

# 프로젝션 마이크로 광조형에서 다중 레진 구조물의 제작을 위한 시스템 개발

## Development of system for fabrication of micro-structure with multi-resin by projection microstereolithography

\*박인백<sup>1</sup>, 하영명<sup>1</sup>, 김호찬<sup>2</sup>, #이석희<sup>3</sup>

\*I. B. Park<sup>1</sup>, Y. M. Ha<sup>1</sup>, H C. Kim<sup>2</sup>, #S. H. Lee(sehlee@pusan1.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 안동대학교 기계공학부, <sup>3</sup> 부산대학교 기계공학부

Key words : micro-structure, multi-resin, projection microstereolithography

### 1. 서론

미세 광 조형 기술은 이전의 패속조형 기술 중 SL(Stereolithography)의 근거를 두고 연구되어 왔다. 이러한 미세 광 조형기술은 크게 2 가지로 스캐닝 방법(Scanning method 또는 vector by vector)과 전사 방법(Projectionmethod 또는 layer by layer)으로 나뉜다<sup>1</sup>. 스캐닝 방법은 하나 또는 여러 개의 레이저 광원을 x, y 축에 고정시켜 가공 패스 (Tool path)로 이송해 마이크로 구조물을 제작하거나 x, y 축을 대신해 갈바노 미러를 사용하는 방법이다. 이것은 3d model 에 의해 가공 패스가 산출됨으로 정밀한 반면 긴 가공시간이 필요로 한다는 단점을 지닌다. 반면에 전사 방법은 MEMS, LIGA 등에 사용되는 비효율적인 마스크를 동적형상 생성기를 사용해 입사된 빔을 3d model 의 단면이미지로 반사시킨 패턴된 빔을 사용한다. 이것은 스캐닝방법에 비해 단면형상을 한번에 제작할 수 있기 때문에 레이저의 스팟으로 제작하는 스캐닝 방법보다 가공시간이 단축된다<sup>1</sup>. 이러한 두 방법 이외에 광 경화성 레진(photocurable resin)의 수지표면제어, 적층의 방향, 대면적 구조물을 위한 시스템 등으로 다양하게 발전되어 왔다. 현재는 소재 물성을 높이고 높은 다양한 광 경화성 레진이 시판되거나 대학 연구실 등을 통해 연구되고 있으며, 생체 적합성과 분해성을 가지는 바이오 소재가 대두 되면서 미세 광조형 장치의 응용분야로 확대되고 있다. 특히 바이오 소재 개발이 이러한 시스템에서 응용되기 위해 많은 시도를 가지고 연구한 결과 생체 재생을 위한 스캐폴드(Scaffold), 약물을 전달하기 위한 마이크로 니들(Micro needle)등이 주요한 관심 분야로 대두 되었다. 본 연구에서는 이러한 소재 강성의 문제와 다양한 생체 바이오 미세구조물의 제작을 위해 다양한 광 경화성 레진으로 하나 또는 그 이상의 구조물을 제작할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 마이크로 구조물 내에 필요한 강성의 조절, 스캐폴드의 제작 시 소재의 분해성을 조절이 필요한 경우 유용하다. 만일 마이크로 구조물의 어떠한 부근에서 탄성이 가장 높아야 할 경우 이 시스템에서는 그에 해당하는 적층 단계에서 탄성이 높은 광 경화성 레진으로 제작하고 그 이후 다시 원래의 레진으로 제작한다. 또한 스캐폴드의 경우 혈액 또는 진액과 맞물려

분해되는 외부에서는 내부보다 더욱 빠른 생분해성을 가져 세포의 증식을 막아버리는 경우가 있다. 이를 위해 느린 생분해성 레진을 스캐폴드 외부로 제작하고, 내부는 빠른 분해속도를 가진 레진을 사용하는 등의 여러 응용이 가능하다. 이러한 시스템을 구현하기 위해 본 연구에서는 광 경화성 레진의 수지 표면을 제어할 수 있는 구동부와 측정부를 두어 개발하고, 결과로 두가지 레진으로 이뤄져 있는 마이크로 구조물을 제작해 형상 측정을 실시하고 가능성을 제시했다.

### 2. Projection microstereolithography

본 연구에서 사용한 PμSL 는 Fig. 1 와 같이 3 개의 시스템으로 이뤄진다. 첫번째로 광원은 200W 급의 UV 램프, 두 번째로 광원을 3D 모델의 단면이미지로 광 패턴의 전환을 위한 DMD(Digital Micromirror Device), 세번째로 대면적 구조물과 적층을 위한 X, Y, Z 축이다.

