

# 마이크로 니들 어레이 형태의 구조물 가공을 위한 대면적 마이크로광조형 장치 개발

\*최재원<sup>1</sup>, 하영명<sup>1</sup>, 박인백<sup>1</sup>, 안대건<sup>2</sup>, 권태원<sup>1</sup>, 정명관<sup>1</sup>, 이석희<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 대학원 지능기계공학과, <sup>2</sup>창원대학교 메카트로닉스공학부, <sup>3</sup>부산대학교 기계공학부

## Development of Microstereolithography System Working on Large Surface for Fabrication of Microneedle Array-type Structures

\*J. W. Choi<sup>1</sup>, Y. M. Ha<sup>1</sup>, I. B. Park<sup>1</sup>, D. K. Ahn<sup>2</sup>, T. W. Kwon<sup>1</sup>, M. G. Jung<sup>1</sup>, S. H. Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Mech. Eng., Graduate School, PNU, <sup>2</sup> School of Mechatronics, Changwon Nat'l Univ., <sup>3</sup> School of Mech. Eng., PNU

Key words : Microstereolithography, Microneedle, Photocuring, DMD™

### 1. 서론

마이크로 액추에이터, 센서, 유체 소자 등의 기계 부품, 정보 및 통신 기기, 의료 기기 등과 같은 초정밀 부품에 대한 수요가 날로 증가 하고 있으며, 기존의 MEMS, LIGA와 같은 기술들이 오랜 기간 동안 이러한 요구를 충족해오고 있다. 그러나 이러한 기술들은 고세장비를 가진 복잡한 3차원 부품 혹은 기기들을 제작하는데는 공정상 기술적인 한계를 가지고 있다. 마이크로광조형 기술은 MEMS, LIGA 기술과 비교해서 가공할 수 있는 재료에 제한이 있음에도 불구하고 이러한 한계를 극복하기 위해서 개발되었다. 마이크로광조형 기술은 기존의 광조형기술과 비교해서 가공 방식, 재료, 데이터 처리 등 거의 유사하다. 모델링 형상으로부터 3각형 면으로 이루어진 STL 파일로 변환하여, 적층 두께 만큼 슬라이싱하여 여러 개의 단면 데이터를 생성한다. 이렇게 생성된 단면데이터를 바탕으로 가공 경로가 생성되며, 새로운 층을 가공하기 위하여 기 가공된 층을 계속적으로 적층함으로써 최종적으로 원하는 형상을 만들게 된다<sup>1</sup>.

마이크로광조형 기술은 가공 방식에 따라서 크게 주사 방식(scanning method)과 전사 방식(projection method)으로 구분 이 된다. 주사 방식에서는 슬라이싱 단면을 따라서 레이저빔의 위치가 이동함으로써 한 층이 경화가 되며, 이를 반복적으로 적층시킴으로써 원하는 형상을 만들게 된다. 1993년에 IH 공정(Integrated Harden Polymer Process)<sup>2</sup>이라고 불리는 마이크로 광조형 기술이 처음 개발되었으며, 이를 효시로 현재까지 많은 기술들이 개발되었다. 전사 방식의 마이크로광조형 장치는 주사 방식과 같이 적층을 통하여 최종 형상이 얻어지지만, 각 층의 가공 방식에 있어서 차이점이 있다. 즉, 마스크를 통과하며 형성된 광 패턴을 이용하여 한 층을 한꺼번에 가공함으로써, 더욱 빠른 시간에 마이크로구조물을 제작할 수 있으며, 특히 동적 마스크(dynamic mask)를 이용하여 마스크의 제작없이 다양한 모양의 패턴을 생성시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 동적 마스크에는 LCD(Liquid Crystal Display)와 DMD™(Digital Micromirror Device)가 있다. 1997년에 Bertsch<sup>3</sup>가 LCD를 이용하여 처음으로 전사 방식의 마이크로광조형 시스템을 개발하였다. 전기 신호를 이용하여 슬라이싱 단면 형상에 대한 비트맵 정보가 LCD에 표시가 되어 선택적으로 빛이 투과가 된다. 이러한 전사 방식 마이크로광조형 시스템은 지속적으로 개발이 되어 현재 수평 및 수직 방향에 대하여 수  $\mu\text{m}$ 의 정밀도를 가진 다양한 마이크로구조물이 제작되고 있다. Bertsch<sup>4</sup>에 의해서 LCD의 단점인 낮은 명암비(contrast) 및 투과율(transmittance)을 개선하기 위하여 DMD가 처음으로 이용되었다.

