

# 열 구동 액츄에이터와 SU-8을 이용한 마이크로 그리퍼 설계 및 제조

정승호<sup>†</sup>, 박준식\*, 이민호\*, 박상일\*\*, 이인규\*\*

## Design and fabrication of microgripper using thermal actuator and SU-8

Seoung-Ho Jung, Joon-Shik Park, Min-Ho Lee, Sang-Il Park,  
and In-Kyu Lee

**Key Words:** Thermal actuator(열구동 액츄에이터), Micro(마이크로), Jaw(턱), End-effector(엔드 이펙터), Gripper(그리퍼).

### Abstract

A microgripper using thermal actuator and SU-8 polymer was designed and fabricated to manipulate cells and microparts. A chip size of a microgripper was 3 mm × 5 mm. The thermally actuated microgripper consisted of two couples of hot and cold arm actuators. The high thermal expansion coefficient, 52 ppm/°C, of SU-8 compared to silicon and metals, allows the actuation of the microgripper. Thickness and width of SU-8 as an end-effector were 26 μm and 80 μm, respectively. Initial gap between left jaw and right jaw was 120 μm. The ANSYS program as FEM tool was introduced to analyze the thermal distribution and displacement induced by thermal actuators. XeF<sub>2</sub> gas was used for isotropic silicon dry etching process to release SU-8 end-effector. Mechanical displacements of the fabricated microgripper were measured by optical microscopy in the range of input voltage from 0 V to 2.5 V. The maximum displacement between two jaws of a microgripper Type OG 1\_1 was 22.4 μm at 2.5 V.

### 1. 서론

최근의 마이크로컨베어, 마이크로로봇에 마이크로 머니플레이터를 포함하는 마이크로로봇 소자의 관심이 전 세계적으로 크게 증대되고 있다. 미세화, 소형화의 현재의 추세에 맞추어 미세한 세포, 부품 등을 조작하기 위한 기술이 요구되고 있다. 이와 같은 응용분야에서 1 mm 미소세계에서의 센싱 및 조작이 중요하게 부각되고 있다.

이렇게 미세한 세포 및 부품을 조작하기 위해서 필요 되는 것이 바로 마이크로 그리퍼 (트위저)이다. 대표적인 마이크로 그리퍼에 대한 개발 사례를 소개하면 Kim과 Pisano는 자체적인 센싱 기능은 없지만, 실리콘표면공정을 이용하고, 정전기 힘을 이용하는 폴리실리콘 마이크로 그리퍼를 처음으로 개발하였다[1]. Arai 등은 마이크로 그리퍼의 표면에 접착력을 제거하기 위하여 마이크로 피라미드 형태의 구조를 제시하고, 압저항식 센서를 제작하여 통합하였다[2].

대부분 마이크로 그리퍼는 정전방식, 압전방식, 열구동 방식, 형상기억방식의 다양한 방식에 의하여 구동된다[3,4,5,6]. 본 논문에서는 열 구동 액츄에이터와 SU-8을 이용한 마이크로 그리퍼의 설계 및 제조에 대한 연구가 수행되었다[5]. 열

---

† 한국항공대학교 항공재료공학과  
E-mail : sh810213@hotmail.com  
TEL : 031)789-7332 FAX : 031)789-7339

\* 전자부품연구원 나노메카트로닉스 센터

\*\* 한국항공대학교 항공재료공학과

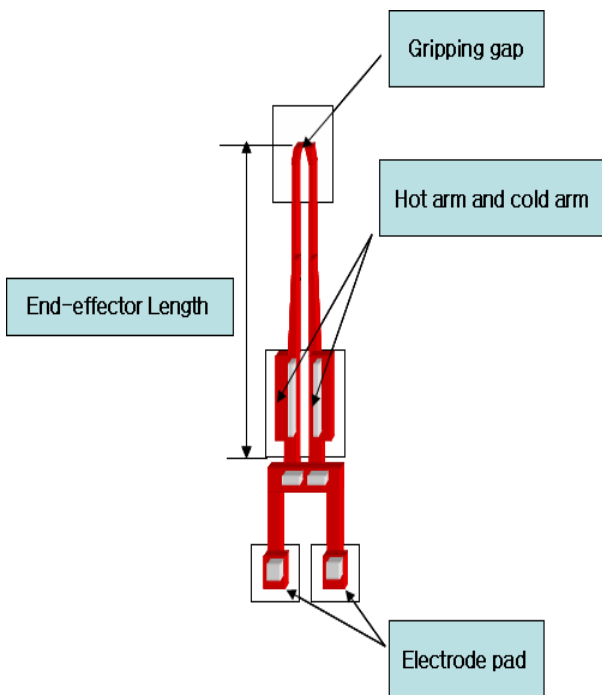
---

구동 부분은 hot arm 과 cold arm으로 구성되어 있고, 인가된 전압에 의해서 마이크로 그리퍼의 end-effector가 opening이 되도록 설계되었으며, 폴리실리콘을 선택적으로 식각하기 위해서 XeF<sub>2</sub> 가스를 이용한 등방성 식각 공정이 진행되었고, 기계적 특성에 대해 조사되었다[7].

