

펨토초 레이저를 이용한 회절격자 제작 및 응용연구

Femtosecond Laser Writing of Diffraction Grating and Its Applications

손익부, 최성철, 신우진, 노영철, 고도경, 이종민
 광주과학기술원 고등광기술연구소
 ibson@gist.ac.kr

나노 테크놀로지가 진보해감에 따라 나노, 서브미크론 수준의 2차원·3차원 영역에서 물질 조작이나 가공이 필요하게 되었고, 펨토초 레이저 미세가공과 같은 새로운 가공기술의 개발 및 장치화가 나노 테크놀로지 분야의 연구개발을 촉진할 것으로 기대하고 있다. 펨토초 레이저는 재료의 열반응 속도보다 빠른 시간 내에 빔을 조사하기 때문에 얻어지는 비열적(Non-thermal) 성질을 이용하여 정밀 미세가공 및 기존의 레이저 가공법으로서는 시도할 수조차 없었던 투과물질 재료의 내부에 서브미크론 크기의 패턴을 3차원으로 가공하여 광통신 분야, 나노 및 바이오 관련 산업의 광범위한 분야에 활발한 응용이 이루어지고 있다.^(1,2) 본 연구는 펨토초 레이저를 이용하여 투명물질 내부에 직접(directly) 주기적인 회절 격자를 매우 빠른 속도로 제작이 가능한 단일 펄스 패터닝 방법⁽³⁾을 이용하여 고집적 3차원 광소자에 대한 응용 가능성을 보였으며, 이와 같은 방법으로 광섬유 단면에 회절격자를 형성하여 광섬유 끝단에서 출력되는 빔의 정형에 대한 실험을 통해서 펨토초 레이저를 이용한 광섬유 기반의 회절광소자에 대하여 다양한 응용을 할 수 있음을 증명하였다.

펨토초 레이저를 이용한 가공은 투명물질(Transparent material) 내부에서도 가능하며 미소공간에서 굴절을 변화를 유기하거나 발광성 결함을 생성하여 고밀도 광메모리(Optical memory), 광도파로(Optical waveguide) 및 광자결정(Photonic crystal)과 같은 광통신 소자 제작에 폭넓게 응용되고 있다. 높은 첨두 출력(Peak power)을 가지는 펨토초 레이저 펄스를 투명물질의 내부에 집광하게 되면 다광자 흡수(Multi-

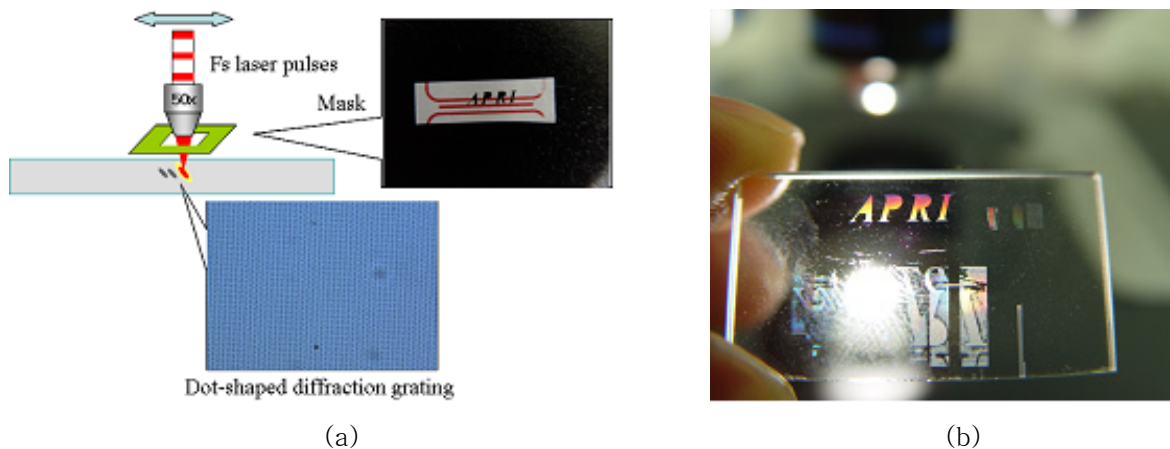


그림 1. (a) 펨토초 레이저를 이용한 단일 펄스 패터닝 방법에 의한 회절격자 제작 개념도, (b) 실리카 내부에 제작된 회절격자에 백색광원을 조사하여 측정된 회절광자 무늬 사진.

