달리했을 경우에 분사량을 측정된 결과이다. 전력이 공급되는 시간이 길어지면 발생 증기량이 커져서 분사량이 증가하나, 2초 이상으로 길어지면 잔류 증기가 응축하는 데 시간이 충분하지 못하므로 액체가 충분히 유입되지 못하여 분사량이 감소한다. 또, 향 유입구 측 압력이 60 mmH₂O일 때까지는 노즐을 통해 액체가 누출되지 않음을 확인하였다.

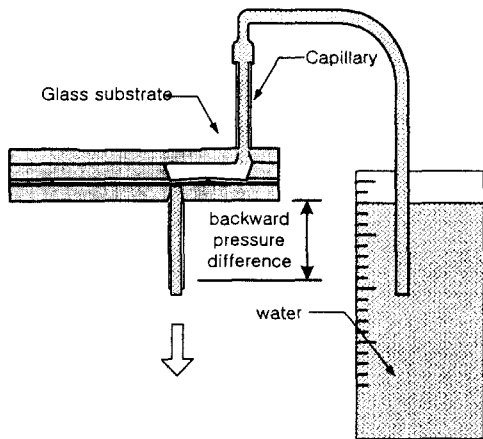


그림 11 슈트 밸브 성능 평가를 위한 측정 장치
Fig. 11 The measurement setup for performance test of sheet valve

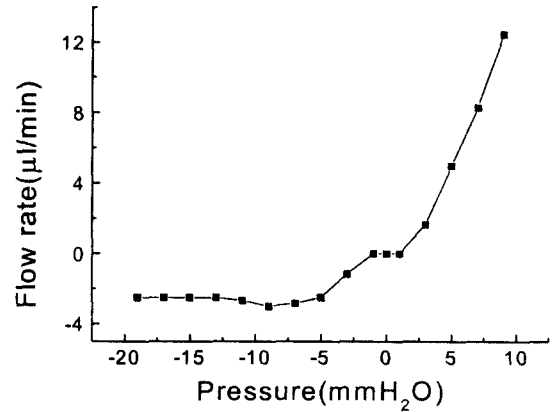


그림 12 압력에 따른 슈트 밸브의 유량
Fig. 12 The pressure vs. flow rate of the sheet valve

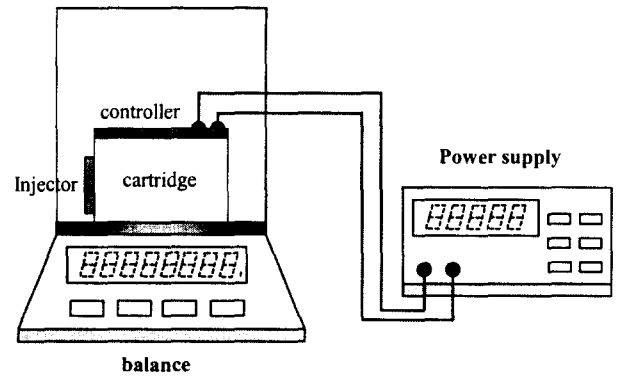


그림 13 초소형 향 분사 모듈의 분사량 측정 장치도
Fig. 13 The measurement setup for injection volume of a micro scent injector module

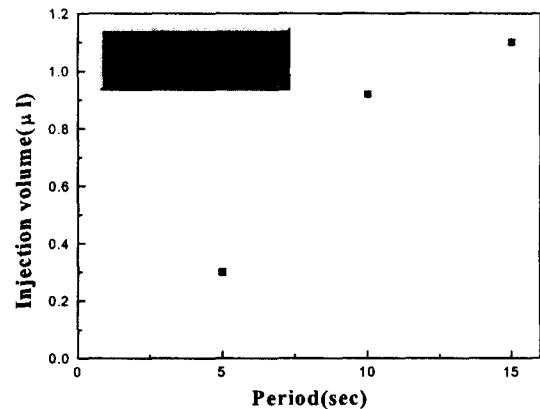


그림 14 주기에 따른 초소형 향 분사 인젝터의 분사량
Fig. 14 The injection volume of the micro scent injector vs period

참 고 문 헌

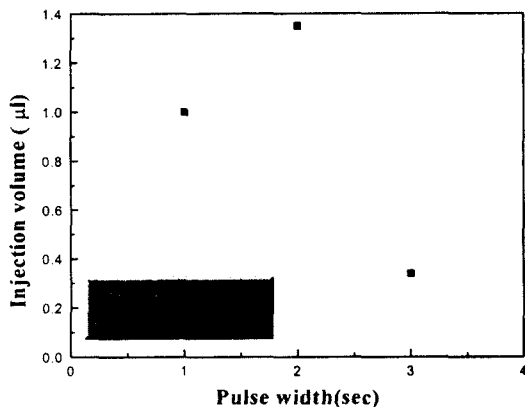


그림 15 펄스 폭에 따른 초소형 향 분사 인젝터의 분사량
Fig. 15 The flow rate of the micro scent injector vs. pulse width

