

반복률 15 kHz, 5 W Ti:sapphire 레이저 발진기
 및 BBO를 이용한 제 2 조화파 발생
 5 W Ti:sapphire Laser Oscillator
 at a Repetition Rate of 15 kHz and
 Second Harmonic Generation by using a BBO Crystal

임 권, 한재민, 고광훈, 김택수, 차용호, 노시표, 박현민, 정도영
 한국원자력연구원, 양자광학연구부
 gwonlim@kaeri.re.kr

Yb 안정동위원소 분리실험에서 광펌핑용 레이저로서 사용되는 411 nm 펄스 레이저를 발생시키기 위하여 기본파인 펄스형 Ti:sapphire 레이저 발진기를 구성하였다. 레이저 펄스를 고반복률로 동작시킴으로써 레이저의 평균출력을 높여 레이저에 의한 특정 동위원소의 광펌핑 효과를 극대화하게 된다. 따라서 Ti:sapphire 레이저를 펌핑하는 레이저로서 532 nm 고반복률 레이저를 사용한다. 본 실험에서는 Quantronix 회사의 플래시 램프 펌프 Nd:YAG 레이저의 532 nm를 15 kHz 반복률로 사용하였다.

IR 파장영역에서 광대역의 파장가변매질로서 Ti:sapphire 이득매질은 극초단 펄스 발생에서 뿐만 아니라 다양한 분야에서 레이저 광원으로서 그 활용도가 대단히 높다. 그러나, 고반복률의 펄스형 레이저로서 펌핑하게 될 경우, 반복률 15 kHz에서 펄스당 출력은 수 mJ 정도로서 낮게 때문에 레이저 발진 문턱 에너지가 높은 Ti:sapphire 매질로서는 레이저 공진시에 손실율을 낮추는 것이 필요하다.[1] 따라서 공진기를 다음의 그림 1과 같이 구성하였다. Brewster 입사각으로 가공된 Ti:Sapphire 이득매질을 중심으로 두 개의 곡면반사거울(초점거리 $f=125$ mm와 $f=100$ mm)을 사용하여 Z-형태의 선형 공진기로 구성하였고, 공진기의 후면경과 출력경으로는 평면거울로서 반사율이 각각 $R>99\%$ 와 $R=90\%$ 인 것이 사용되었다. Yb의 동위원소중 특정원소를 분리하기 위하여는 파장가변 및 좁은 선폭의 레이저로 발진시켜야한다. 따라서 이를 위한 광학부품으로서 BRF (birefringent filter), 자유스펙트럼 영역(FSR) 200 GHz인 에탈론과 FSR 10 GHz인 에탈론을 사용하였다. BRF만을 사용하여 발진시킬 경우, 레이저의 선폭은 약 0.2 nm 정도로 발진하였고, 더욱 선폭을 축소시키기 위하여 에탈론을 사용하면 레이저의 선폭을 다음의 그림 2와 같이 약 0.7 GHz로 발진시킬 수 있었다. 펌프 펄스폭 약 100 ns으로 펌핑하였을 때, Ti:sapphire 레이저는 펄스폭 약 50 ns으로 발진하였고 발진되는 펄스발생시간은 펌프 펄스로부터 약 200 ns후에 발진하였다. 펌프 레이저의 출력이 약 40 W로 펌핑되었을 때, Ti:sapphire 레이저의 출력은 약 5 W로서 변환효율이 약 13%이었다. 이렇게 발생된 Ti:sapphire 레이저는 비선형 결정 BBO를 이용하여 파장변환하였고, 기본파 출력이 5 W일 경우, 411 nm 제 2 조화파의 출력은 약 1 W로서 파장변환효율이 약 20%이었다. 제 2 조화파의 빔 질은 그림 4와 같이 타원형 모양으로 발생되었고 이를 실린더 렌즈와 구형렌즈 세트를 이용하여 레이저 빔 모양을 성형하였다.

이와 같은 적외선 영역의 수십 kHz의 고반복률 펄스형 Ti:sapphire 레이저는 고반복률로 동작 가능한 IR 색소 레이저를 대신하여 사용될 것으로 기대하며 색소의 수명에 따른 색소용액의 교환과 같은 주기적 점검을 요구하는 IR 색소 레이저에 비하여 고체 레이저로서의 편의성을 도모할 것으로 본다.

