

미세 유체통로를 이용한 대면적 평판 구조의 부양에 관한 연구

김재홍, 이준영, 김용권
 서울대학교 전기컴퓨터공학부

Study on the Micro Channel Assisted Release Process

Che-Heung Kim, June-Young Lee, and Yong-Kweon Kim
 School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University

Abstract - A novel wet release process (μ CARP - Micro Channel Assisted Release Process) for releasing an extreme large-area plate structure without etching hole is proposed and experimented. Etching holes in conventional process reduce a effective area and degrade an optical characteristics by a diffraction. In addition, as the area of a released structure increases, the stiction becomes more serious. The proposed process resolves these problems by the introduction of a micro fluidic channel beneath the structure which will be released. In this paper, a 5mm \times 5mm-single crystal silicon plate structure was released by the proposed μ CARP without etch holes on the structure. The variation in etching time with respect to the shape of the introduced micro channel is also examined. This process is expected to be beneficial for the actuator of a nano-scale data storage and the scanning mirror.

Keywords - Release Process, Micro Fluidic Channel, Etch Hole, Effective Area

1. 서 론

마이크로머시닝 공정에서 식각홀(Etch hole)은 넓은 면적의 구조체를 기판으로부터 부양시키기 위하여 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법이다. 이는 식각물질이 기판과 구조체 사이의 회생층 - 이중 혹은 동종의 물질[1]을 막론하고 - 에 효과적으로 접근할 수 있도록 기판에 수직방향으로 형성되며, 식각물질에 의한 하부식각(Under-cut) 정도를 고려하여 적합한 간격(Pitch)으로 배열된다. 따라서 구조체는 일정 간격의 식각홀 배열(Array)을 포함하는 그물망 구조가 된다. 이러한 형상은 관성센서 질량체의 유효질량을 감소시키거나, 경우에 따라 가공 시 발생하는 오차의 증폭을 초래한다[2,3]. 또한 Free-Space Optical Bench에 사용되는 미러(Mirror)의 경우, 식각홀은 유효 반사면적의 감소 및 회절로 인한 광 특성의 저하를 야기한다[4]. 최근 연구가 진행되고 있는 SPM(Scanning Probe Microscopy)을 이용한 초소형 내용량저장장치에서도 넓은 유효 저장 면적을 확보하기 위해서는 식각홀이 없는 넓은 판 구조의 제작이 요구된다[5-6]. 본 논문에서는, 이러한 소자의 특성 저하를 방지하고, 주어진 요구에 부응하기 위해서 구조체 자체에 변형을 가겨오는 수직 방향의 식각홀을 대체하는 미세 유체통로를 이용한 새로운 방법의 부양방법을 제안한다. 미세 유체통로는 부양되는 구조의 하부에 기판과 평행한 방향으로 형성되어 식각물질을 유도하며, 유체통로 자체가 식각물질의 유동에 의하여 점진적으로 식각되어 구조체가 부양된다. 제안된 부양방법을 적용하여 5mm \times 5mm의 판형 구조체를 부양하였으며, 형성된 미세 유체통로의 형상에 따른 식각양상을 측정하였다.

2. 본 론

2.1 μ CARP(Micro Channel Assisted Release Process)

μ CARP는 SOG(Silicon on Glass) 기판을 이용하며, 그림 1과 같은 과정으로 진행된다. 회생층으로 유리기판을 사용하고, 구조체는 단결정 실리콘에 형성함으로써 손실이 없는 넓은 면적의 고풍상비 단결정 실리콘 액추에이터를 제작할 수 있다.