5. 토 의

본 논문에서 쉬트형 체크 밸브의 성능 평가는 수두차에 의한 압력에 따른 순방향 및 역방향에 따라 이루어졌다. 역방향 특성은 구동시에 생기는 역방향 압력이 수십 mmH₂O 정도로 작용할 거라고 예상되어서 무시될 수 있다. 그러나, 향 원액을 챔버 안으로 원활히 충전시키기 위해서는, 원액을 보다 확실하게 순방향으로 이송시킬 수 있는 구조를 가져야 한다. 이에 따라 쉬트형 체크 밸브의 재료의 선택과 구조의 개선이 요구된다. 앞에서 제시한 초소형 향 분사 모듈의 분사량은 한가지의 향에 대해서 측정을 한 결과이다. 그리고, 분사량은 향 성분 중 에탄올이 다량이 포함되어 있는 점을 감안하여 에탄올이라고 가정하여 질량과 밀도를 이용하여 측정하였다. 향의 성분에 대한 정확한 정보와 점성이 다른 다양한 향에 따른 초소형 향 분사 모듈에 대한 특성 평가가 요구된다.

6. 결 론

본 논문에서는 소형의 전자기기에 장착가능한 초소형 향 분사 모듈을 설계하고 제작하였다. 초소형 향 분사 모듈은 보스 구조를 이용한 차폐 밸브와 쉬트형 밸브를 이용하여 구동된다. 향이 기화하면서 발생하는 압력에 의해 분사된다. 제작된 초소형 향 분사 모듈은 수 마이크로 리터 이하의 향을 정량적으로 분사하는 데 유용하다.

- [1] E. H. Yang, S. S. Yang, O. C. Jeong, "Fabrication and Electrostatic Actuation of Thin Diaphragms," *KSME International Journal*, Vol. 12, No. 2, pp. 161-169, 1998
- [2] W. Y. Sim, S. W. Lee and S. S. Yang, "The Fabrication and Test of a Phase-change Type Micropump," *The Transactions of the KIEE*, Vol. 49, No. 6, 2000.
- [3] X. Yang, C. Crosjean, Y.C. Tai, C.M. Ho, "A MEMS Thermopneumatic Silicone Membrane Valve," *Proc. IEEE Microelectromechanical Systems Workshop*, Nagoya, Japan, pp. 114-118, 1997.
- [4] R. Zengerle, S. Kluge, M. Richter, A. Richter, "A Bidirectional Silicon Micropump," *Proc. IEEE MEMS Workshop*, Amsterdam, Netherlands, pp. 19-24, 1995
- [5] S. W. Lee, W. Y. Sim and S. S. Yang, "Fabrication and In vitro Test of a Micro Syringe," *Sensors and Actuators A*, Vol. 83, Issues 1-3, pp. 17-23, May 2000.
- [6] Ok Chan Jeong and Sang Sik Yang, "Fabrication and test of a thermopneumatic micropump with a corrugated p+ diaphragm," *Sensors and Actuators A*, Vol. 83, pp. 249-245, 2000.
- [7] K. H. Kim, S. Y. Kim, O. C. Jeong and S. S. Yang, "Fabrication of a Micropump using an Electromagnetic Actuation," *1999 Proceedings of the 1st Korean MEMS Conference* pp. 37-41, 1999.
- [8] Qiulian Gong and Zhaoying Zhou, "Design, Optimization and Simulation on Micro Electromagnetic Pump," *The 10th International Conference on Solid-State Sensor and Actuators (Transducers '99)*, Vol. 1, Sendai, Japan, pp. 466-469, 1999.
- [9] Grogory T.A. Kovacs, *Micromachined Transducers Sourcebook*, pp. 30-45, 1998.
- [10] M. Elwenspoek and H. Jansen, *Silicon Micromachining*, pp. 23-31, 1998.

저 자 소 개



박 태 규 (朴 泰 奎)

1975년 6월 5일 생. 1998년 아주대 제어계측공학과 졸업. 현재 동 대학원 석·박사통합과정. 주관심 분야 : 정전형 마이크로 구동기의 설계 및 제작, p+ 박막의 특성해석, 마이크로 펌프의 설계 및 제작

Tel : 031-219-2488, Fax : 031-212-9531

E-mail : jackptg@hanmail.net



양 상 식 (梁 翔 植)

1958년 1월 16일 생. 1980년 서울대 공대 기계공학과 졸업. 1983년 동 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1988년 U. C. Berkeley 졸업(공학박사). New jersey Institute of Technology 연구 조교수. 현재 아주대 공대 전자공학부 교수. 주관심분야 : 마이크로 소자의 Mechanism과

Actuation, Motion Control과 Nonlinear Control

Tel : 031-219-2481, Fax : 031-212-9531

E-mail : ssyang@madang.ajou.ac.kr



김 명 식 (金 明 植)

1977년 3월 10일 생. 2000년 아주대 전자공학과 졸업. 현재 동 대학원 석사과정.

E-mail : gabion@chollian.net



이 상 우 (李 相 雨)

1974년 4월 23일 생. 2001년 아주대 박사과정 수료. 현재 국방과학연구소 연구원

E-mail : lswmems@hanmail.net