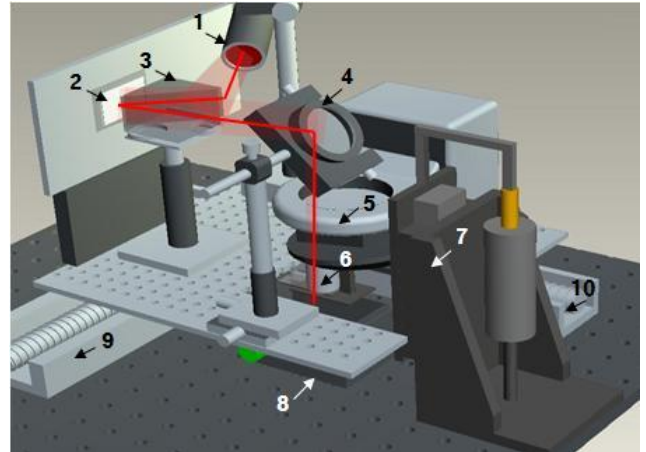


Fig. 1 Schematic of Projection microstereolithography 1.Collimating lens set, 2. DMD(Digital Micromirror Device, Texas instrument, USA), 3. Prism, 4. Reflecting mirror, 5. Focus module(Canon, Japan), 6. Objective lens(Olympus, Japan), 7. Z-stage, 8. X-Y Stage

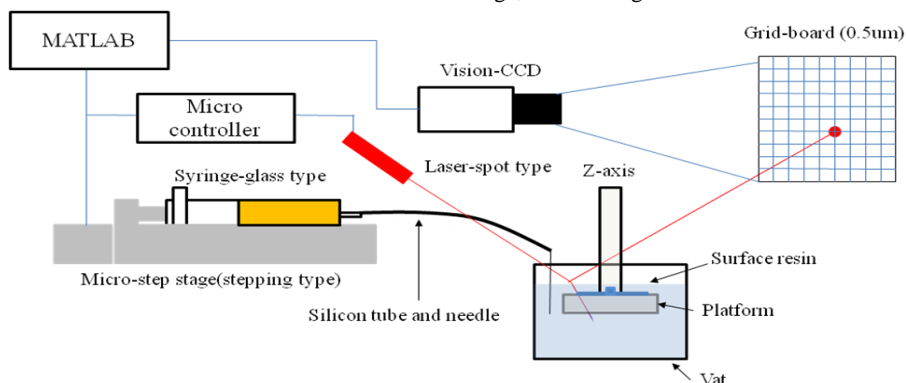
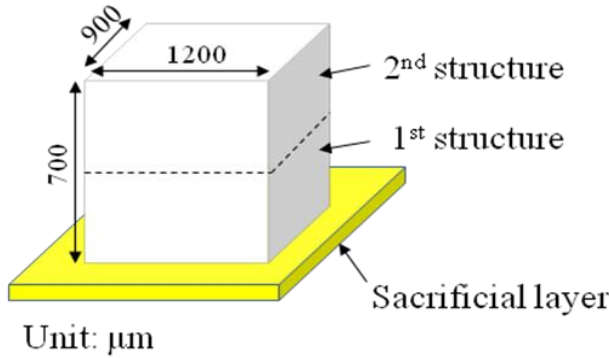


Fig. 2 Schematic of multi-material system for fabrication a microstructure of varieties photocurable resin

### 3. Multi-material system

Fig. 1 의 PμSL 로 다양한 광 경화성 레진을 사용해 구조물의 제작은 Fig. 2 와 같은 시스템으로 구현된다. 구현 방법은 PμSL 의 초기 셋업에서 마이크로 컨트롤러(AT-mega) 로 제어되는 spot 타입의 레이저가 레진 표면을 주사한다. 이렇게 주사된 레이저는 레진 표면에서 반사되어 0.5mm 의 간격으로 그려진 판에 spot 이 결상된다. 이 spot 을 매트랩으로 구현한 vision program 을 통해 보여지며, spot 의 위치가 PμSL 의 구동 전 초기 레진 높이가 된다. 1 차 레진으로 제작이 완료되면 1 차레진을 특수 vat 에 장착된 방출호스를 통해 방출되고, vat 의 잔여 레진을 제거 하기 위해 이소프로필 알코올이 보충된 후 일정 시간이 지나면 다시 방출된다. 완전히 건조된 후 2 차 레진이 정밀 스테이지에 장착된 주사기로 주입되고 비전에서 1 차 레진의 초기 수지높이만큼 레이저의 스팟이 이송되면 자동으로 정지된다. 2 차 레진이 vat 에 유입된 후 표면이 안정되기 위한 지연시간을 가진 후 1 차 레진으로 가공한 다음 단면이미지를 가공한다. 이렇게 1 차레진이 가공한 다음의 가공을 실시할 수 있으며, 2 차 레진의 적용에 따라 z 축의 플랫폼에서 다시 시작할 수 있게 다양한 가공방법이 포함된다.



