

레이저 광원을 이용한 DMD 기반 마이크로광조형 장치 DMD based Microstereolithography apparatus using Laser Light Source

*최재원¹, #김호찬², 김민섭², 하영명¹, 배용환³, 이석희¹

*J. W. Choi¹, #H. C. Kim(hckim@andoing.ac.kr)², M. S. Kim², Y. M. Ha¹, Y. H. Bae³, S. H. Lee¹

¹부산대학교 기계공학부, ²안동대학교 기계공학부, ³안동대학교 기계교육과

Key words : Microstereolithography, MEMS, Digital Micromirror Device(DMD), Laser, Light Source

1. 서론

광조형(stereolithography)기술은 광경화성수지에 빛을 조사하여 원하는 부분을 경화시켜 한 층을 만들고, 이후로 이전의 층 위에 새로운 층을 쌓아가는 방법으로 성형을 하는 기술이다. 기존의 광 조형기술은 수십~수백 밀리미터 크기의 부품을 제작하기 위하여 개발된 기술이다. 이 기술의 성형 정밀도는 수십~수백 마이크로 미터 수준으로 각 층을 쌓는 두께와 레이저 빔의 초점 사이즈에 의해 제한을 받고 있다. 그런데, 최근 들어 마이크로 스케일의 구조물을 제작할 수 있는 기술에 대해 활발한 연구가 진행되면서 기존의 반도체 제작을 위한 MEMS 나 LIGA 기술보다 좀 더 복잡한 형상의 제작이 가능한 기술연구 되게 되었으며, 그 대표적인 기술이 마이크로광조형(micro-stereolithography)이다. 마이크로광조형기술은 광조형기술의 정밀도에 한계를 주는 두 요소인 층의 두께와 레이저 빔의 스팟의 크기를 극도로 줄여 수~수십 마이크로 미터 수준의 정밀도를 얻도록 하는 기술이다. 또한 마이크로 광조형기술은 그 장치 제작비가 기존의 반도체 공정 장비들에 비하여 매우 저렴하고 복잡한 3 차원적 형상도 매우 쉽게 만들 수 있다는 장점이 있다. 또한, 마이크로광조형 기술의 원리도 기존의 패속조형(rapid prototyping)기술과 동일하게 적층조형(layered manufacturing)기술을 이용하고 있으며, 광경화성수지(photopolymeric resin)를 사용하는 점도 광조형과 유사하다.¹ 다만 광의 운송시스템이 더욱 정밀한 조사가 가능토록 개선되고, 수지의 도포두께도 매우 얇게 개선 되었다. 결과적으로 제작하는 부품의 스케일이 축소 되면서 더욱 정밀해졌으나 정밀한 가공이 가능한 시스템의 설계가 필요하고 대형부품의 제작을 위해서는 가공 시간의 증가되며 표면장력의 효과가 증대되어 힘이나 접착 등이 발생하는 등 새로운 문제점이 발생되고 있어 많은 연구가 요구되고 있다.

2. 관련연구

마이크로 광조형기술은 하나의 층을 경화시키는 방법에 따라 주사방식(scanning method)과 전사방식(projection method)으로 구분할 수 있다.² 주사 방식은 경화된 한 층을 만들기 위하여 하나의 점에 집속된 광의 점을 물체의 외곽모양에 따라 컨투어(contour)를 주사한 후 내부를 격자 방식으로 드문 드문 채워서 경화시키는 방식이다. 주사방식의 장점은 광이 한 점에 고도로 집속 되기 때문에 매우 높은 에너지를 일 순간에 가할 수 있다는 점이다. 따라서, 주로 출력이 낮은 레이저를 광원으로 이용하는 경우에 널리 사용되고 있다. 이 방식의 단점은 스팟의 크기가 작을수록 전체 형상을 다 채워 경화시키는데 많은 시간이 소요된다는 점이다. 반면에 전사방식은 일정한 크기의 면적을 한번에 경화시키는 방법으로 경화되는 영역과 그렇지 않은 영역은 동적으로 생성되는 마스크 의해 선택 되어진다. 마스크의 생성을 위하여 기존에는 LCD(Liquid Crystal Display)가 주로 사용되었으나³, 이 LCD 속에는 광원으로 주로 사용되는 UV 광선에 의해 열화가 되는 물질이 들어 있어서 오랫동안 안정적으로 활용하기는 어려웠다. 그러나, 최근에는 픽셀별

