

UV램프 광원 마이크로 광 조형장치의 성능평가

이인환*(충북대학교 기계공학부), 최지순, 이승표(충북대학교 대학원 정밀기계공학과),
고태조(영남대학교 기계공학부)

Characteristics of Micro-stereolithography Apparatus Using UV Lamp as Light Source

I. H. Lee(Mech. Eng. Dept., CBNU), J. S. Choi, S. P. Lee(Mech. Eng. Dept., CBNU),
T. J. Ko(Mech. Eng. Dept., YNU)

ABSTRACT

Micro-stereolithography technology is used for fabricating of 3-dimensional micro-structures. In some cases, this technology is more economical and simpler than MEMS and LIGA technologies based on semiconductor process. In this research, the micro-stereolithography apparatus that is more economical and simpler than current micro-stereolithography apparatus was developed. This apparatus uses UV lamp and optical fiber as a light source and light delivery system, respectively.

Key Words : Micro-stereolithography technology (마이크로 광 조형 기술), UV lamp (자외선 램프), Optical fiber (광섬유), Control system(제어 시스템)

1. 서론

반도체 제작기술을 바탕으로 하는 MEMS 및 LIGA기술은 마이크로 제품의 제작에 있어서 그 활용 분야가 넓을 뿐만 아니라 국가적으로도 21세기 육성 기술 중의 하나로 꼽히고 있다. 그러나, 반도체 제작기술을 바탕으로 하는 MEMS 및 LIGA기술은 고가의 공정 장비와 긴 공정시간이 소요되기 때문에 이 기술을 통한 제품의 제작은 상당한 노력 및 비용이 필요하다. 또한, 이 기술은 마스크를 통한 선택적 식각으로 제품을 생산하기 때문에 그의 형상은 2차원으로 한정적이라 볼 수 있다. 이에, 상대적으로 저가이고 복잡한 3차원 형상의 제작이 가능한 마이크로 광 조형 기술(micro-stereolithography technology)⁽¹⁾이 현재 주목받고 있다.

마이크로 광 조형기술은 주로 자외선 레이저를 광원으로 이용하고 광원의 빛을 일련의 렌즈 및 미러를 이용하여 광 경화성 수지위에 직접 주사함으로써 형상을 제작하는 기술이다. 이는 단일 공정으로서 복잡한 공정 및 장비가 필요 없으므로 기존의 마이크로 제작 기술에 비해 노력 및 비용이 상대적으로 적게 소요된다. 또한, 제어시스템을 통해 적층 높이를 조절함으로써 형상을 제작하기 때문에 복잡한 3차원 마이크로 형상의 제작이 가능하다. 하지만, 이는 고가의 레이저를 광원으로 이용하기 때문에 광원의 가격 및 그의 유지, 보수 가격이 상당하다. 또한, 주로 광 전달시스템(light delivery system)은 노출된 레이저 빛을 일련의 광학계를 이용하여 광 경화성

수지위에 주사하므로 광의 손실 및 노출에 따른 위험과 빛의 정렬을 위한 상당한 노력이 필요하다. 이에, 본 연구에서는 고가의 레이저 대신 상대적으로 저렴한 UV램프를 광원으로 이용하고 복잡하고 정렬이 어려운 다수의 렌즈 및 미러 등의 광학계 대신 광섬유를 통한 폐쇄된 광 전달 시스템을 이용한 새로운 마이크로 광 조형 기술을 개발하였고, 이의 성능평가를 수행하였다.

2. 마이크로 광 조형 장치의 개발

본 연구에서 개발된 마이크로 광 조형장치는 Fig.1 (a) 및 (b)와 같다. Fig. 1 (a) 및 (b)에서 알 수 있듯이, 본 연구에서는 레이저와 달리 큰 발산이 일어나는 UV램프의 빛을 매우 작은 초점 지름을 지니는 빛으로 만들어서 광 경화성 수지 표면위에 주사시키게 된다. 이에, Fig.1(c)과 같이 일련의 렌즈군을 이용한 커넥터를 제작함으로써 UV램프에서 발산되는 빛이 작은 초점을 가질 수 있도록 하여 이를 정확하게 광섬유에 입사되도록 하였다. 이를 통해 최종적으로 광섬유 끝단에서 매우 작은 초점 지름을 가지는 자외선 빛을 얻게 된다.

한편, 3차원 마이크로 형상을 제작하기 위해서는 제작하는 단면형상에 따른 광섬유 끝단의 정밀한 움직임이 필요하다. 또한, 자외선 빛을 필요에 따라 단락시켜야 할 필요도 있다. 이에, 본 연구에서는 셔터 및 3축 스테이지의 하드웨어를 구성하였고 이의 유기적인 제어를 위해 Fig.1(d)에서 보는바와 같이PXI기반의 Labview 소프트웨어를 개발하였다. 이는 원

하는 성형물의 성형 데이터들을 절대 좌표 코드화하여 장비에 입력함으로써 3차원의 마이크로 형상을 제작하기 위한 스테이지 및 서터의 동작을 제어한다.

