

UV-led 를 이용한 scanning msl 의 광 경화특성과 응용 Application and Photo curing properties of Scanning Microstereolithography using UV-led

*박인백¹, 하영명¹, #이석희², 안대건³

*I. B. Park¹, Y. M. Ha¹, S. H. Lee² (shlee@pusan.ac.kr), D. G. Ahn³.

¹ 부산대학교 기계공학과, ² 부산대학교 기계공학부, ³ 창원대학교 기계공학과

Key words : Scanning microlithography, UV-led

1. 서론

쾌속 조형 기술은 공학적인 제품의 설계와 조립에 불확실한 문제에 있어 시제품의 제작해 확인하는 단계를 넘어 미세 구조물 제작에 응용된다. 이러한 미세 구조물의 제작은 단지 구조물뿐만 아니라, 바이오 소재나 다중 소재 등을 사용해 다양한 분야에 걸쳐 연구되고 있다. 그 중 μ SL은 광으로 광 경화 레진을 경화해 복잡한 3d 구조물을 제작하는 방법으로 이전의 SL(stereolithography)를 모태로 발전되었다[1]. 이러한 μ SL은 이전의 SL과 같이 틀 패스를 사용하는 Scanning μ SL과 DMD, LCD와 같은 패턴 이미지를 생성기를 사용한 Projection μ SL로 구분된다[2,3]. Scanning μ SL의 경우 비교적 간단한 optics를 사용하지만 마이크로 구조물을 제작하기 위해선 복잡한 틀 패스를 생성시켜야 하는 단점이 있으며, Projection μ SL은 하나의 패턴 이미지로 경화하기 때문에 가공공정은 간단하나, 패턴 이미지의 고른 조사 에너지 분포를 가지기 위해 복잡한 optics가 필요하다. 이 두가지 μ SL의 공통적인 요소는 시스템을 구현하기 위해선 높은 비용이 필요하다는 점이다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 적은 비용으로 미세 구조물을 제작하기 위한 시스템을 직접 구현하여 다양한 레진으로 경화 특성을 측정하였다.

2. LED 기반의 μ SL

본 연구의 목적은 적은 비용으로 미세 구조물을 가공할 수 있는 시스템을 구현해 최대의 가공성을 가지도록 하기 위함이다. 우선 근래에 도료를 uv로 코팅을 위한 led 소자가 개발되어 많은 분야에 응용되고 있다. 이러한 led 소자는 각종 파장에 따라 생산되고 있으며 아주 적은 비용으로 구입할 수 있어 광 조형장치의 광원으로 대체할 수 있다. 하지만 적은 조사 조사에너지, 고휘도 조사각, 발광체의 형상의 문제로 제약이 따른다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 초점을 모으기 위한 반사체와 x20의 축소 배율을 지닌 대안렌즈를 장착하고 틀 패스를 사용해 광축을 이동할 수 있도록 NI instrument사의 모션 컨트롤러를 장착했다. Fig. 1은 광원인 led, 적층을 위한 Z축, 모션 컨트롤러와 연결되어진 X-Y축, 대안렌즈 등을 장착한 전체 시스템의 사진이다. 적층을 위한 Z축은 오토닉스사의 마이크로 스텝이 구현 가능한 컨트롤러와 스텝모터로 1

펄스당 수직 축으로 약 5 μ m의 이송을 가지도록 제작되었다. 틀 패스로 이송되는 X-Y축을 우선 배열 좌표로 이송되게 Labview8.0을 사용하여 프로그래밍하였으며, 서보모터와 드라이브로 구성되어 최대 이송거리는 X:250mm, Y:350mm 이내, 최소 이송 속도는 분당 5mm 이내로 제어 가능하게 제작되었다.

