

첨단과학기술연구본부

김 광 훈
책임연구원



V4 - 79

초정밀 가공을 위한 펨토초 레이저 시스템

Femtosecond Laser System for Ultra-precision micromachining

기술 내용

- 펨토초 레이저는 10⁻¹⁵초의 아주 짧은 펄스 폭을 갖는 레이저를 말한다.
- 이 펨토초 레이저 펄스가 가지는 시간의 극한성은 10⁻¹⁵초 시간 동안에 발생하는 자연현상을 이해할 수 있는 기반을 제공하여 주며 또한 작은 에너지로도 큰 침투출력이 가능하게 해준다.
- 따라서 펨토초 레이저 기술은 나노기술, 생명기술, 정보기술, 환경기술, 우주 기술 및 테라헤르츠파 기술, 에너지 기술 등 광범위한 분야에 적용 가능한 미래 산업에 대비한 과학의 기본 기술로 인식되고 있다.

기술의 특징 및 우수한 점

- 펨토초 레이저의 짧은 펄스폭과 높은 침투 출력 특성을 레이저 가공에 이용하면, 가공재료의 열화산 시간보다 조사되는 레이저 펄스의 시간이 짧아 물질의 열적 변성이 없는 비열 가공이 가능해진다.
- 또한 펨토초 레이저는 기존의 연속파 또는 나노초 레이저보다 상대적으로 적은 에너지로도 큰 침투 출력을 내기 때문에 가공 시료에 가해지는 충격이 적어 고품질의 초정밀 미세 가공을 가능하게 한다.
- 다광자 흡수라고 불리는 비선형 광학 효과로 레이저 빔의 회절한계보다 미세한 형상의 3차원 가공이 가능하며, 금속, 실리콘, 석영, 유리, 폴리머 등과 같은 거의 모든 재료를 가공 할 수 있다는 장점이 있다.
- 따라서 펨토초 레이저 가공기술은 차세대 레이저 가공 기술로 각광받고 있으며, 최상의 정밀가공을 필요로 하는 반도체, 태양전지, 디스플레이, 나노기술 및 광통신, MEMS 구조체 등에 다양하게 응용될 수 있는 환경 친화적인 기술이다.

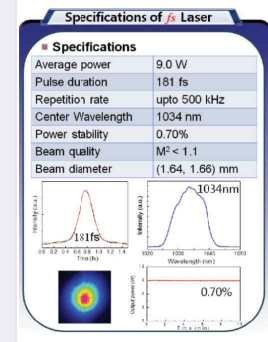
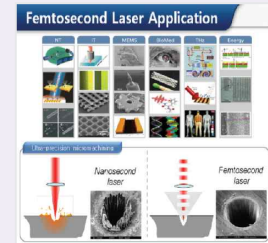
연구성과 소개

- 산업용으로 적합한 초소형 고출력 레이저를 개발하기 위해 다이오드 레이저 펌핑이 가능한 이득매질 Yb:KYW을 활용하여 펨토초 레이저 시스템을 개발하였다.
- 낮은 에너지의 펨토초 중장 펄스를 발생시키기 위한 펨토초 마스터 오실레이터를 개발하였고, 출력된 펄스는 파장 1035 nm, 펄스폭 111 fs, 반복율 80 MHz에서 평균 출력 1.4 W를 보였다.
- 또한 하나의 투과형 회절격자를 사용하여 크기가 작으면서도 확장/압축 효율이 75%에 달하는 펄스 확장/압축기를 제작하였다
- 펄스 확장기를 통해 긴 펄스로 확장된 펄스는 두 개의 이득 매질을 이용한 재생증폭기를 통해 10 W까지 증폭되었으며, 압축기를 통과한 후 1034 nm에서 펄스폭 181 fs를 보였고 이 때 반복율은 50 kHz에서 500 kHz까지 변경 가능하다
- 이렇게 개발된 펨토초 레이저 시스템은 장시간 동작시에도 1% 미만의 출력 안정도를 보였으며, 빔 품질 또한 M2 값 1.1이하의 좋은 특성을 보였다
- 본 연구팀에서 개발한 펨토초 레이저는 산업용 펨토초 레이저에서 중요한 요소인 출력값, 반복율, 펄스폭 모든 조건에서 글로벌 기업들과 대등한 기술 수준을 보여주고 있다

지재권구분	출원의 명칭	출원일	출원번호
특허	비등방성 매질의 효율적인 광펌핑을 위한 펨토초 레이저 장치	2012.04.13	10-2012-0038224
특허	레이저 다이오드 광펌핑 모듈을 이용한 펨토초 레이저 장치	2011.08.22	10-2011-0083563
특허	Femto second laser apparatus using laser diode optical pumping module	2012.07.30 2012.07.31 2012.07.31	13/562,045 102012106948,4 201210269309,1
특허	Laser apparatus using anisotropic crystals	2012.07.25	13/563,434 2012-165268

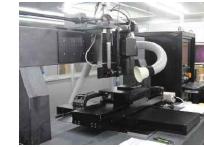


레이저 가공장비

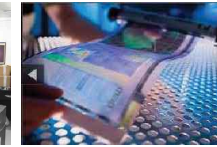


응용 제품

- 펨토초레이저 기술은 레이저 가공장비에 사용되어, △디스플레이 △인쇄전자회로기판 △바이오 · 의료 △반도체 △태양전지 등에 적용 가능함



레이저 가공장비



디스플레이



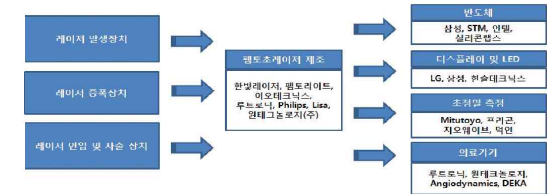
반도체

시장 이슈

- 펨토초레이저 기술을 사용하면 열손상 및 균열 등이 거의 발생하지 않아 초정밀 가공을 필요로 하는 반도체, 의료기기 등의 분야에서 수요가 급격히 증가할 전망
- 펨토초레이저 기반 광통신 기술은 국내 인공위성의 달탐사에도 적용 예정이며, NASA는 지상-달 궤도 위성간 광통신을 적용하였음
- 세계 안과용 레이저 치료기기 시장규모는 연평균 성장률 11%로 2014년 1조원에 근접하였으며, 펨토초레이저의 개발로 시장규모가 더욱 확대될 전망

Supply Chain

- 펨토초레이저 장치의 전후방산업은 스레이저 발생장치 스레이저 증폭장치 스레이저 인입 및 사출 장치 △반도체 △디스플레이 및 LED △초정밀 측정 △의료기기를 포함함



수요 전망

- 세계 레이저 가공장비 시장 규모는 2013년에는 112.4억 달러 규모에서 연평균 6.18%로 성장하여 2025년에는 227.4억 달러 규모로 성장할 전망이다



자료 : Marketsandmarkets, Laser Processing Market by Application, Laser type, Machine Configuration, Vertical, Geography - Global Forecast to 2020, 2014 [세계 레이저 가공장비 시장규모]