

# 파종 증폭된 고리형 Ti:Sapphire 레이저의 발진 특성 연구

## Study on the injection seeded Ti:Sapphire Laser with Ring Type Resonator

최창기, 박종훈, 권진혁, K. Wendt\*, 이종훈  
 영남대학교 광전자 물리학과  
 redwolf97@yumail.ac.kr

\*Institute of Physics, Staudinger Weg 7, Mainz University, Germany

단일 종모드 펄스형 Ti:Sapphire 레이저는 좁은 선폭, 고품질의 빔, 정밀한 파장 주사를 필요로 하는 응용에 많이 사용되고 있다.<sup>(1)</sup> 이득 스위칭(gain-switching)된 Ti:Sapphire 공진기의 경우 단일 종모드를 유지하기 위하여 에탈론이나 회절 격자등을 공진기에 두고 발진 문턱 근처에서 사용하기도 한다.<sup>(2)</sup> 그 결과 레이저 펄스의 생성 시간(buildup time)과 시간적 요동(temporal jitter)이 여기 레이저의 에너지 변화에 큰 영향을 받는다. 하지만 출력 펄스의 시간 요동이 크면 사광파 혼합(four wave mixing)이나 다광자 이온화(multi-photon ionization)등의 많은 응용분야에 사용하기가 적합하지 않다.<sup>(3)</sup> 파종 증폭(injection seeding)은 더 안정된 단일 종모드 발진을 얻기에 적합한 방법이다. 별도의 단일 종모드로 발진하는 파종 레이저가 주 공진기의 특정 종모드와 일치하게 하고 그 모드만 우선적으로 증폭시켜 방출하도록 유발시킨다는 점에서 파종 증폭은 기존의 에탈론으로 이득을 조절하거나 프리즘이나 회절격자에 의한 분산을 이용하는 기술과는 다르다. 또한 이득조절이나 분산 소자를 사용하지 않으므로 공진기 내부에서의 손실은 줄어들게 되고 공진기는 더 높은 이득을 가지게 할 수 있다. 본 연구에서는 수십 ns 정도의 펄스폭을 가진 녹색광 레이저로 여기하고 다이오드 레이저로 파종 증폭을 한 Ti:Sapphire 레이저의 특성을 조사하였다.