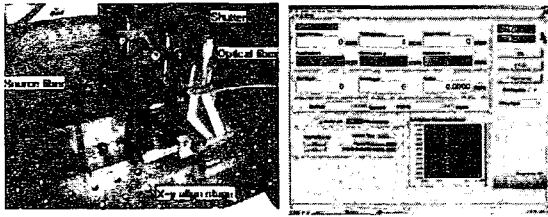
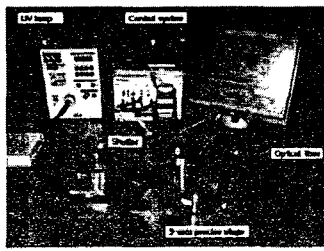
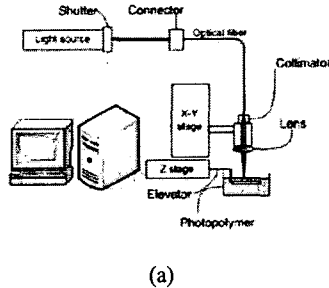


Fig. 1 (a) Schematic drawing of the developed micro-stereolithography apparatus, (b) photograph of developed apparatus, (c) photograph of connector and (d) interface of the developed control software.

3. 마이크로 광 조형 장치의 특성 평가 및 마이크로 성형물의 제작

본 연구를 통해 개발된 마이크로 광 조형 장치의 특성 평가를 위해 광 경화성 수지(SL-5180, Vantico)를 이용한 경화된 폭 및 깊이를 데이터를 확보하는 실험을 수행하였다. 빛의 세기(intensity)는 0.076mW로 고정시키고 빛의 이송속도(scanning speed)에 따른 각 경화 폭 및 깊이를 측정하였다. 또한, 경화 후 세척과정 중에 발생할 수 있는 성형물의 손실을 일정하게 하기 위해 상온에서 세척시간은 6분으로 고정하고 세척액은 IPA를 사용하였다.

Fig.2는 이송속도를 0.1~0.4mm/min으로 변화시켜가면서 성형하여 광 경화성 수지의 경화 폭 및 두께를 측정된 결과이다. Fig.2(a)에서 알 수 있듯이 광의

이송속도가 빨라짐에 따라 경화폭은 100 μ m에서 50 μ m까지 좁아지는 것을 알 수 있고 또한, Fig.2(b)에서의 경화 깊이 역시 작아지는 것을 확인 할 수 있다. Fig.2의 결과는 기존의 UV레이저를 이용한 마이크로 광 조형장치의 성형결과⁽²⁾와 매우 유사한 성능을 보인다고 할 수 있다.

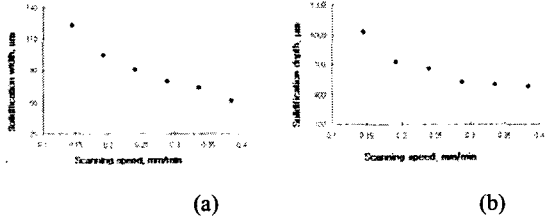


Fig. 2 (a) Solidification width and (b) depth of the solidificated photopolymer according to light scanning speed.

본 연구를 통해 개발되어진 UV램프를 이용한 마이크로 광 조형기술의 효율성을 알아보기 위해, 마이크로 단위의 구조물을 성형하였다. Fig.3은 본 장치를 통해 제작된 선폭 100 μ m, 전체길이 2.5mm의 마이크로 구조물의 현미경 사진이다.



Fig. 3 Photograph of micro text.

4. 결론

본 연구를 통해 기존 마이크로 광 조형기술과 다른 새로운 개념의 마이크로 광 조형 기술이 개발되었다. 이는 기존의 기술과 같은 효율을 보이면서도 저가의 광원을 사용하고 광 전달시스템이 간편하다는 장점을 지니고 있다.

후기

본 연구는 과학재단 목적 기초 연구(KO1-2004-060-10556-0)의 지원으로 수행되었으며 이의 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. K.Ikuta and K.Hirowatari, "Real Three-dimensional micro fabrication using stereolithography and metal model," Proc. of IEEE international Workshop on Micro Electro Mechanical Systems(MEMS'93), pp.42-47,1993.
2. In Hwan Lee, Dong-Woo Cho, "Micro-stereolithography photopolymer solidification patterns for various laser beam exposure conditions": The international Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.22, Number 5-6, pp.410-416,2003.