

1 kHz로 동작하는 10 펨토초 미만의 고출력 펄스의 발생

Generation of high-power sub-10-fs optical pulses at 1-kHz repetition rate

성재희*, 홍경한, 남창희
 한국과학기술원 물리학과/결맞는 X선 연구단
 sungjh@kaist.ac.kr*

초펄스증폭(CPA) 개념을 이용한 티타늄 사파이어 레이저는 고출력 펨토초 펄스 생성에서 표준적인 시스템이며, 현재 수 kHz의 반복률에서 TW 급의 출력을 가지는 시스템들이 개발되어 사용 중이다.⁽¹⁾ 그러나 증폭시에 나타나는 티타늄 사파이어 레이저 매질에서의 이득 좁아짐 효과 때문에 얻어지는 최소 펄스폭은 20 펨토초 수준으로 제한된다. 이러한 스펙트럼폭의 한계를 극복하기 위하여 hollow-fiber에서의 자체위상변조(SPM) 현상을 이용하여 500 nm 이상의 파장 영역에 걸친 continuum을 발생시키는 기술이 제안되었다. 이 때 생성되는 continuum의 에너지는 입사된 에너지의 절반 이상으로 상당히 크며, SPM에 의한 위상 왜곡은 일정한 음의 균지연 분산을 가지는 chirped mirror를 이용하여 손실없이 보상할 수 있어 TW 급의 10 fs 이하의 레이저 펄스를 생성을 가능하게 하였다.^(2,3)

본 연구에서는 CPA 방법으로 구성된 20 fs, 1 kHz의 고출력 펨토초 레이저 시스템⁽⁴⁾을 hollow-fiber에 집속하여 continuum을 발생시키는 방법으로 약 10 fs의 고출력 레이저 시스템을 제작하였다. 1 kHz 펨토초 고출력 레이저의 실험 장치는 그림 1과 같다.

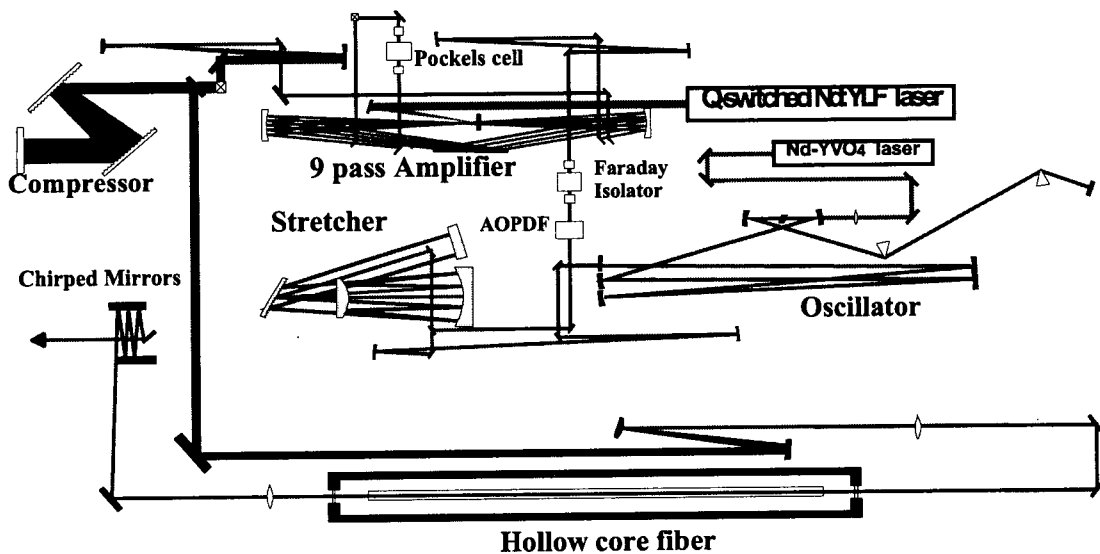


그림 1. 1 kHz 펨토초 고출력 티타늄 사파이어 레이저의 구성

본 실험에서는 25 fs, 1mJ의 고출력 레이저 펄스를 1 m의 초점거리를 가지는 렌즈를 사용하여 hollow-fiber에 집속시켰으며, 충분한 SPM을 일으키기 위해 520 μm 의 직경을 가지는 hollow-fiber의 길이를 60 cm 정도로 길게 하였다. hollow-fiber가 들어가는 튜브는 1 기압의 아르곤 기체로 채웠으며, 입력 펄스 에너지의 60 % 정도가 투과하였다. 투과한 펄스에서 생성된 continuum의 스펙트럼은 그림 2에 나와있는 것처럼 550-1000 nm의 넓은 영역에서 존재하며 이 스펙트럼으로부터 얻을 수 있는 최소 펄스 폭은 4 fs였다. 펄스 압축을 위해 한 쌍의 chirped mirror를 사용하였으며 FROG 방법으로 펄스폭을 측정하였다. 펄스폭은 chirped mirror에서 6번 반사시켰을 때 최소가 되었으며 이 때 측정된 펄스의 폭은 12 fs 였다.

현재 hollow-fiber을 투과하는 펄스의 투과율을 높이고 출력 빔의 단면을 향상시키기 위하여 기체의 종류와 압력, hollow-fiber의 직경 및 길이를 적절하게 선택하고, 투과한 펄스의 폭을 변환한계 펄스 폭까지 압축시키기 위해 펄스의 분산을 적절하게 보상하는 방법에 대한 연구를 수행 중이다.

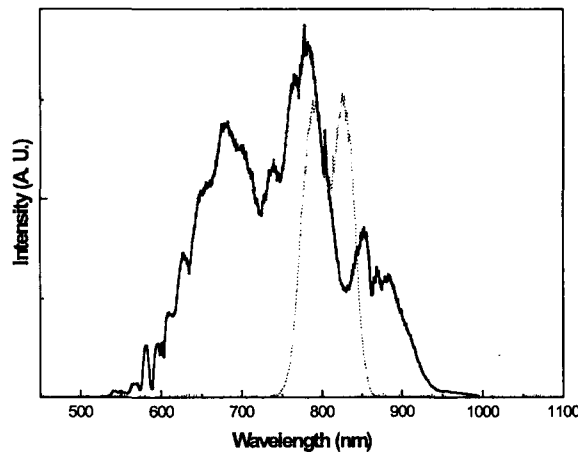


그림 2. hollow-fiber의 입력 펄스의 스펙트럼(점선)과 투과한 펄스의 스펙트럼(실선)

참고문헌

1. Sterling Backus, Charles G. Durfee III, Gerard Mourou, Henry C. Kapteyn, and Margaret M. Murnane, "0.2-TW laser system at 1 kHz," Opt. Lett, **22**, 1256-1258 (1997)
2. S. Sartania, Z. Cheng, M. Lenzner, G. Tempea, Ch. Spielmann, F. Krausz, and K. Ferencz, "Generation of 0.1-TW 5-fs optical pulses at a 1-kHz repetition rate," Opt. Lett. **22**, 1562-1564 (1997)
3. M. Nisoli, S. Stagira, S. De. Sivistri, O. Svelto, S. Sartania, Z. Cheng, Gabriel Tempea, Christian Spielmann, and Ferenc Krausz, Memeber, IEEE, "Toward a Terawatt-scale Sub-10-fs Laser Technology", IEEE J. Selected Topics In Quantum Electron. **4**, 414-420 (1998)
4. 성재희, 홍경한, 남창희, "Application of an acousto-optic pulse shaper to a kHz high-power femtosecond Ti:sapphire laser", 한국물리학회, 2002. 4

TE