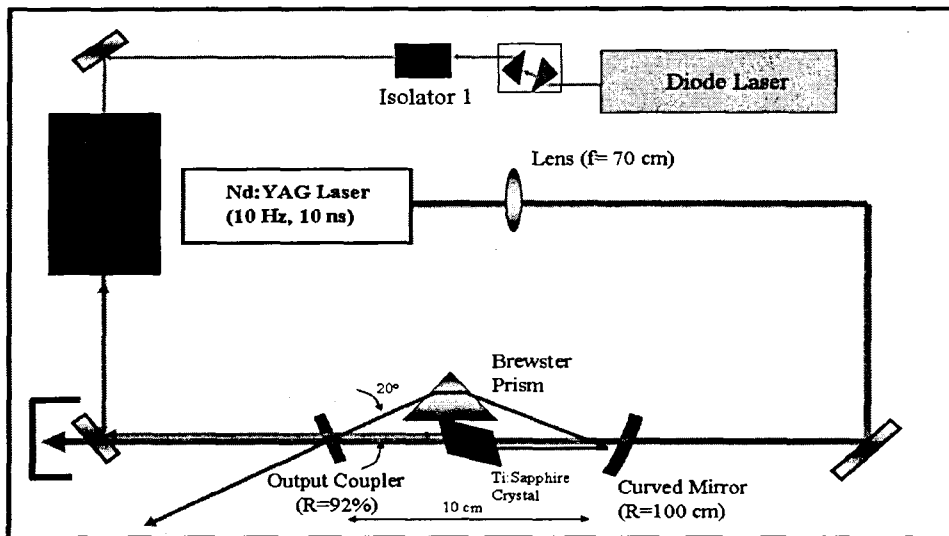


그림 1 파종 증폭되는 고리형 Ti:Sapphire 레이저 장치

본 연구에서 제작한 Ti:Sapphire 레이저 공진기를 그림 1에 나타내었다. 곡면경과 반사율이 90%인 출력경, 그리고 브루스터(Brewster) 프리즘으로 링 구조의 공진기를 구성하였으며, 오목거울과 평면거울 사이에 Ti:Sapphire 결정을 두었다. 두 거울 사이의 거리는 10cm이고 총 공진기의 거리는 21cm이다. Ti:Sapphire의 여기 광원으로는 파장이 532nm인 Nd:YAG 레이저를 사용하였다. 파종레이저는 780nm 영역에서 발진하는 single-mode 다이오드 레이저를 사용하였으며 연구실에서 자체 제작하였다. 이 다이오드 레이저의 공간 모양은 가로로 길게 나오므로 anamorphic 프리즘 쌍을 지나게 하여 원형으로 만들었다. 이 레이저는 다시 광다이오드(optical isolator)를 두 번 지나게 하여 Ti:Sapphire 레이저의 출력이 다이오드 레이저의 발진에 영향을 미치지 않게 하였다.

파종 레이저가 없이 Ti:Sapphire 레이저를 발진시켜 특성을 조사하였다. 반사율이 80%인 출력경을 사용하면 Ti:Sapphire 결정에서의 여기 레이저 출력이  $500 \text{ MW/cm}^2$ 에 도달하여도 Ti:Sapphire 레이저가 발진되지 않았다. 반사율을 90%로 올리자, 양방향으로 발진하는 것이 관측되었다. 발진은 여기 레이저의 최대 출력이  $50 \text{ MW/cm}^2$  일 때부터 시작하였다. 공진기 내부에 프리즘을 두지 않으면 발진 선폭은 25.4 nm이었다. 하지만 브루스터 프리즘이 공진기 내부에 있으면 선폭은 그림 2와 같이 0.52 nm으로 대폭 축소되었다.

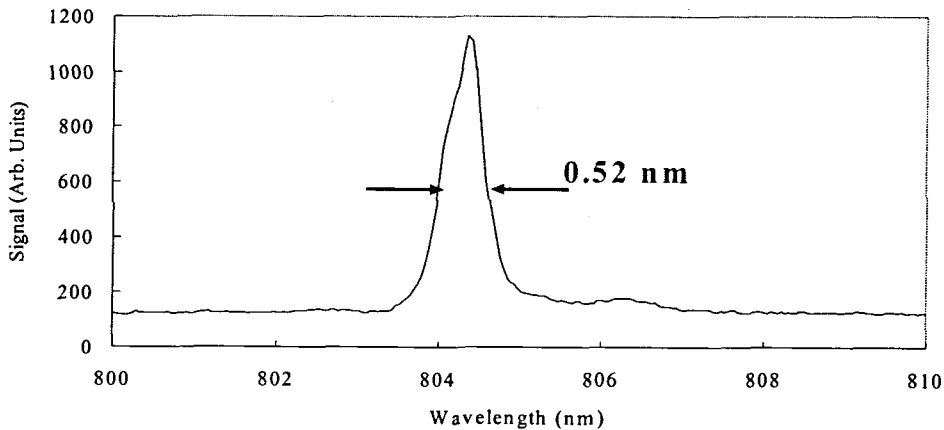


그림 2 고리형 공진기에서 발진된 Ti:Sapphire 레이저 펄스의 스펙트럼과 선폭

다이오드 레이저는 회절격자로 되먹여 단일모드로 발진하게 하였다. 고리형 레이저에 다이오드 레이저를 파종시키면서 출력 레이저의 펄스폭, 선폭, 에너지 변환 효율 등의 출력 특성을 측정하였다.

#### 감사의 글

이 논문은 2002년도 한국과학재단의 한독국제협력연구지원에 의하여 연구되었음(2002-5-111-04-2).

#### 참고문헌

1. A. Kasapi, G.Y.Yin and M. Jain "Pulsed Ti:sapphire laser seeded off the gain peak" Applied optics, Vol. 35, No. 12 (1996).
2. J. M. Eggleston, L. G. Deshazer, and K. W. Kangas, "Characteristics and Kinetics of Laser-Pumped Ti:Sapphire Oscillators" IEEE J. Quantum Electron. 24, 1009 (1988).
3. Charles E. Hamilton "Single-frequency, injection-seeded Ti:sapphire ring laser with high temporal precision" Optics letters, Vol. 17, No. 10 (1992).

T  
P