본 논문에서는 DMD를 기반으로 한 마이크로광조형 장치에 대해서 연구하며, 마이크로 니들 어레이 형태의 구조물을 가공하기 위한 대면적 마이크로광조형 장치를 개발하며 이를 이용하여 마이크로구조물을 제작한다.

### 2. 마이크로광조형

Fig. 1은 선행연구에서 개발된 마이크로광조형 장치의 기본 개념도를 나타낸다<sup>5,6</sup>. EXFO사의 OmniCure S2000<sup>®</sup> 수는 램프를 이용하여 DMD에 균일한 광강도를 가지게끔 콜리메이팅 렌즈를 통과시킨다. 결상을 위해서 UV 영역에서 사용이 가능한 대물렌즈를 이용하였으며, 적층을 위한 Z축 스테이지는 Aerotech사의 100nm의 정밀도를 가진 리니어 모터 이용하였다. Fig. 2는 마이크로광조형 장치를 이용하여 마이크로구조물을 가공하는데 있어서의 전체적인 공정을 나타낸다.

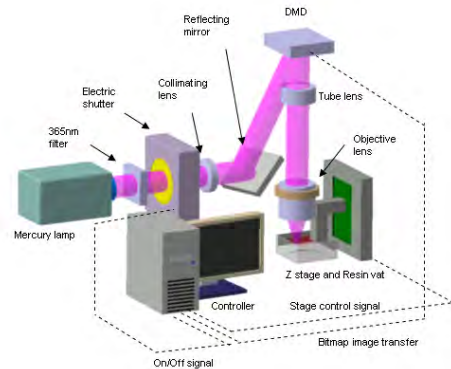


Fig. 1 Schematic of microstereolithography

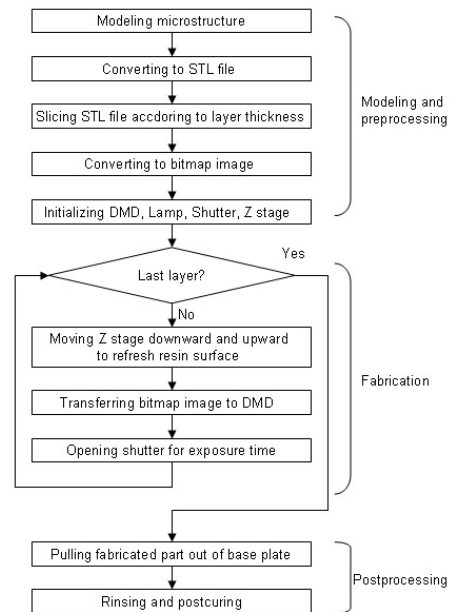


Fig. 2 Overall process of microstereolithography

Fig. 3은 이러한 마이크로광조형 장치를 이용하여 마이크로구조물을 가공한 것이며, Table 1은 각 마이크로구조물에 대한 정보를 나타내고 있다.

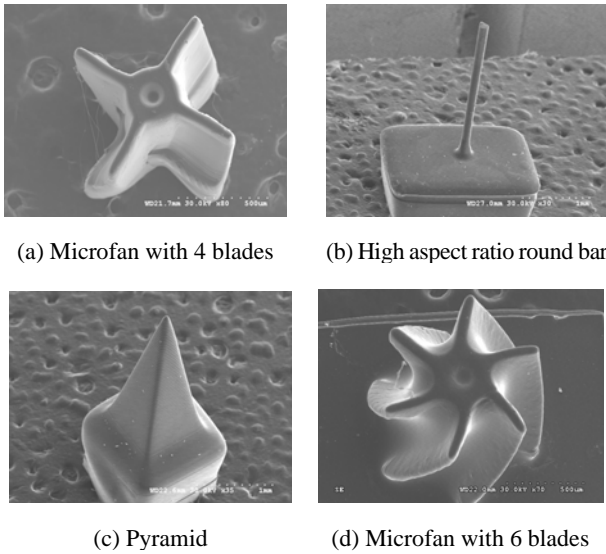


Fig. 3 Various microstructures using developed microstereolithography apparatus

Table 1 Fabrication characteristics of each microstructure

Model	layer thickness(μm)	Volume (μm*μm*μm)	Total layer number
(a)	10	630*630*1000	100
(b)	30	120*120*2400	80
(c)	20	1000*1000*2000	100
(d)	20	1100*1100*1200	60

### 3. 대면적 마이크로광조형

마이크로니들 어레이 형태의 구조물을 가공하기 위해서는 X-Y 스테이지를 추가하여 대면적을 가공할 수 있다. 본 연구에서는 최대 100mm\*100mm의 면적을 가공할 수 있는 100nm의 X-Y 스테이지를 추가하여 Fig. 4와 같이 구성하였다. Fig. 5는 X-Y 스테이지의 이송이 없이 제작한 마이크로 니들 어레이 형태의 구조물이며, 이러한 구조물을 마이크로니들간의 거리만큼 X-Y 방향으로 이송하면서 제작하면 대면적의 마이크로 니들 어레이 구조물을 제작할 수 있다.