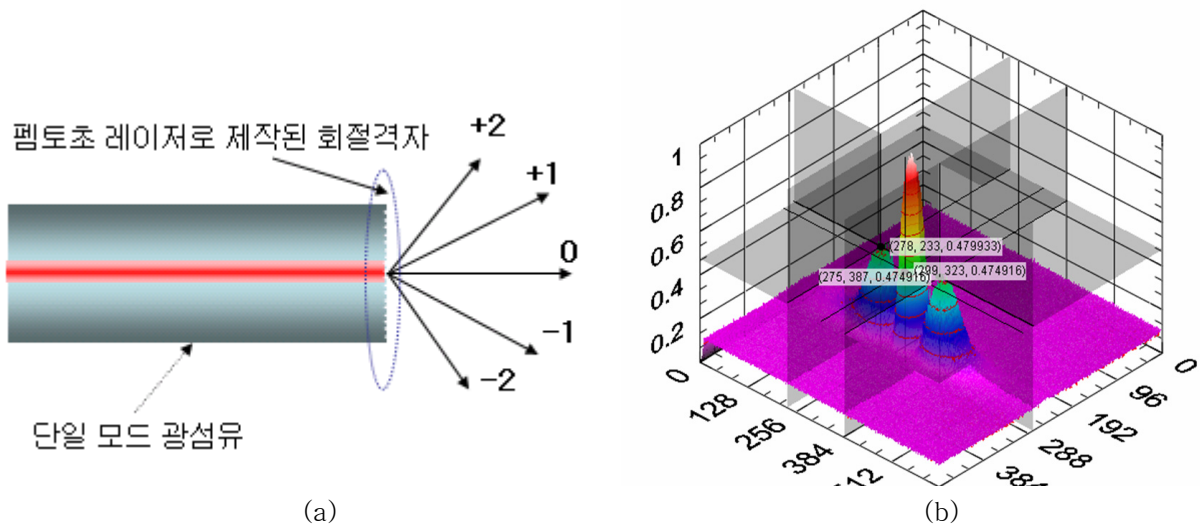


그림 2. (a) 펨토초 레이저에 의해서 단면에 회절격자가 형성된 단일모드 광섬유, (b) 백색광원을 입사하여 출력된 광원의 크기 분포도.

photon absorption) 및 이온화 등의 비선형 현상에 의해서 굴절률 변화를 유기하게 된다. 또한, 자기집속(Self-focusing) 현상에 의해서 가공 선폭은 더욱 작아지게 된다. 이와 같이 펨토초 레이저를 이용하여 광도파로 및 광통신 소자를 제작할 수 있다. 본 실험에서는 파장이 800 nm, 펄스폭이 130 fs, 펄스 반복률이 1kHz인 펨토초 레이저와 단일 펄스 패턴링 방법을 이용하여 실리카 내부에 주기적인 점 형태의 회절격자(Diffraction grating)를 제작 및 회절격자로 응용할 수 있음을 보였다. 또한, 그림 2(a)에서 보는 것처럼 펨토초 레이저를 이용한 회절격자를 광섬유 단면에 제작하여 광섬유 끝단에서 출력되는 빔의 정형에 대한 실험을 하였다. 광스위치나 광메모리등의 응용 소자에서 광신호처리에 대한 필요성의 증가에 따라 다양한 형태의 빔 정형 기술이 연구되고 있다. 단면에 회절격자가 제작된 광섬유에 백색광원을 입사하여 측정할 출력 특성은 그림 2(b)에서 볼 수 있다. 이와 같이 펨토초 레이저를 이용한 회절격자 제작에 있어서 격자 구조의 최적화를 통한 회절의 효율 및 파장에 대한 특성 향상이 이루어진다면 고집적 3차원 광통신 소자뿐만 아니라 광섬유 기반의 회절광소자에 대한 다양한 응용이 이루어 질 수 있다.

참고문헌

1. C. Florea, "Fabrication and characterization of photonic devices directly written in glass using femtosecond laser pulses," J. Lightwave Technol., vol. 21, pp. 246-253, 2003.
2. Ik-Bu Sohn, Man-Seop Lee, Jung-Sik Woo, Sang-Man Lee, Jeong-Yong Chung, "Fabrication of photonic devices directly written within glass using a femtosecond laser", Optics Express, 13(11), 4224-4229, 2005.
3. Ik-Bu Sohn, Taek-Jung Kim, Man-Seop Lee, Jeong-Yong Chung "Periodic photonic bandgap structures using a ultrahigh speed femtosecond laser processing", OECC, pp. 290-291, 2005.