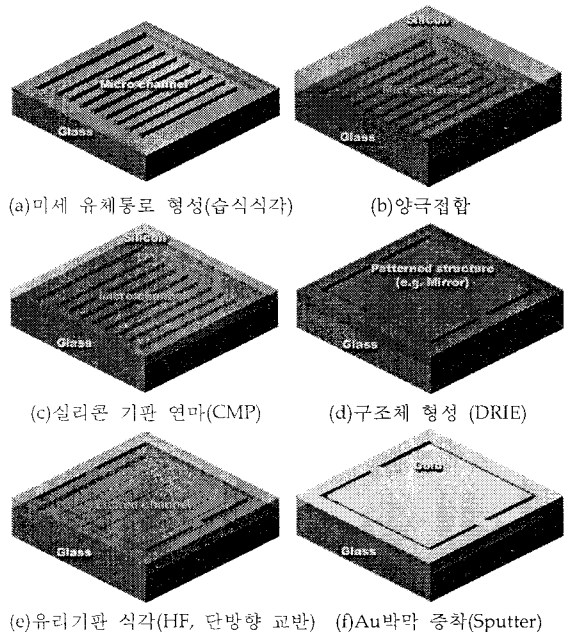


그림 1. μ CARP의 공정순서

그림 1(a)에서 유리기판에 실리콘이 부양될 부분에 미세 유체통로를 습식식각 방법으로 형성하고, (b)에서 양극접합을 통하여 유리 기판과 단결정 실리콘 기판을 접합한 후에 (c)에서 접합된 실리콘 기판을 구조체가 형성될 두께로 연마하고, (d)에서 고풍상비의 구조체를 형성한다. (e)에서 습식식각을 통하여 액추에이터를 부양하고, 마지막으로 (f)에서 Au 박막을 스퍼터링(Sputtering)하여 전극을 형성한다. 미세 유체통로의 깊이는 약 20 μ m내외로 구조체와 충분한 간격을 확보할 수 있고, (c)공정에서 실리콘의 연마 두께를 제어함으로써 고풍상비의 구조체를 얻을 수 있다. (e)의 식각 공정에서는 식각 유체의 원활한 유동을 위하여 단방향으로 시편을 교반한다. 미세 유체 통로의 식각이 완료되어 구조체가 부양되고 난 후에도 바닥면에 남아있는 유체통로의 흔적이 딩플(Dimple)

의 역할을 수행함으로써 제작된 액추에이터의 구동 시 발생하는 점착(Stiction)을 효과적으로 방지한다.

2.2 미세 유체통로의 제작

미세 유체통로의 형상에 따른 식각양상을 측정하기 위하여 다양한 형태의 유체통로를 제작하였다. 유체통로의 제작에는 앞 절에서 소개한 μ CARP공정을 사용하였으며, 표 1에 제작된 유체통로를 나타내었다.

표 1. 식각양상 실험에 사용된 미세 유체통로


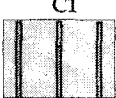
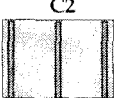


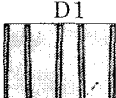
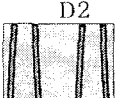
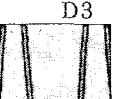
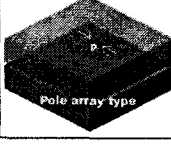
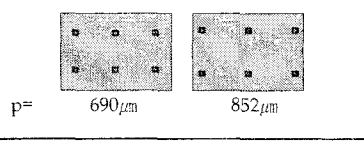
형태	종류		
	C1	C2	C3
 <p>Column type</p>	 $w_1 = 574\mu\text{m}$ $w_2 = 574\mu\text{m}$	 $690\mu\text{m}$	 $852\mu\text{m}$
 <p>Diffuser type</p>	 $w_1 = 440\mu\text{m}$ $w_2 = 240\mu\text{m}$	 $700\mu\text{m}$ $240\mu\text{m}$	 $940\mu\text{m}$ $240\mu\text{m}$
 <p>Pole array type</p>	 $p = 690\mu\text{m}$ $852\mu\text{m}$		

표 1에서 우측의 사진은 광학현미경을 사용하여, 유리 기판쪽에서 시편을 관찰한 것이다. 확대/축소형(Diffuser type)의 경우 통로의 입·출구의 폭으로부터 D1, D2, D3각 각각 2.3° , 5.3° , 8° 의 확대각(Diverging angle)을 갖도록 제작되었다. 그림 2는 제작된 유체통로(D2)의 광학사진이며, 그림 3에 유체통로 벽면의 세부 치수를 제시하였다.