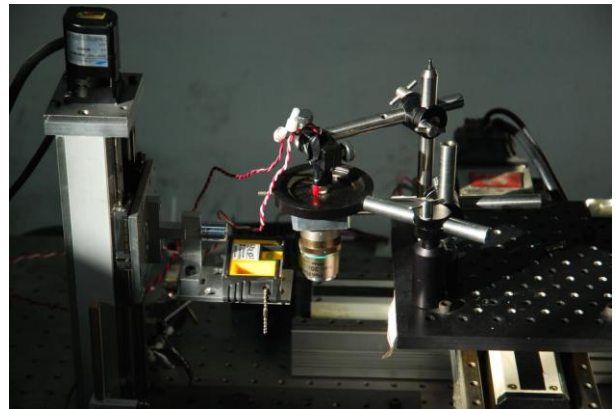
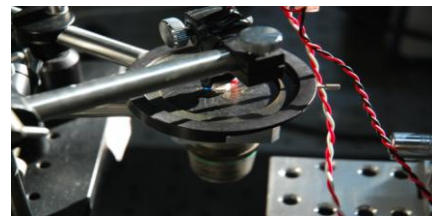
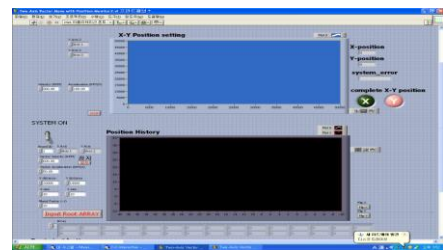


Fig. 1 Scanning μ SL System using UV-led



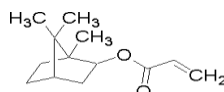
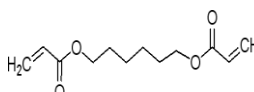
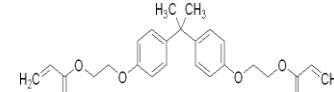
(a) UV-led



(b) Labview program

Fig. 2 A Picture of labview program for movable light source using x-y array coordination

Table 1. Characteristic of monomers Table

| Monomer | IBOA | HDDA | BP40 |
|----------------------|---|--|---|
| Chemical structure |  |  |  |
| Material properties | | | |
| Viscosity (cps)@25°C | 2.6 | 7.5 | 1080 |
| M. weight(g) | 208 | 200 | 512 |

3. 광경화 레진

3.1 레진 합성

본 연구에서 사용되어진 광경화 레진은 Isobornyl Acrylate(BOA), 1,6 Hexanediol Dimethacrylate(HDDA), Bis phenol-A-ethoxylated(4)Diacylate(BP40)를 weight ratio 로 각각 8 : 1 : 1 로 합성하고 광 개시제인 DMPA 5w.t%를 첨가하였다. BOA 는 2 관능 단량체로 경화성이 좋고 점성이 낮아 Diluent(Diluent)에 사용되며 HDDA 는 BOA 와 같이 2 관능 단량체로 경화속도가 빠르고 강성이 좋다. 하지만 분자량이 낮기 때문에 경화 시 수축으로 인한 왜곡현상이 발생될 수 있기 때문에 높은 분자량을 가진 BP40 을 첨가해 강성과 경화표면을 높였다. 이렇게 제작되어진 레진을 광 개시제를 첨가하여 3 시간 동안 암실에서 magnetic-strr 를 사용해 합성했다.

3.2 광 경화 특성

제작 되어진 광 경화 레진의 경화특성을 조사하기 위해 4 개의 지지대를 제작한 뒤 한 층의 사각패턴을 조사 에너지에 따라 제작해 경화두께와 경화 폭을 Beer-lambert[1] 수식으로 광원의 투과 깊이, 액체에서 고체로 변화는 특징 에너지를 구했다. 계산 결과 광 투과 깊이는 236.21 μm (about), 특정 에너지는 1.964 mJ/cm² 으로 적은 조사 에너지로 쉽게 경화가 가능함을 알 수 있다.

