

전사방식의 마이크로 광조형에서 still-motion 을 이용한 스캐닝 방식의 마이크로 구조물 제작

Fabrication of microstructure using still-motion by scanning method in projection microstereolithography

*박인백¹, 하영명¹, 김민섭¹, #이석희²

*I. B. Park¹, Y. M. Ha¹, M. S. Kim¹, #S. H. Lee(sehlee@pusan.ac.kr)²

¹ 부산대학교 대학원 기계공학부, ² 부산대학교 기계공학부

Key words : Projection microstereolithography(PμSL), Still-motion, Scanning method

1. 서론

마이크로 구조물 제작에서 마이크로 광조형(μSL)은 적은 비용으로 다양한 구조물 제작에 유리하다.¹ 이러한 마이크로 광조형은 전사방식(Projection microstereolithography: PμSL)과 주사방식(Scanning microstereolithography: SμSL)으로 구별되며 장단점을 지닌다.² PμSL 은 DMD³ 또는 LCD⁴ 와 같은 빔 패턴 생성기로 패턴된 빔을 투영시키거나 반사시켜 광경화 수지를 경화 시키는 반면 SμSL 은 광원은 구속되어 수지를 이송시키는 X, Y 스테이지로 광 패스를 사용해 제작된다. 이러한 기법으로 PμSL 은 한 층의 단면을 한번에 제작해 가공시간이 빠르나 비교적 정밀도가 떨어지며, SμSL 은 수 마이크로의 스펙으로 제작되어짐으로 가공시간은 느리나 높은 정밀도를 지닌다. 본 연구는 DMD 를 기반으로 하는 PμSL 에서 정밀도를 높이기 위해 연구된다. 근래에 PμSL 이용해 미세구조물의 정밀도를 높이기 위해 많은 연구가 진행되었다. 그 중 LCD 를 이용해 8bit 의 grayscale 로 광 강도 분포(Beam intensity distribution)하거나 이와 비슷하게 UV-DMD 기반에서 dither-method 를 이용해 1bit 의 grayscale 로 정밀성과 표면 거칠기를 높이는 연구가 진행되었다. 또한 단면 이미지의 경화구역을 나눠 경화해 어레이 구조물 등에 유용한 연구가 있었다. 이러한 연구들은 복잡한 과정을 필요로 하고 많은 실험을 거쳐야 하는 단점을 가진다. 본 연구에서는 PμSL 에서 정밀도에 저하시키는 주된 요인인 광 강도 분포(beam intensity distribution)의 영향력을 줄이고 높은 정밀도를 지니기 위해 SμSL 의 scanning method 와 비슷한 still-motion 을 개발했다. 이것은 PμSL 와 SμSL 의 장점을 지니며 단점을 해결할 수 있다. 결과로 기존의 PμSL 에서 가공방법과 still-motion 으로 제작한 미세구조물을 비교하고 정밀성을 제시한다.

2. 전사방식의 미세 광조형

본 연구에 사용되어진 PμSL 은 Fig. 1 과 같다. DMD 는 제어부에서 출력되어지는 1bit 의 단면이미지를 입력 받아 해당되는 픽셀의 마이크로 미러에 신호를 인가한다. 입력 받은 마이크로 미러는 특정 각도로 틸팅되어 입사되는 광을 전반사 한다. 전반사되어진 패턴 된 광은 광 강도가 높지 않기 때문에 특수 프리즘을 장착해 광 패스를 줄인다. 집광렌즈를 통과한 패턴된 광은 반사미러를 통해 대물렌즈로 입사된다. 이러한 대물렌즈의 역할은 DMD 에서 반사된 패턴된 광으로 미세한 구조물을 제작하기 위해서 축소시키기 위함이다. 하지만 대물렌즈로 인해 축소된 패턴 광은 이전 보다 높은 가우스 분포를 지니게 되므로 광 강도 분포가 일정하게 이뤄지지 않게 된다. 이러한 이유로 미세 구조물의 정밀도가 저하된다. 해결책으로 대물렌즈 이후 균일한 광분포를 가지게 하는 광학장치를 필요성이 대두된다. 그러나 많은 광학기를 거치게 되면 광 강도가 저하되고 비용이 높아지는 단점을 지니게 되므로 일반적인 PμSL 의 가공방법에서 해결책을 찾아야 한다. 본 연구에서는 이러한 해결책을 SμSL 에서 사용되는 scanning method 로 대체

하고 기존의 PμSL 의 기법을 혼용하는 still-motion 을 개발하였다.