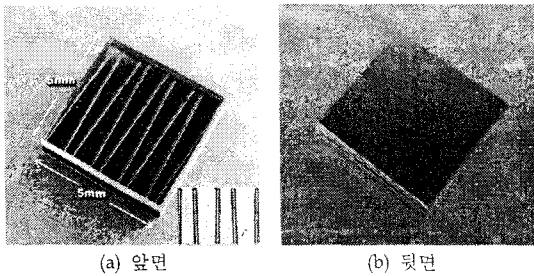


그림 2. 제작된 실험 시편(D2)

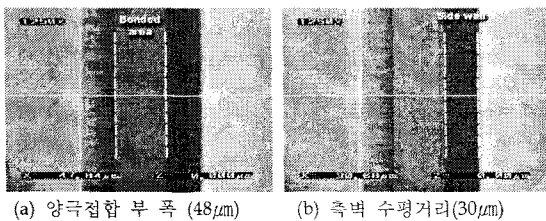


그림 3. 제작된 미세 유체통로의 벽면 세부 치수

그림 3에서 어두운 부분은 유리가 식각되어 사면을 이룬 유체통로의 벽면이며, 그 사이의 밝은 부분은 실리콘

기판과 접합된 부분으로서 차후에 식각에 의하여 실리콘 기판과 분리된다.

2.3 실험 및 결과

그림 4는 시편 식각 중에 시편을 단방향으로 교반함으로써 미세 유체통로의 효과를 극대화하기 위한 교반장치로서 제작된 시편은 그림과 같이 교반기 하단에 부착되어 식각된다.

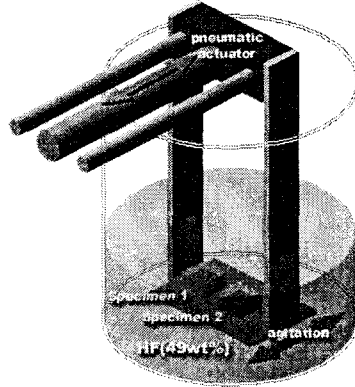


그림 4. 시편의 습식식각 시 단방향 교반을 위한 장치

식각양상은 식각에 걸린 총 시간으로 평가하며, 식각에 걸린 시간은 시편이 용액에 담긴 순간부터 상부 실리콘 기판이 시편으로부터 분리되는 순간까지 걸린 시간으로 정의한다. 표 2는 식각장치 및 실험 조건을 요약한 것으로서 시편은 3분 동안 교반상태에서 식각되고 한차례의 건조과정을 거치며, 식각이 완료될 때까지 본 단위공정이 반복된다. 건조과정을 삽입하는 경우에는 그렇지 않은 경우에 비하여 최대 5배의 시간 단축을 기대할 수 있다. 그림 5는 표 1에서 제시된 실험 시편에 대하여 총 식각 시간을 측정된 결과이다.

표 1. 식각 공정 조건

항 목	식각액	교반 속도	단위 step
조 건	HF 49wt%	3cm/sec	3min etch & dry

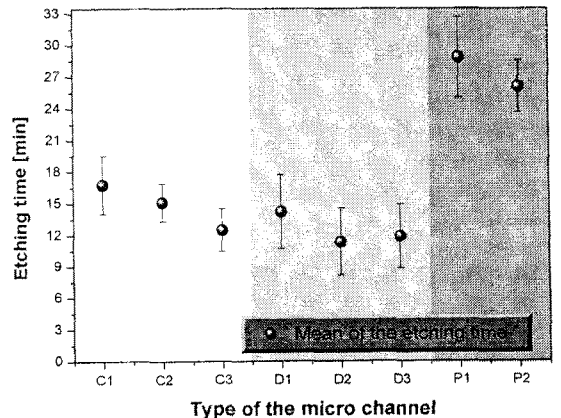


그림 5. 실험 시편의 식각 소요시간

*횡축의 시편 명칭은 표 1에서 제시한 바와 같음. 그림에서 점은 10회 실험의 평균값, 오차 막대는 10회 실험의 표준편차임.

