

긴 공진기형 펨토초 티타늄 사파이어 레이저

Long cavity femtosecond Ti:sapphire laser

성재희*, 차용호, 홍경한, 남창희
 한국과학기술원 물리학과 창의연구센터
 sungjh@kaist.ac.kr*

현재 많이 사용되고 있는 펨토초 레이저는 일반적으로 수 nJ의 펄스 에너지를 가지고 반복률 100 MHz의 수백 kW의 첨두 출력을 가지고 있다. 이러한 레이저에서는 짧은 레이저 펄스폭에 높은 첨두 세기를 가지고 있음에도 불구하고 높은 반복률을 가지기 때문에 평균 출력이 높다는 단점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 공진기 덤핑을^(1, 2) 사용할 수 있지만 이 또한 복잡한 기술을 요하기 때문에 별 도움이 되지 못한다. 그래서 레이저 공진기로부터 직접 낮은 반복률과 높은 첨두 출력의 빔을 얻기 위해 공진기의 길이를 길게하는 방법을 사용하게 되었다⁽³⁾.

긴 공진기형 레이저 발진기의 실험 장치는 그림 1과 같다.

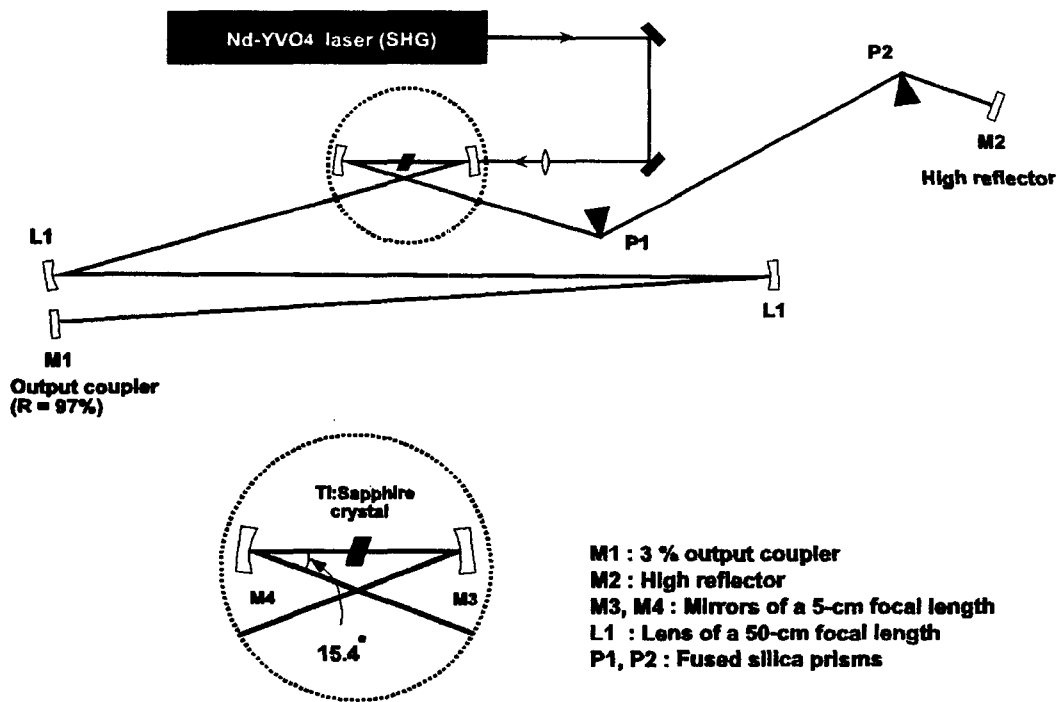


그림 1 긴 공진기형 티타늄 사파이어 레이저 발진기의 구성

그림에서 보듯이 전형적인 X자형 Kerr-lens 모드록킹된 티타늄 사파이어 레이저 발진기 형태이며⁽⁴⁾ 흡수 계수가 6.8 cm^{-1} 인 3 mm 길이의 티타늄 사파이어 결정을 사용하였고 Nd:YVO₄의 2차 조화파로

평평하였다. 공진기의 길이를 길게하기 위하여 상전송(image relay) 방법⁽⁵⁾을 사용하였는데 상전송 조건은 다음에 의해 주어진다.

$$md_1 + \frac{d_2}{m} = f_1 + f_2$$

f_1, f_2 는 렌즈의 초점거리이고, m 은 전송된 상의 배율(f_2/f_1)이며, d_1, d_2 는 각 렌즈로부터 상까지의 거리이다. 위 레이저에서는 $f = 50$ cm 인 거울 2개를 사용하여 $m = 1$ 로 하였다.

Output Coupler의 투과율을 3%로 사용하는 경우, pumping laser의 power가 2.1W일 때, CW power의 크기는 약 160 mW, 모드록킹시 레이저 펄스의 평균 power도 약 160 mW를 나타내었다. 이 때, 레이저 펄스 스펙트럼의 중심 파장은 800 nm, 스펙트럼 폭은 약 110 nm를 나타내었다. 그리고 펄스간의 간격은 약 25 ns로 반복률은 40 MHz이고, 펄스당 에너지는 4 nJ이 된다. 이 값은 반복률이 100 MHz이고, 같은 pumping laser의 power에서 모드록킹시 레이저 펄스의 평균 power가 200 mW일 때의 펄스당 에너지인 2 nJ의 2배에 해당하는 값이다.

더 높은 평균 출력을 얻기 위해 Output Coupler의 투과율을 높여서 침투 출력도 높이는 실험을 수행 중이며, 이와 같은 향상된 에너지를 갖는 긴 공진기형 티타늄 사파이어 레이저를 침투 공진기로 사용하여 ASE와 선행 펄스의 효과를 줄인 펨토초 테라와트 고풍력 레이저를 개발하고자 한다.

참고문헌

1. M. S. Pshenichnikov, W. P. de Boeij, and D. A. Wiersma, "Generation of 13-fs, 5-MW pulses from a cavity-dumped Ti:sapphire laser," *Opt. Lett.* **19**, 572-574 (1994)
2. M. Ramaswamy, M. Ulman, J. Paye, and J. G. Fujimoto, "Cavity-dumped femtosecond Kerr-lens mode-locked Ti:Al₂O₃ laser," *Opt. Lett.* **18**, 1822-1824 (1993)
3. S. H. Cho, B. E. Bouma, * E. P. Ippen, and I. G. Fujimoto, "Low-repetition-rate high-peak-power Kerr-lens mode-locked Ti:Al₂O₃ laser with a multiple-pass cavity," *Opt. Lett.* **24**, 417-419 (1999)
4. L. Xu, G. Tempea, . Poppe, M. Lenzner, Ch. Spielmann, F. Krausz, Stingl, K. Ferencz, "High-power sub-10-fs Ti:sapphire oscillators," *Appl. Phys. B* **65**, 151-159 (1997)
5. J. T. Hunt, J. A. Glaze, W. W. Simmons, and P. A. Renard, *Appl. Opt.* **17**, 2053 (1978)