

이광자 흡수의 새로운 3차원 구조제작 방법

New Method of Two-Photon absorbed Three-Dimensional Microfabrication

이신욱*, 조미정*, 공홍진*, 양동열**, 박상후**, 임태우**, 김란희***, 이광섭***

*한국과학기술원 물리학과, **한국과학기술원 기계공학과, ***한남대학교 고분자공학과

vexgriff@kaist.ac.kr

비선형 광학 현상의 하나인 이광자 흡수는 특정 에너지($h\omega$)의 광자를 흡수하여 여기 되는 원자나 분자에 대해, 각각의 광자에너지($h\omega_1, h\omega_2$)의 합($h\omega = h\omega_1 + h\omega_2$)이 여기 에너지와 같은 두 개의 광자가 동시에 흡수될 때 그 원자나 분자가 여기 되는 현상을 말한다. 이러한 현상은 두 개의 광자가 동시에 흡수될 확률이 높은 매우 높은 광자 밀도를 갖는 빛에서 일어나게 된다. 근래에 극초단 레이저의 개발로 인해 매우 높은 광자 밀도를 요구하는 이광자 흡수 현상을 쉽게 재현할 수 있다⁽¹⁾. 이광자 흡수 현상은 3차원 광학 저장 매체, 3차원 현미경 그리고 미세 구조 제작 등에서 다양하게 응용되고 있다. 특히 폴리머의 광중합을 이용한 미세 구조 제작 등에 응용함에 있어서 나노기술로서 커다란 두 가지 장점을 갖는다. 첫 번째는 이광자 현상 자체가 매우 낮은 흡수 단면적을 갖고 있고, 또 이 현상이 일어날 문턱 세기 또한 상대적으로 높기 때문에 조사되는 빛의 방향과 크기를 잘 조절하면 회절한계에 전혀 제한되지 않는 작은 크기를 만들 수 있다. 또 다른 장점은, 이광자 흡수를 일어나게 하는 빛의 파장 그 자체는 동시에 광자가 흡수되지 않는 한 이 현상이 일어나지 않으므로, 초점으로 모아지는 빛의 진행방향에 대해서 원하는 부분을 초점에 일치시켰을 때 오직 광자 밀도가 높은 초점 근방에서만 이광자 흡수 광중합반응을 일으킬 수 있다. 게다가 광중합이 되는 폴리머가 가시영역에 대해서 굴절률이 1.5정도 되기 때문에 마이크로렌즈, 그레이팅, 마이크로 컴퓨터 재생 홀로그램, 3차원 광결정 등 다양한 미세광학소자를 제작할 수 있다. 또한, 위의 두가지 응용사례를 접합함으로써 미세 광학전자기계기술(MOEMS: Micro-Opto Electronic Mechanical System)에 대한 응용의 가능성도 있다⁽²⁾.

위에서 언급한 장점등을 응용하면, 삼차원적인 입체 미세 구조물을 기존의 리소그래피 기술에 비해서 쉽게 제작할 수 있다. 이에 본 연구진은 이 기술을 이용하여 간단한 1차원 구조에서부터 3차원 구조물까지 제작을 해왔고, 제작에서 생기는 문제또한 해결하면서 진행하였다⁽³⁾⁽⁴⁾. 삼차원 구조물을 만들기 위해 매우 복잡한 중간과정을 거쳐야 하는 기존의 리소그래피 기술에 비해서 이 이광자흡수 제작기술의 제작과정은 점기록방식(pinpoint writing)이기 때문에 매우 단순하다. 하지만 점기록방식은 자유롭게 삼차원을 제작할 수 있다는 장점이 있는 반면에 기존의 리소그래피 기술처럼 한번에 모양을 만들어내지 못하여 제작에 상당한 시간이 걸리는 것도 사실이다. 이에 본 실험실은 홀로그래피를 이용하여 한번의 조사로 구조물을 제작하였다⁽⁵⁾.

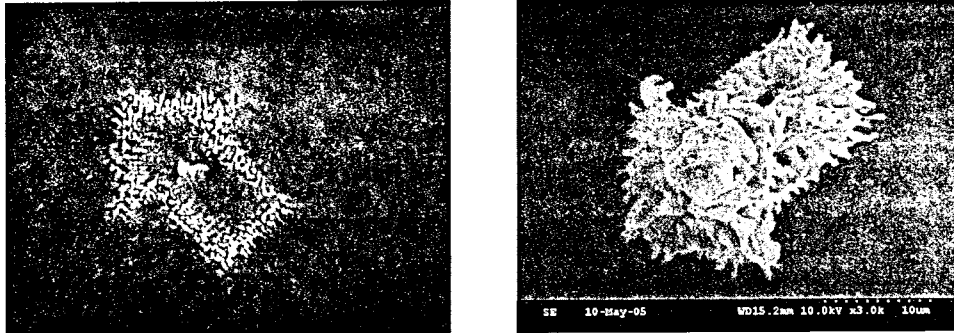


그림 1 현미경 초점 평면 상에서의 홀로그램과 제작된 폴리머 구조물

참고문헌

- [1] Shen, *The Principles of Nonlinear Optics*, John Wiley & Sons, Singapore (1984)
- [2] S. Kawata, H.B. Sun, T. Tanaka, K. Takada, "Finer features for functional microdevices," *Nature*, 412, 697-698, (2001).
- [3] S.H. Park, T.W. Lim, D.Y. Yang, S.W. Yi, H.J. Kong, "Direct Fabrication of Micro-Patterns and Three-dimensional Structures using Nano Replication Printing (nRP) Process," *J. Sens. Mater.*, accepted, (2004).
- [4] S. W. Yi, S. Lee, H. kong, D. Yang, S. Park, T. Lim, R. H. Kim, K-S. Lee, "Three-Dimensional Micro-Fabrication using Two-Photon Absorption by Femtosecond Laser", Proc. SPIE, 5342, 137-145 (2004)

T
B