그림 5에서와 같이 기둥배열형(Pole array type)의 경

우, 부양을 위하여 식각되어야 하는 총 면적이 다른 두 경우에 비하여 월등히 적음에도 불구하고, 나머지 경우에 비하여 약 두 배 이상의 시간이 소요되었다. 평행 유체 통로(Column type)와 확대/축소형 통로에 있어서는, 입·출구의 폭이 같은 평행 유체통로의 경우에 통로의 폭이 넓을수록 식각에 소요되는 시간이 짧은 것으로 나타났다. 이는 폭이 넓을수록 유체의 유동이 원활하고, 폭이 좁은 경우에 비하여 식각되는 부분이 상대적으로 적은 것에 기인하는 것으로 예상된다. 확대/축소형의 경우에는 각도가 약 5.3도인 D2의 경우가 가장 짧은 식각 시간이 소요되었고, 각도가 큰 것과 작은 것의 순서로 소요시간이 짧은 경향을 보인다. 이는 각도가 클수록 유체통로의 벽면에 작용하는 전단응력이 커 빠른 식각을 보일 것으로 예상되나, 유체 저항이 또한 증가하므로 유량이 감소하게 됨을 반영하는 것이다. 각도가 작은 경우에는 상대적으로 유체통로의 폭이 감소하므로 역시 입출 유량이 감소하여 식각율이 감소한다.

결과로부터 uCARP의 적용에 있어 효과적인 미세 유체 통로의 형태는 확대/축소형임을 확인하였으며, 확대/축소형의 경우 확대각의 적절한 조정을 통하여 총 식각시간을 최소화 할 수 있음을 확인하였다.

그림 5에서 각 경우에 대하여 식각양상의 변화가 심한 것은 습식 식각을 통하여 유체 통로를 제작할 때 시편별로 발생하는 유체 통로 벽면 형상의 다양성과 식각 실험 도중 통로 내부에 포획되는 기포에 의한 영향으로 사료되며, 식각 초기에 유체통로를 친수(Hydrophilic)상태로 초기화(Priming)하거나 식각액에 투입하는 방식을 개선함으로써 보다 개선된 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

3. 결 론

구조체에 식각홀을 형성하는 대신 부양시킬 구조체 하부에 미세 유체통로를 형성하고, 식각 시 단방향 교반을 실시하는 방법으로 넓은 면적의 판형 구조체를 기판으로부터 부양할 수 있는 새로운 부양공정(uCARP)을 제안하였다. 제안된 공정에서는 형성되는 미세 유체통로의 형상에 따라 식각에 소요되는 시간에 차이가 있었으며, 평행 통로의 경우에는 통로의 폭이 넓을수록, 확대/축소 통로의 경우에는 5.3도의 확대각을 갖는 경우가 짧은 식각시간이 소요되었다. 본 실험을 통하여 미세 유체통로의 폭 및 확대각을 최적화하여 총식각시간을 최소화할 수 있음을 확인하였으며, 본 공정은 대면적의 구조체를 요하는 스캐닝 미러 및 초소형 대용량 저장장치의 액추에이터 등에 응용될 수 있을 것으로 전망된다.

감사의 글

본 연구는 두뇌한국21(BK21)사업의 지원 하에 수행되었음.

[참 고 문 헌]

[1] Kevin A. Shaw, Z. Lisa Zhang and Noel C. MacDonald, "SCREAM I: a single mask, single-crystal silicon, reactive ion etching process for microelectromechanical structure", *Sensors and Actuators A*, 40, pp.63-70, 1994.
 [2] M. Chabloz, J. Jiao, Y. Yoshida, T. Mastuura, K. Tsunami, "A METHOD TO EVADE MICROLOADING EFFECT IN DEEP REACTIVE ION ETCHING FOR ANODICALLY BONDED GLASS-SILICON STRUCTURES" *Proceeding of MEMS2000*, pp.283-287, 2000.
 [3] Takashi Kinoshita, Masami Hane and James P. McVittie, "Notching as an example of charging in uniform high density plasmas", *J. Vac. Sci. Technol.*, B 14, pp.560-565, 1996.
 [4] Jun Zou, Michal Balberg, Colin Byrne, Chang Liu, and

David J. Brady, "Optical Properties of Surface Micromachined Mirrors with Etch holes", *J. MEMS*, Vol. 8, No. 4, pp.506-513, 1999.

[5] M. I. Lutwyche, U. Drechsler, W. Haberle, R. Widmer, H. E. Rothuizen, P. Vettiger, and J. Thyssen, "Planar Micromagnetic x/y/z Scanner with Five Degree of Freedom", *Magnetic Materials, Processes, and Devices: Applications to Storage and Microelectromechanical Systems*, Vol. 98-20, pp.423-433, 1999.

[6] 김재홍, 김용권, 정희문, 최재준, 전중업, "SPM을 이용한 고밀도 저장장치용 마이크로 XY 스테이지", *MEMS 심포지움 논문집*, 제3권 제1호, pp.5-13, 2001.