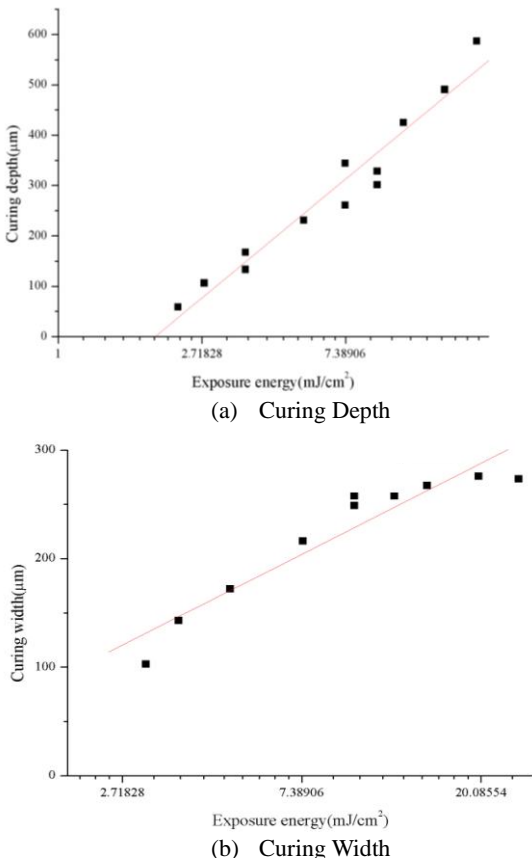


Fig. 3 Measurement of curing properties according to exposure energy

4. LED 의 경화특성

UV-LED 의 조사 에너지를 측정하기 위해 최소 입력전류 (30mA)에서 최대 입력전류(40mA)까지 입력전압을 조절하여 대안렌즈의 초점거리 내에서 빔 프로파일러로 측정한 결과 0.7-1.09 mJ/cm² 로 수식보다 낮은 에너지가 조사됨을 알 수 있었다. 이러한 조사에너지로 구조물을 제작하기 위해선 일정 시간이상의 조사가 이뤄져야 하지만 led 의 입력

전압, x-y 축의 이송속도로 대한 가공조건에 따라 경화 특성이 다를 수 있으므로 fig. 4 와 같이 입의 조건을 입력해 x 방향으로 100mm 를 경화 후 측정하였다.

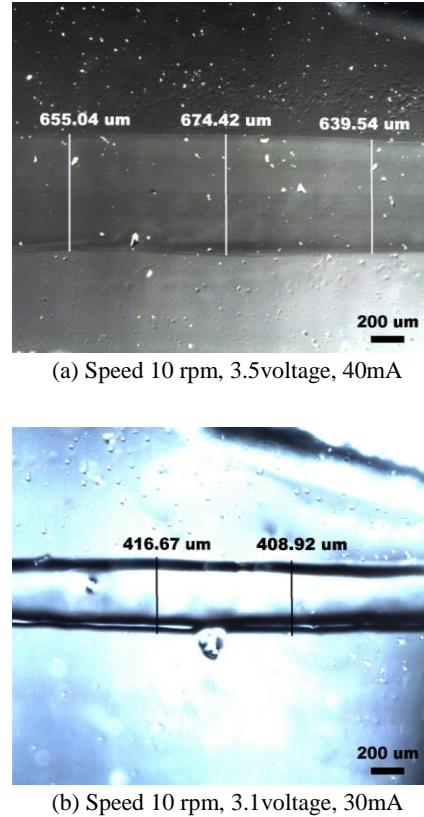


Fig. 4 Measurement of curing line-width according to input voltage(LED) and speed ratio of x-y stage

측정 결과 x 축의 속도와 상관없이 입력전압으로 인해 라인 폭이 줄어들어 보였고 이후 입력전압과 속도의 상관관계를 고려해 라인 선 폭을 줄일 수 있음을 알 수 있다.

5. 결과 및 적용방안

저비용으로 미세 구조물 제작을 위한 시스템 구현에 있어 UV-LED 를 사용해 경화특성을 알아봄으로써 가능성을 제시하였다. 이러한 적용방안으로 PPF, PEG 와 같은 생체 분해성, 생체 적합성 소재를 사용해 조직재생을 위한 스케폴더를 대면적으로 제작할 수 있다. 하지만 대안렌즈 통과 후 초점크기가 타 장비보다 크므로 이를 줄이기 위한 Optic 을 추가해 대면적에 마이크로 구조물이 포함되어 있는 Meso-structure 나 경피 조직이나 수술 후 조직끼리 유착을 방지하기 위한 유착방지막의 제작에 접목할 예정이다.

참고문헌

- Vijay, K. V., Xiaoning, J., Vasundara, V. V., Microstereolithography and other Fabrication Techniques for 3D MEMS, John Wiley & Sons, LTD, ISBN 0 471 52185 X.
- Beluze, L., Bertsh, A. and Renaud, P., "Microstereolithography: a new process to build complex 3D object", Proc. SPIE, 3680, pp. 808-817.
- Bertch, A., et al., "Microstereolithography using a liquid crystal display as dynamic mask generator", Microsystem technologies, 3,(2), pp. 42-47.