로 마이크로 미러를 설치하여 광의 반사유무를 결정할 수 있는 DMD(Digital Micromirror Device)가 보급되고 있으며, 점차 안정성이 높고 투과율이 높은 DMD 를 이용하는 기술이 일반화 되고 있다.^{4,5}

최근 레이저의 제작 기술이 발전하면서 램프의 광원에 필터를 부착한 경우와 대등한 출력을 갖는 다이오드 레이저가 개발되었으며, 레이저는 높은 직진성을 가지고 있으며 위상이 고른 단색광이므로 기존의 램프에서 얻어지는 광에 필터를 적용한 램프 광원에 비하여 수차가 적어 높은 정밀도를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 따라서, 본 논문은 주사방식에 주로 이용되고 있는 레이저를 광원으로 하면서 DMD 를 이용한 패턴을 생성하는 마이크로광조형장치의 개발에 대하여 다루고자 한다.

3. 레이저광원의 마이크로광조형기

Fig. 1(a)는 본 연구에서 개발중인 마이크로 광조형장치의 전체적 구성을 나타내는 도식이며, Fig. 1(b)는 그 실제 사진이다. 광원으로 사용된 레이저는 지속파(continuous wave)를 방출하는 IQ1C 로서 가시광선에 가까운 UV 광인 375nm 의 파장을 갖고 있으며, 자세한 사양은 Table1 에 나타내었으며, 레이저광의 강도프로파일은 Fig.2 에 보인다

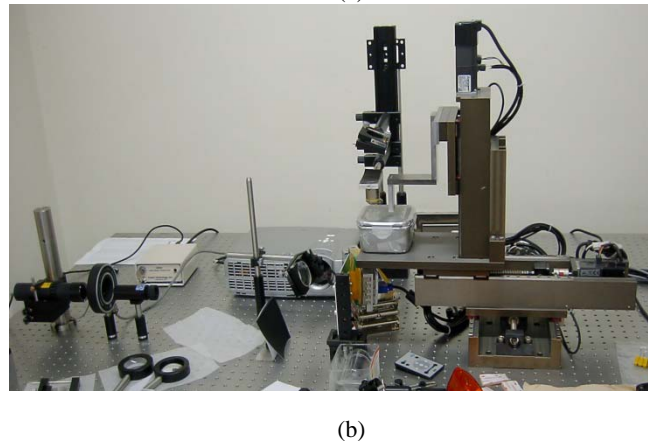
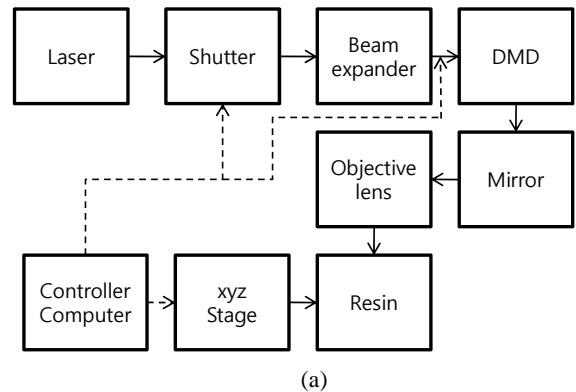


Fig. 1 (a) Schematic drawing of the system (b) photograph of the microstereolithography apparatus.

Table 1 Specification of the laser IQ1C16

Items	specifications
Wavelength	375 ±5 nm
Maker	Power technology
Output power	16 mW
Beam divergence	< 0.5(mrad)
Collim. Beam Size	2.5 x 4.0 (mm, elliptical)