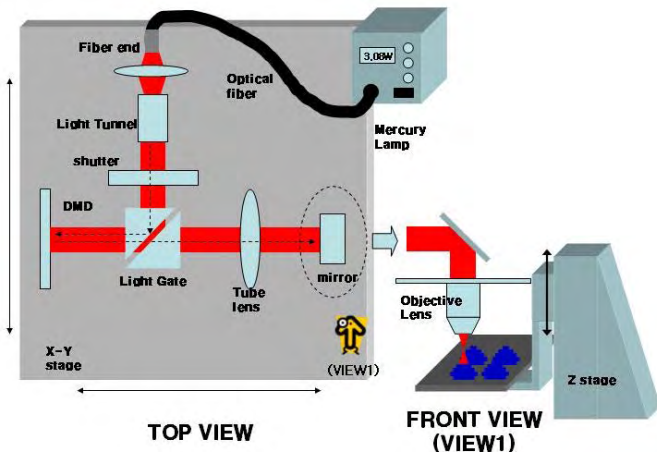


Fig. 4 Schematic of microstereolithography working on large surface

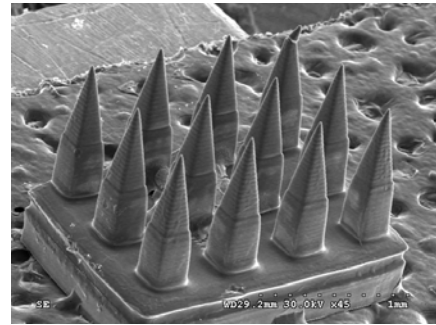


Fig. 5 Microneedle array-type structure

이러한 마이크로니들 어레이는 피부를 통한 약물 전달을 위한 통로를 생성하기 위한 것으로써, 기존의 매크로 니들에 비해서 통증 없이 사용이 가능하며, 대면적으로 가공되면 한꺼번에 많은 양의 약물 이송이 가능하다.

### 4. 결론

본 연구에서는 마이크로니들 어레이 형태의 구조물을 제작하기 위하여 기존의 마이크로광조형 장치와 X-Y 스테이지를 이용하여 대면적 마이크로광조형 장치를 개발하였다. 이러한 연구는 약물 전달을 위한 마이크로니들 어레이 제작에 있어서 마이크로의 정밀도를 유지하면서 실제 적용 가능한 구조물의 크기를 제공할 것이다.

향후 단일 마이크로광조형에서 제작할 수 있는 형상에 대해서 10\*10의 어레이를 가진 어레이 형태의 구조물을 가공할 것이며, 어레이 형상이 아닌 메조 형상(수십 mm)에 대해서 어레이 형태로 가공 데이터를 분할한 후 가공하는 방법에 대해서 연구를 수행할 것이다.

### 후기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2004-000-10507-0)지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Varadan, V. K., Jiang, X. and Varadan, V. V., Microstereolithography and other Fabrication Techniques for 3D MEMS, Wiley, 2001.
2. Ikuta, K. and Kirowatari, K., "Real Three Dimensional Micro Fabrication Using Stereo Lithography and Metal Molding," Proceedings of IEEE MEMS'93, New York, USA, 42-47, 1993.
3. Bertsch, A., Zissi, S., Jezequel, J. Y., Corbel, S. and Andre, J. C., "Microstereolithography using a liquid crystal display as dynamic mask-generator," Microsystem Technologies, 42-47, 1997.
4. Bertsch, A., Bernhard, P. and Renaud, P., "Microstereolithography: Concepts and applications," 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 289-298, 2001.
5. Choi, J. W., Ha, Y. M., Lee, S. H., and Choi, K. H., "Fabrication of 3-Dimensional Microstructures using Dynamic Image Projection," Proceeding of the 1st International Conference on Precision Engineering and Micro/Nano Technology in Asia, Shenzhen, China, 472~476, 2005.
6. Choi, J. W., Ha, Y. M., Lee, S. H. and Choi, K. H., "Design of Microstereolithography System based on Dynamic Image Projection for Fabrication of Three-Dimensional Microstructures," Journal of Mechanical Science and Technology, 20, 12, Accepted for publication, 2006.