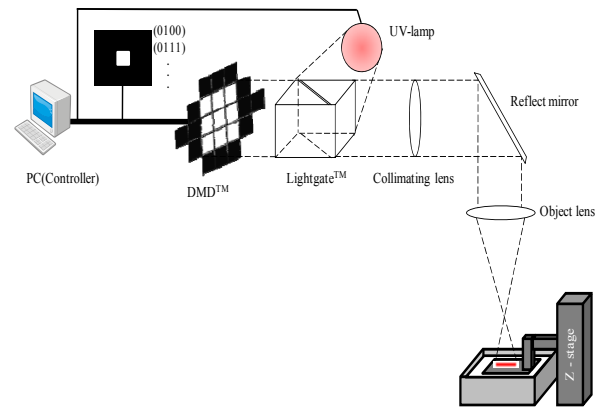


Fig. 1 Schematic of PμSL

3. Still-motion 기법

본 연구에서 미세구조물의 정밀도를 높이기 위해 PμSL 와 SμSL 의 장점만을 구현할 수 있는 still-motion 기법을 개발하였다. Still-method 는 PμSL 에서 SμSL 의 scanning-method 을 구현할 수 있다. 영상처리 기법의 일종으로 여러 개의 사진을 일정 시간 동안 프레임의 단위로 영상이 바뀌는 것으로 PμSL 에서 단면이미지를 이루는 최소 픽셀을 고려해 생성시키고 이를 임의의 방향으로 점차 이동시키기 위한 이미지들로 DMD 에 입력된다. 이러한 이미지들은 DMD 에서 이미지 변환시간을 입력해 다음의 이미지들이 계속 변환될 수 있으며, 이와 동시에 Fig. 1 의 UV 광원을 개방시키게 되면 scanning-method 에서 X, Y 축의 이송으로 광 패스를 구현하는 방법과 동일해진다. 이것으로써 미세 구조물 제작 시 PμSL 의 기존 방식과 SμSL 의 방식을 혼용으로 사용할 수 있다. Fig. 2 는 DMD 에서 임의의 픽셀로 광 패스를 구현하는 예를 보여준다.

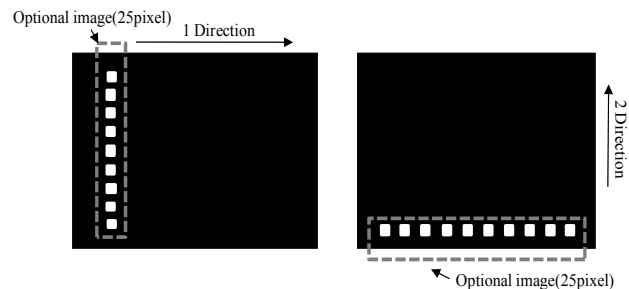


Fig. 2 Generation of light-path in DMD

이러한 광 패스를 구현하는 임의의 이미지는 기존의 단면이미지를 구성하는 픽셀크기로 지정되며 광경화 레진의 경화 특성에 따라 조절된다.

4. 광 경화 레진의 경화특성

본 연구에서 사용되어진 광 경화레진은 점성이 낮고 경화속도가 빠른 1 관능 모노머인 1, 6 Hexanediol Diacrylate (HDDA, Miwon Chem. Tech)를 선택했다. 광 개시제로는 적은 황 변화를 가지는 2, 2-Dimethoxy-2-phenylacetophenone (DMPA, Fisher Scientific)를 선택해 혼합했다. 혼합 방법에는 광개시제를 2wt%로 첨가하고 마그네틱 스트러로 3 시간동안 암실에서 혼합했다. 혼합한 레진의 광 경화 특성을 알아보기 위해 경화시편을 제작하고 광 조사 에너지에 따른 경화두께를 측정해 Beer-lambert 수식에 입력해 임계에너지(E_c)와 광 투과 깊이(D_p)를 계산했다. 그 결과 D_p 는 440.728 μ m, E_c 는 3.784mJ/cm² 로 상용레진에 비해 낮은 beam intensity 에서도 광 경화가 가능함을 보였다.

$$C_d = D_p \ln(E_{max} / E_c)$$

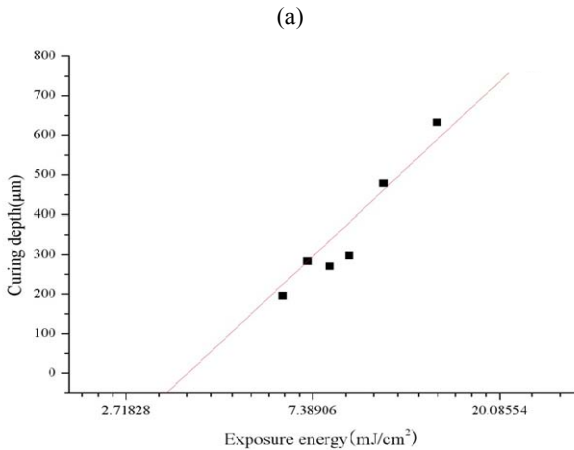
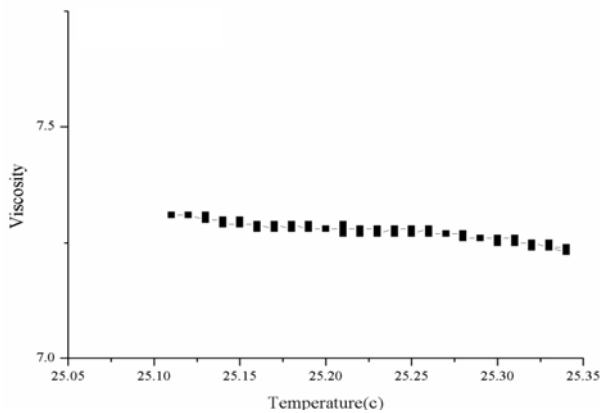