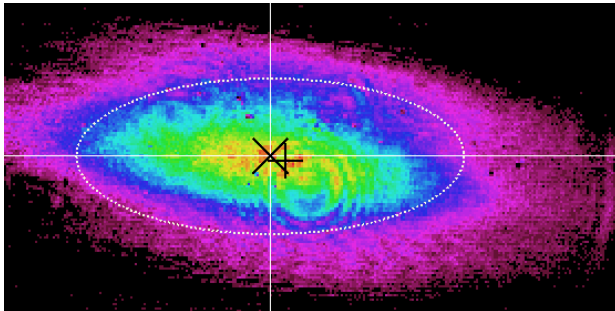


Fig. 2 Beam intensity profile of the laser

레이저에서 나온 UV 광은 Fig. 3 에 보인 바와 같이 먼저 빔확장기에서 DMD 의 거울면 사이즈인 14x10.5mm 에 비추어 지기지기 위해 약 5 배 확장 시킨다. 확장된 레이저광은 1024x768 개의 미소 거울이 패턴의 형태로 배열된 DMD 에 의해 픽셀별로 선택적으로 반사되게 된다. DMD 에서 나온 광은 두개의 미러를 거쳐서 대물렌즈로 보내 지게 된다. 대물렌즈는 여러 가지 수차를 최소화하면서 빔을 한 점으로 모이게 하며 한 점으로 집광된 조금 아래에서 광경화성 수지를 경화시키게 된다.

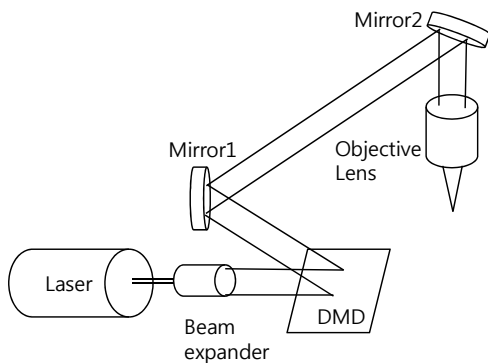


Fig. 3 Schematic drawing of the optical system

Fig. 4 에는 본 연구에서 개발하는 마이크로광조형기의 작동 프로세스를 보였다.

4. 성형물

Fig. 5(a)에 보인 형상은 본 연구에서 개발한 마이크로 광조형기를 이용하여 제작한 2 차원적 프린팅이다. 전체 크기는 500x260 μm 이며, 선폭은 40 μm이다. 또한 Fig. 5(b) 는 막대가 회전하면서 꼬여 올라가는 3 차원적 형상이다. 이때의 선폭은 20 μm이며 Layer thickness 는 20 μm이다.

5. 결론

본 연구는 다이오우드 레이저를 광원으로 이용하는 DMD 기반의 마이크로 광조형기를 개발하기 위하여 수행되었다. 레이저를 이용함으로써 램프를 이용하는 마이크로 광조형기에 비해 광학계가 더 단순하게 구성 되었으며,

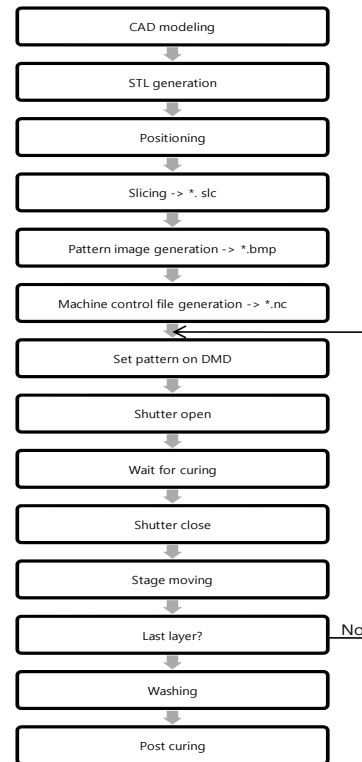


Fig. 4 Overall microstereolithography processes



Fig. 5 (a) 2D Micro structure and (b) real 3D structure

다이오우드 레이저의 약한 파워에도 불구하고 마이크로 스트럭처의 경화에 사용하기에 충분한 량의 광을 주사할 수 있는 광학계를 개발하였다. 차후에 광경화 조건에 따라 시스템 파라미터를 조정하면 더욱더 정밀한 형상을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Varadan, V. K., Jiang, X. and Varadan, V. V., Microstereolithography and other Fabrication Techniques for 3D MEMS, Wiley, 2001.
2. 최재원, 하영명, 이석희, 최경현, "Digital Micromirror Device 를 이용한 3 차원 마이크로구조물 제작," 한국정밀공학회지, 제 23 권, 제 11 호, pp. 116-125, 2006.
3. Bertsch, A., Zissi, S., Jezequel, J. Y., Corbel, S. and Andre, J. C., "Microstereophotolithography 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. 주재영, 김성훈, 정성호, "디지털마이크로미러 소자를 이용한 마이크로 광조형 기술개발," 한국정밀공학회 2005년도 춘계 학술대회논문집, 509-513, 2005.