

UV 램프와 광섬유를 이용한 마이크로 광 조형기술의 개발

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

Development of Micro-stereolithography using UV Lamp and Optical Fiber

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

ABSTRACT

Recently, many three-dimensional micros-structures were fabricated using micro-stereolithography technology. However, for most conventional micro-stereolithography apparatus, an expensive laser was used as light source and complex optical systems were used. In this research, new type of micro-stereolithography apparatus which has UV lamp as light source and optical fiber as beam delivery system was developed. This apparatus is cheaper and simpler than conventional micro-stereolithography apparatus.

Key Words : Micro-stereolithography(마이크로 광 조형), UV Lamp(UV 램프), Optical Fiber(광섬유)

1. 서론

현재의 고도의 기술 발달로 인해 마이크로 단위의 제품이 여러 분야에서 이용되어지고 있다. 이를 제작하기 위해 주로 MEMS기술과 LIGA공정을 사용되어지고 있으나 이는 반도체 기술을 기반으로 하기 때문에 많은 비용과 시간이 소요되며 높은 세장비(aspect ratio)를 가지는 복잡한 3차원 구조물 제작이 어렵다는 한계를 지닌다. 이와 같은 단점을 극복하기 위해서 나온 기술이 마이크로 광조형기술(micro-stereolithography)⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾이다. 현재의 마이크로 광조형기술은 레이저를 렌즈(lens)와 미러(mirror)등의 일련의 광학계를 이용하여 입사되는 빛을 매우 작은 초점 직경을 가지게 만든 후, 이를 광 경화성 수지위에 주사하여 3차원 형상의 마이크로 구조물을 제작하는 것이 대부분이다. 하지만, 이는 가격이 고가인 레이저를 광원으로 사용하고 있고 레이저의 빛을 굴절 및 매우 작은 초점 직경을 갖도록 초점화(focusing)시키기 위해 일련의 광학계를 이용하고 있기 때문에 장비를 구성하는데 있어서 많은 비용과 노력이 필요하다. 이에 본 연구에서는 기존의 마이크로 광 조형기술의 레이저

광원 대신에 상대/적으로 저렴한 UV램프를 광원으로 사용하고 정렬이 어려운 일련의 광학계 대신에 광섬유를 이용하여 새로운 형태의 마이크로 광 조형장치 및 관련기술을 개발하였다.

2. 마이크로 광 조형시스템의 제작

Fig.1 은 본 연구에서 개발된 마이크로 광 조형 장치의 개략도이다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 개발

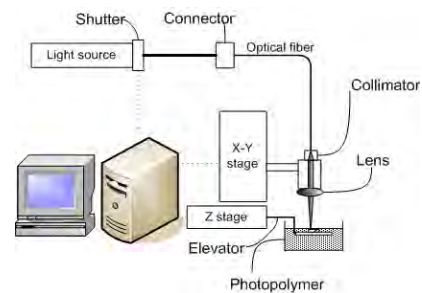


Fig. 1 Schematic drawing of micro-stereolithography apparatus.

된 마이크로 광 조형장치는 광원인 UV램프(INNO CURE100, 한국)에서 나오는 자외선을 커넥터(connector)를 이용하여 광섬유(optical fiber)에 입사시킨다. 그 후, 이 빛을 광섬유 끝단에서 최종적으로 매우 작은 초점지름을 갖게하여 이를 이송 가능한 선형 스테이지(linear stage)에 장착한 후 광경화성(photopolymer)수지에 주사하였다.

2.1 커넥터(connector)

레이저의 경우 일정한 지름의 평행광을 방출하고 빛의 지름도 상대적으로 작지만 UV램프에서 방출되는 자외선은 광의 발산(divergence)과 빛의 지름이 매우 크다. 이 자외선을 전체시스템의 끝단에서 매우 작은 초점 지름을 갖게 하기 위해서는 먼저 발산이 일어나는 자외선을 광섬유에 입사시켜야 한다. 이에 본 연구에서는 UV램프의 빛을 광섬유에 입사시키기 위한 커넥터를 개발하였다.