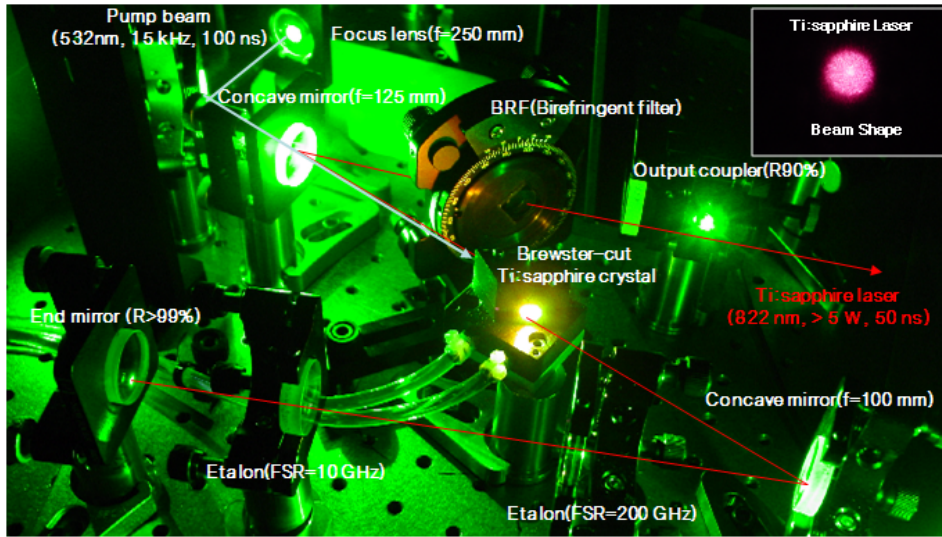


그림 1. Ti:sapphire 레이저 발진기 및 출력된 빔 모양.

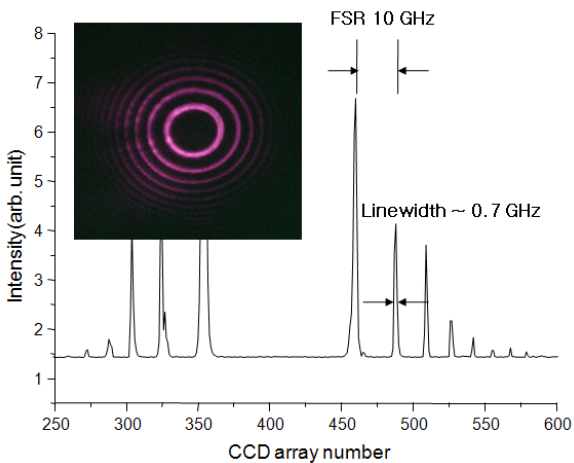


그림 2. 선폭측정을 위한 에탈론 간섭무늬.

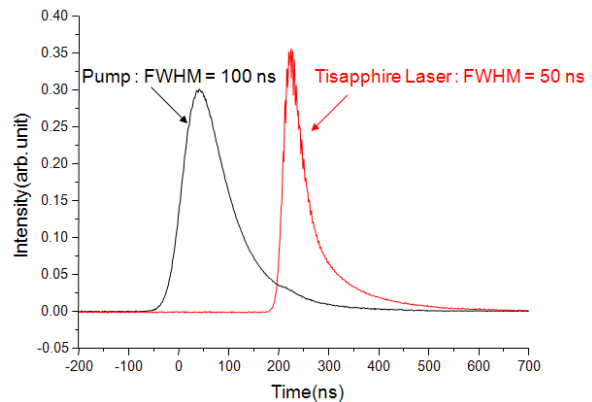


그림 3. 펌프 및 Ti:sapphire 레이저 펄스폭.

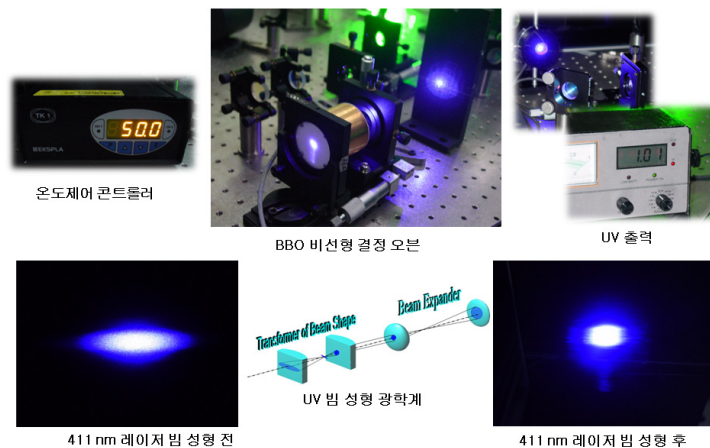


그림 4. BBO를 이용한 Ti:sapphire 레이저의 제 2 조화파 발생.

[참고 문헌]

1. J. Yi, C. Geppert, R. Horn and K. Wendt, Jpn. J. Appl. Phys. **42**., pp.5066(2003).