### 4. Fabrication of microstructure with multi-material

본 연구에서 총 2 개의 광 경화성 레진을 사용해 단일 형상의 마이크로 구조물을 제작했다. 1 차 레진은 HDDA 으로 상온에서 7cps 이하의 점성을 지니며 비교적 투명한 1 관능 모노머인 HDDA 를 사용하고 광 개시제는 DMPA 로 365nm 에 적합한 DMPA 를 2w.t%로 첨가하고 1 시간 동안 마그네틱 스트러를 사용해 혼합시켰다. 2 차 레진은 HDDA 에 2 관능 모노머인 BP40 을 9:1 의 비율에 DMPA 를 2w.t% 첨가한 뒤 1 차 레진과 동일 하에 혼합했다. 1 차 레진이 액체에서 고체로 경화되는 에너지 즉 입체에너지는 약 1.243mJ/cm<sup>2</sup>, 2 차 레진은 2.8 mJ/cm<sup>2</sup> 의 차가 있으며, 점성은 2 차레진이 1.5 배로 약 11cps 를 지님을 실험을 통해 확인했다. 이러한 실험은 1 차, 2 차레진의 가공조건과 단면이미지의 형상이 같아도 경화형상이 레진의 특성에 따라 달라질 수 있기 때문에 각자의 가공조건을 부여해야 함을 의미한다. Table 1 은 이러한 1,2 차레진의 가공조건을 표기했으며 fig. 3 은 3d model 과 가공된 형상을 측정된 것이다.

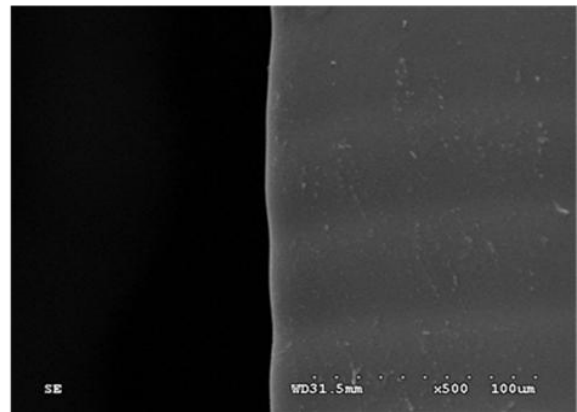
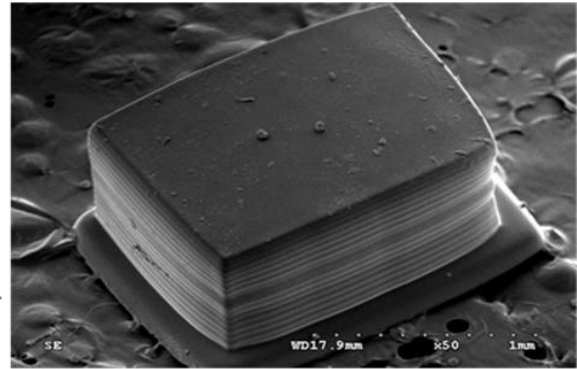
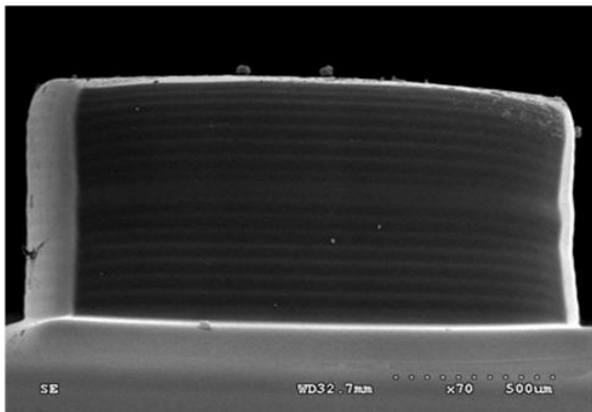


Fig. 3 Fabrication of microstructure with different material

Table 1. Control of process

| Control                   |               |                        |
|---------------------------|---------------|------------------------|
| 1 <sup>st</sup> structure | Beam energy   | 12.6mJ/cm <sup>2</sup> |
|                           | Dwell time    | 30sec                  |
|                           | Thickness     | 10um                   |
|                           | Temp.         | Normal                 |
|                           | Exposure time | 1sec                   |
| 2 <sup>nd</sup> structure | Beam energy   | 16.1mJ/cm <sup>2</sup> |
|                           | Dwell time    | 60sec                  |
|                           | Thickness     | 10um                   |
|                           | Temp.         | Normal                 |
|                           | Exposure time | 1sec                   |
| Washing                   | IPX           | 2time(30sec)           |

### 5. Result

Fig. 3 의 실험 결과 1 차 구조물과 2 차 구조물에서 약 30~50um 차가 발생되었지만 비교적 균일하게 제작됨을 알 수 있었으나 완전히 구성된 장비로 제작되지 않았으므로 차후 보완 해 진행할 것이다 이로 차후 연구는 정밀한 수지표면을 제어할 수 있는 알고리즘과 다양한 구조물을 제작할 것이다.

### 참고문헌

1. Varadan, V. K., Jiang, X. and Varadan, V. V., Microstereolithography and other fabrication techniques for 3D MENS, Wiley, 2001