커넥터는 UV램프에서 나오는 발산이 매우 큰 빛을 광섬유에 입사시키기 위해 일련의 렌즈군을 이용한다. 이 렌즈군은 두개의 볼록렌즈(bi-convex)와 한개의 오목렌즈(bi-concave) 그리고 한개의 대물렌즈(objective lens)로 구성된다. 렌즈군으로 인해 초점지름이 작아진 빛을 광섬유의 코어(core)속으로 정확하게 입사시키기 위해서는 광섬유 코어의 중심이 커넥터의 광축과 정확히 일치함과 동시에 커넥터 대물렌즈의 초점평면에 위치해야 한다. 이를 위해 광섬유의 정확한 정렬(align)이 필요하며, 이에 광섬유를 3축 정렬 스테이지(align stage)에 장착하였다. Fig. 2는 제작된 커넥터 및 3축 정렬 스테이지이다.

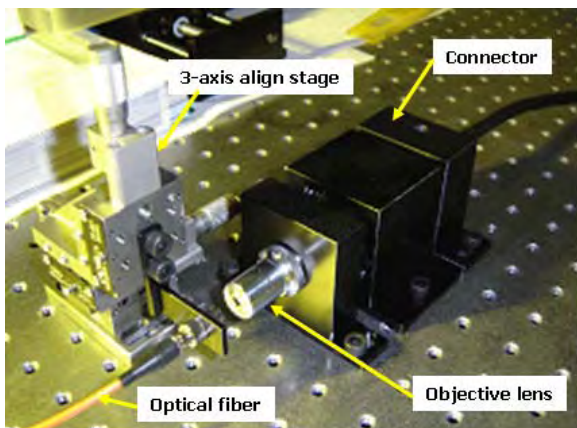


Fig. 2 Photograph of connector and 3-axis align stage.

2.2 광섬유 끝단의 구성

한편, 광섬유에 입사된 빛은 광섬유의 끝단에서 어느 정도의 각도를 가지고 발산을 하게 된다. 따라서 Fig. 3과 같이 시준기(collimator)를 이용하여

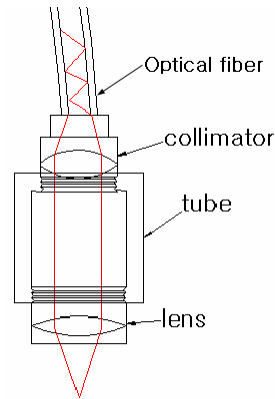


Fig. 3 Schematic drawing of the edge of the optical fiber.

퍼지는 빛을 평행광으로 만든 후, 렌즈를 사용하여 빛을 매우 작은 초점 지름을 갖게 하였다. 최종적으로 이 끝단이 정밀 스테이지에 장착되어짐으로서 광경화성 수지에 빛이 주사되게 된다. Fig.4 는 전체 시스템의 사진이다.

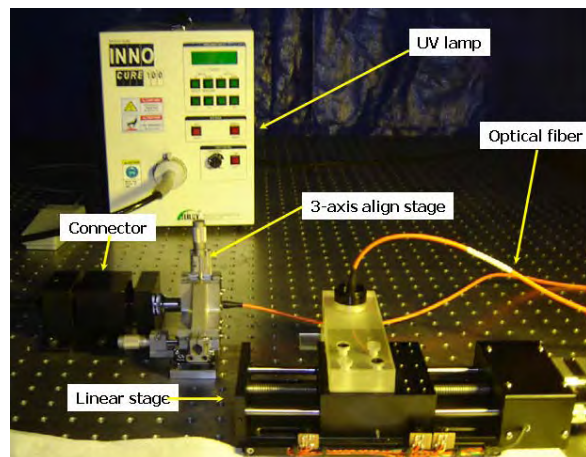


Fig. 4 Developed optical system.

