

펨토초 레이저에 의해 야기되는 이광자 흡수를 이용한 마이크로 렌즈의 제작

Microlens Fabrication by Femtosecond laser-induced Two-Photon Absorption

조미정*, 이신욱, 공홍진
한국과학기술원 물리학과
양동열, 박상후, 임태우
한국과학기술원 기계공학과
김란희, 이광섭
한남대학교 고분자공학과
*mani81@kaist.ac.kr

펨토초 레이저가 개발됨에 따라 비선형 현상인 이광자 흡수를 이용한 미세구조 제작에 관한 연구가 계속되면서, 현재 높은 분해능을 가진 삼차원 미세구조물의 제작이 가능하게 되었다⁽¹⁾.

이와 관련된 하나의 응용으로써 현재 주로 식각 방법에 의해 이루어지고 있는 미세 회절 광학 소자 제작이 있다. 미세 회절 렌즈의 제작은 우선 이론적 계산에 의한 렌즈 설계에서부터 정확한 제작, 그리고 제작된 렌즈의 평가에 관한 연구가 필수적이다.

이광자 흡수를 이용하면 나노이하의 고분해능의 마이크로 크기의 렌즈 제작이 가능하므로, 회절 한계를 벗어난 렌즈 제작을 통한 응용가능성이 매우 크다. 설계된 렌즈의 정확한 제작을 위해 기본적으로 수행되어야 할 미세구조물의 단위체인 복셀(volume pixel)에 관한 연구는 그동안 많이 수행되었으며, 아직도 많은 연구가 이루어지고 있는 부분이다^(2,3).

그림 1과 같은 회절렌즈는 카메라 렌즈, Head mount 그리고 projector등에 응용될 수 있으며, 이광자 흡수를 이용한 이러한 렌즈의 제작은 경제성, 고분해능 등의 장점을 가지고 있으며, 마이크로 회절 광학 소자 제작의 새로운 방법을 제시해 줄 수 있다.

Experiment

실험에서 사용한 레이저는 780nm 파장, 80MHz 반복율, 100fs의 펄스폭을 가진 티타늄 도핑된 사파이어 펨토초 모드잠금 레이저이고, resin에 레이저를 모아주는 역할을 위해, NA가 1.4이고, 배율이 100인 현미경 대물렌즈를 사용한다. 또한 원하는 구조물을 만들기 위해 resin에서 레이저빔의 초점이 맺히는 위치를 변화시켜 줘야 하는데, 이는 컴퓨터와 연결된 분해능 2.4nm의 Galvano scanner와 분해능 10nm의 PZT stage를 통해 이루어진다. 컴퓨터를 통해 원하는 구조물의 형태에 따라 x-y축은 Galvano scanner, z축은 PZT stage로 제어한다. 노출시간은 500 μ s에서 수백ms까지 Galvano shutter로 조절 가능하다. Resin은 urethane acrylate

monomers와 photo-initiators의 혼합물로 photo-initiator는 411nm 파장의 빛을 흡수해서, 452nm 파장의 빛을 방출한다. Radical은 452nm 빛이 쏘여졌을 때 생성되어, resin의 광중합을 일으킨다.



그림 1 회절 렌즈의 형태

참고문헌

- [1] Satoshi Kawata, et al., "Two-photon photopolymerization as a tool for making micro-devices", Applied Surface Science 208-209, 153-158 (2003)
- [2] ShinWook Yi, et al., "Three-Dimensional Micro-Fabrication using Two-Photon Absorption by Femtosecond Laser", Proc. of SPIE, 5432, 137 (2004)
- [3] J.Serbin, A.Egbert, et al., "Femtosecond laser-induced two-photon polymerization of inorganic-organic hybrid materials for applications in photonics", Opt. Lett. 28, 301-303 (2003).