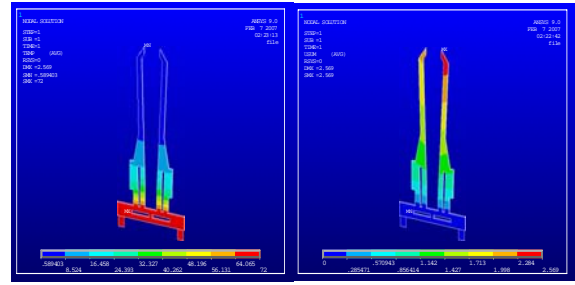
## 2. 마이크로 그리퍼 설계 및 제작

### 2.1 마이크로 그리퍼의 설계 및 해석

열구동 액추에이터와 SU-8 polymer end-effector를 이용한 마이크로 그리퍼의 구조는 그림 2와 같이 나타내었다. 마이크로 그리퍼는 end-effector부, 열구동부, 전극부로 설계 되었고 opening되는 형태로 제조되었다.



**Fig. 1** Layout of a proposed microgripper with micro thermal actuator and SU-8 end-effector.



**Fig. 2** Simulation of microgripper used SU-8 polymer end-effector by ANSYS program  
a) Temperature distribution.  
b) Displacement distribution.

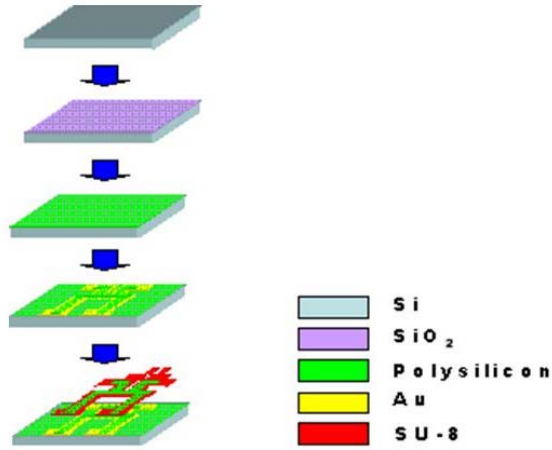
열구동 방식 마이크로 그리퍼의 구동기 제작 및 end-effector에 손상이 없는 공정을 하기 위해 해석이 수행되었다. 그림 2는 마이크로 그리퍼의 구동특성의 확인 및 고찰을 위하여 ANSYS multiphysics 9.0 시뮬레이션 툴을 이용한 유한 요소법으로 마이크로 그리퍼의 구동 변위값 및 온도분포를 나타내었다.

표 1은 열구동 액추에이터와 SU-8 polymer end-effector를 이용한 마이크로 그리퍼의 디자인 룰을 나타낸 것이다. Gripping gap, end-effector length, hot arm width, cold arm width의 구조로 되어있으며, TYPE OG 1\_1 마이크로 그리퍼가 사용되었다.

**Table 1** Dimensions of designed end-effector parts of microgripper used SU-8 polymer end-effector.

\*OG : Open gripper

Part size( $\mu\text{m}$ )	Gripping gap	End-effect or Length	Hot arm width	Cold arm width
OG 1_1	120	2290	40	100



**Fig. 3** Processes of proposed microgripper with micro thermal actuator and SU-8 end-effector.

### 2.2 마이크로 그리퍼 제조

그림 3 과 같이 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 공정을 이용하여 마이크로 그리퍼 소자가 제조되는 과정을 나타내었다. Si(500  $\mu\text{m}$ ) 웨이퍼에 세정공정을 한 후 전기적인 절연체로써 양면에 LPCVD를 통한 SiO<sub>2</sub>(3000 Å)를 증착 한 후 희생층 layer로 사용하기 위해서 Polysilicon(7000 Å)이 증착되었다. 또한 전극을 설계하기 위해서 AZ 1512 positive PR로 패터닝을 실시한 후 스퍼터 장비를 사용하여 Cr/Au(1000Å/2000Å)가 증착되었다.

면적에 따른 저항열에 의해서 구동이 되어지게 설계된 열구동 액추에이터와 SU-8 polymer end-effector를 이용한 마이크로 그리퍼는 negative PR인 MICROCHEM사의 NANO<sup>TM</sup>SU-8(25)을 26  $\mu\text{m}$  증착하였다. 웨이퍼 상에 고르게 분포하게 하기 위해서 3시간동안 release가 실시되었다. 그 후에 hot plate 혹은 oven에 pre-bake로 65°C에서 10분간 유지하고, soft-bake로 95°C에서 25분간 유지함으로써 NANO<sup>TM</sup>SU-8(25)의 cross-linking을 완벽하게 할 수 있었다. Back side에 폴리실리콘을 선택적으로 etching을 하기 위해 XeF<sub>2</sub> 가스를 이용한 SXXES model 장비에 의해서 등방성 식각 공정이 진행되었고, 또한 Si (500  $\mu\text{m}$ )과 SiO<sub>2</sub> (3000