3. 마이크로 광 조형 장치를 이용한 경화 특성 파악

개발된 UV램프와 광섬유를 이용한 마이크로 광 조형장치의 특성을 파악하기 위하여 광섬유 끝단을 선형스테이지에 장착한 후 선형 스테이지의 이송 속도를 변경시켜 가면서 광경화성 수지의 경화특성 실험을 수행 하였다. 실험에 사용된 광 경화성 수지는 HUNTSMAN LCC.사의 SL-5180이다. UV램프의 세기(intensity)를 일정하게 고정 시킨 후, 선형 스테이지의 이송속도를 변경 시켜 가면서 성형되는 직선구간의 경화폭을 광학 현미경을 이용하여 측정하였다. 실험 결과는 Fig. 5와 같으며, Fig. 5에서 알 수 있

듯이 이송속도가 빨라질수록 경화폭은 줄어들게 된다.

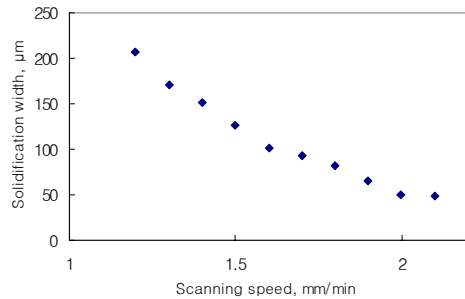


Fig. 5 The relationship between solidification width of photopolymer and scanning speed of the UV light.

3.2 마이크로 아령의 제작

Fig. 6은 개발된 마이크로 광 조형장치를 이용해 제작된 아령모양의 SEM 사진과 현미경 사진이다. 성형된 직선구간의 선폭은 약 40 μm이고 양 끝단의 구형 형상의 지름은 약 100 μm이다.

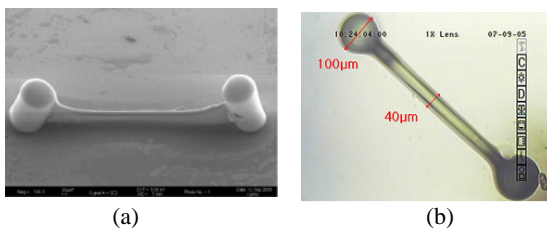


Fig. 5 (a)SEM photograph (b)microscope photograph of dumbbell.

Fig. 6 (a) 에서 양 끝단이 옆으로 기울어진 이유는 광 경화성수지의 가운데에 있는 직선 구간이 경화되면서 수축하여 양 끝단의 구형 형상을 잡아 당겨 일어난 현상으로 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 UV램프 및 광섬유를 이용한 마이크로 광 조형장치를 개발하였으며, 개발된 장치를 이용하여 성형된 형상을 통해 그 성능을 확인 하였다. 향후 좀 더 많은 실험을 통해 경화 데이터를 확보한 후, 3축 스테이지를 이용하여 복잡한 3차원 마이크로 구조물을 제작할 예정이다.

후기

본 연구는 과학재단 목적 기초 연구 (K01-2004-060-10556-0)지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분에 감사드립니다.

참고문헌

1. K. Ikuta, K. Hirowata " Real three dimensional micro fabrication using lithography and metal moding",poc.. of IEEE international Workosop on Micro Electro Mechanical system(MEMS '93) pp.42-47,1993.
2. Vijay K. Varadan, Xiaoning Jiang and Vasundara V.Varadan "Microstereolithography dther fabrication Tdchniques for 3D MEMS pp.81-108
3. K. Ikuta, S. Maruo, S. Kojima "New micro stereolithography for freely movable 3D micro structure-super IH process with submicron resolution" Micro Electro Mechanical Systems, 1998. MEMS 3. Proceedings. The Eleventh Annual International Workshop on 25-29 Jan. 1998 pp.290-295
4. 이인환, 조동우 "극소 광 조형기술을 이용한 3차원 구조물의 제작", 한국정밀공학회추계학회 논문집, 2001.10.26-27 pp.1080-1083,