Fig. 3 Measurement of material properties (a) Viscosity (b) Curing Properties

5. Still-motion 을 이용한 미세 구조물 제작

이 절에서는 still-motion 을 이용한 미세구조물과 기존의 일반적인 방법으로 제작한 미세구조물의 정밀도를 비교한다. 비교부분은 2 차원 단면의 정밀도와 이로 인한 적층에 대한 정밀도를 비교한다. Fig. 4 의 (a)는 PμSL 에서 일반적인 방법으로 2 차원 단면의 이미지만 제작한 것이며, (b)는 (a)의 단면을 일정한 적층두께로 적층시킨 3 차원 미세구조물이다. 일반적인 가공방법으로 격자형 미세구조물을 제작한 결과 광 강도 분포로 인해 중첩이 되는 가운데 모서리가 정확히 제작되지 않고 과경화됨을 보인다. 이에 반해 (c), (d)는 still-motion 을 사용해 광 강도분포의 영향을 받지

않고 제작되기 때문에 (a), (b)보다 높은 정밀도를 보여준다.

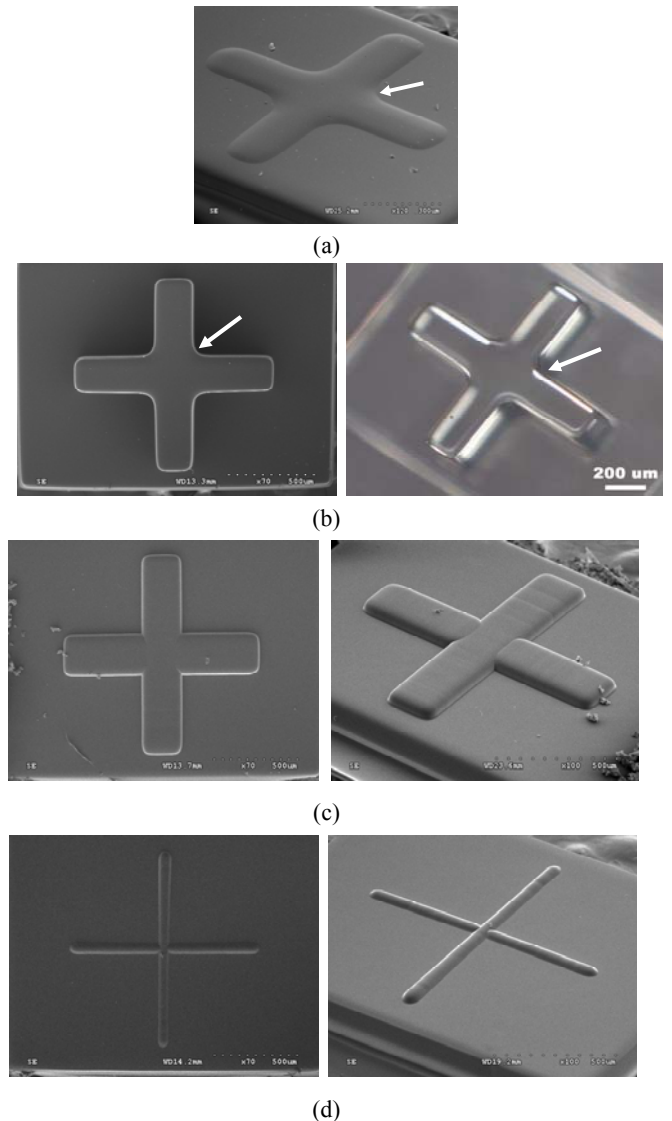


Fig. 4 fabrication of lattice-type microstructure using (a),(b) general process, (c),(d) still-motion process

6. 결론

Still-motion 은 영상기법에서 애니메이션과 비슷한 기법으로 많이 사용된다. 이러한 기법을 DMD 기반의 PμSL 에 적용함으로써 격자구조물 제작에 높은 정밀도를 지닐 수 있음을 확인했다. 차후 연구는 PμSL 의 일반적인 가공방법과 Still-motion 을 이용하여 다양한 구조물을 제작할 것이다

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.
- 박인백, 하영명, 김민섭, 이석희, "UV-DMD 기반의 전사 방식 미세광조형에서 미세구조물의 정밀도 개선을 위한 Dithering Process 개발," 한국정밀공학회지 제 26 권, 제 8 호, pp. 7-13.
- Bertch, A., et al., "Microstereolithography using a liquid crystal display as dynamic mask generator", Microsystem technologies, 3,(2), pp. 42-47.