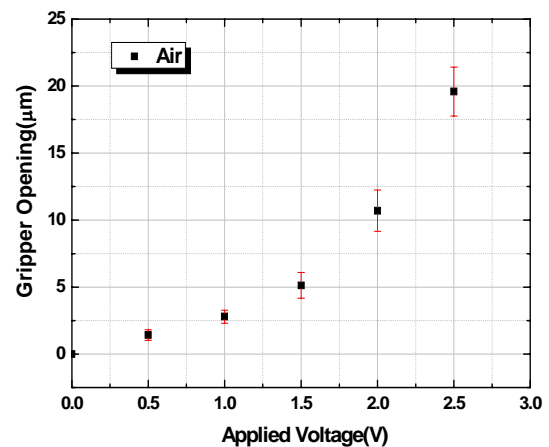
Å)를 etching하기 위해서 Plasma Therm 790 series model 장비로 Deep-RIE, RIE(Reactive Ion Etching) 공정이 진행되었다.

### 3. 마이크로 그리퍼의 구동 특성

표 2와 그림 4에서와 같이 마이크로 그리퍼의 구동변위를 측정하기 위해서 high voltage amp (HSA4051), function generator (33220A)을 통하여 end-effector의 인가전압에 따른 변위 값을 나타내었다. 열팽창 부분에 설계되어 있는 전극부분 (Au)에 0 V ~ 2.5 V까지 일정하게 인가된 0.5 V의 전압을 가함으로써 변위가 측정되었다. 비교적 낮은 전압에서 그리퍼가 구동하는 것을 볼 수 있었다.

**Table 2** Displacement of microgripper used SU-8 polymer end-effector (OG 1\_1)

전압(V)	전류(A)	변위( $\mu\text{m}$ )	그리퍼 초기 상태( $\mu\text{m}$ )
0	0	0	120
0.5	0.052	1.52	121.52
1	0.102	3.04	123.04
1.5	0.15	6.84	126.84
2	0.194	12.92	132.92
2.5	0.233	22.4	142.4



**Fig. 4** Measured displacements of TYPE OG 1\_1 gripping jaw in air 25°C.

#### 4. 결 론

열구동 액추에이터와 SU-8 polymer를 사용한 마이크로 그리퍼는 세포와 마이크로 부품을 조작하기 위해 설계되었다. 마이크로 그리퍼의 칩 사이즈는 3 mm × 5 mm이고, 열구동부분 양쪽에 2쌍의 hot arm과 cole arm으로 구성되었다. TYPE OG 1\_1의 초기 그리퍼 상태는 120 μm이고, 두께는 26 μm, 폭은 80 μm로 설계되었다. 온도분포와 변위를 측정하기 위해서 FEM tool을 사용한 ANSYS 프로그램이 사용되었고, 제조된 마이크로 그리퍼는 0 V ~ 2.5 V까지 일정하게 인가된 0.5 V의 전압을 가함으로써 변위가 측정되었다. 결과적으로 최대변위는 2.5 V에서 22.4 μm를 나타내었다. 차후에 마이크로 그리퍼의 크기와 구동방향을 다르게 하여 재현성 및 반복성을 확인할 수 있는 연구가 수행되어야 할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부의 전자부품개발기술사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다. 또한 일부 연구비는 정보통신부의 선도기반기술 개발사업의 지원을 받았습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] Kim, C. J., and Pisano, A. P., 1992, "Polysilicon Microgripper," *Sensors and Actuators, A*, vol. 33, pp. 221-227.
- [2] Arai, F., Lee, G. U., and Colton, R. J., 1998, "Integrated Microendeffector for Micromanipulation," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 3, No.1, pp. 17-23.
- [3] Olivier Millet, Paul Bernardoni, Stéphane Régnier and Philippe Bidaud, 2004, "Electrostatic actuated micro gripper using an amplification mechanism," *Sensors and Actuators A*, vol. 114, pp. 371-378.
- [4] Haddab, Y, Chaillet, N, and Bourjault, A, 2000, "A microgripper using smart piezoelectric actuators", *Intelligent Robots and Systems*,

*Proceedings, IEEE/RSJ International Conference on I*, pp 659 - 664.

- [5] Nikolas Chronis and Luke P. Lee, 2005, "Electrothermally Activated SU-8 Microgripper for Single Cell Manipulation in Solution," *Journal of microelectromechanical systems*, vol. 14, No. 4, pp. 857-863.
- [6] "Fabrication and characterization of an SU-8 gripper actuated by a shape memory alloy thin film," 2003, *Journal of micromechanics and microengineering*, vol. 13, pp. 330--336
- [7] Joon-Shik Park, Hyo-Derk Park and Sung-Goon Kang, .2005, "Fabrication and properties of PZT micro cantilevers using isotropic silicon dry etching process by XeF<sub>2</sub> gas for release process," *Sensors and Actuators, A*, vol. 117, pp. 1-7.