

532 nm DPSSL로 펌프된 고반복률 Ti:sapphire 레이저

A High-Repetition-Rate Ti:sapphire Laser Pumped with a 532 nm DPSSL

임 권, 한재민, 고광훈, 김택수, 차용호, 노시표, 박현민, 정도영

양자광학기술개발센터 한국원자력연구원

gwonlim@kaeri.re.kr

수십 ns의 펄스형 파장가변 레이저로서 색소 레이저는 광대역의 레이저 파장을 갖고 있기 때문에 레이저 분광학에서 널리 활용되고 있다. 그러나 이러한 색소 레이저는 유기물질의 색소분자가 지니는 분자 에너지를 이용하여 레이저를 발생시키기 때문에 일정시간을 활용하면 수명을 다하는 단점이 있다. 따라서 레이저 수명이 다되면 새로운 색소로 교체하여야 하는 불편함이 있다. 경제적인 면에서도 색소 용액을 만드는 알코올과 레이저 색소 분말 및 색소순환여과장치의 점검 등에 물질적 소용되는 비용이 많다. 장시간 동작 시에는 더욱 많은 경비를 초래하게 된다. 따라서 파장가변성이 우수하면서 색소 레이저와는 달리 반영구적으로 이득매질을 사용할 수 있는 매질로서 Ti:sapphire 레이저를 사용한다. 다만, Ti:sapphire 매질은 발진파장영역이 적외선 파장영역(수백 nm정도)에서 발진한다는 단점이 있으나 파장 변환 비선형 매질을 사용하면 가시광 및 자외선 영역에서도 레이저를 얻을 수 있다.

10 kHz의 반복률을 갖는 펌프 레이저를 이용하여 고반복률의 Ti:sapphire 레이저를 발생시켰다. 고반복률로 인하여 평균출력이 높은 펌프 레이저가 고체 이득매질에 주입될 경우, 레이저 발생에 의하여 방출되는 에너지 외에 결정에 축적되는 열이 레이저의 출력과 빔 질에 영향을 미치게 된다. 따라서 이득매질에 축적되는 열 문제를 효과적으로 제거할 때 안정적인 레이저를 발생시킬 수 있다.

본 연구의 목적은 수십 ns의 펄스형 파장가변 적외선 레이저를 Ti:sapphire 이득매질을 사용하여 발생시키고 이를 비선형 결정을 이용하여 제 2 조화파, 제 3 조화파를 발생시켜 자외선 레이저를 얻고자 할 경우에, 고반복률의 레이저에서 발생하는 열 문제에 따른 레이저 빔 질의 변화와 펌핑 조건에 따라서 발생하는 Ti:sapphire 레이저 펄스발생 시간 등을 조사하였다.

그림 1은 평행평면형 공진기에서 532 nm DPSSL 펌프 레이저에 의해 여기된 Ti:sapphire 레이저를 발생시키는 장치를 나타낸다. 펌프 레이저의 출력을 약 45 W까지 증가시키면서 Ti:sapphire 레이저의 출력, 펄스 폭과 공간적인 빔 질 모양을 측정하였다. 그림 2는 Ti:sapphire 결정에 집속된 펌프 레이저 빔 모양을 보여주고 있다. 결정에서의 집속직경이 약 1 mm정도이내이었으며 공진기 길이는 약 120 mm이었다. Ti:sapphire 레이저의 출력은 최대 2 W까지 방출하였으나, 펌프 레이저가 출력을 높여감에 따라서 레이저의 출력이 감소하였고 빔 질 또한 변질되는 모양을 보였다. 그림 3에서 왼쪽 그림은 약 500 mW ~ 1 W 정도의 출력으로 안정적인 레이저 발진이 이루어진 상태에서 Ti:sapphire 레이저의 빔 모양을 측정한 것이다. 그러나 오른쪽 그림은 펌프 레이저의 집속 시 발생하는 열이 충분히 제거되지 않아 집속위치에서 국부적으로 열이 상승하여 레이저 빔 모양을 변화시키고 있음을 보여준다. 이 경우에 출력 또한 감소하는 모양을 보였다. 이와 같이 고반복률의 안정적인 고체 레이저 발진 조건을 조사하였다.

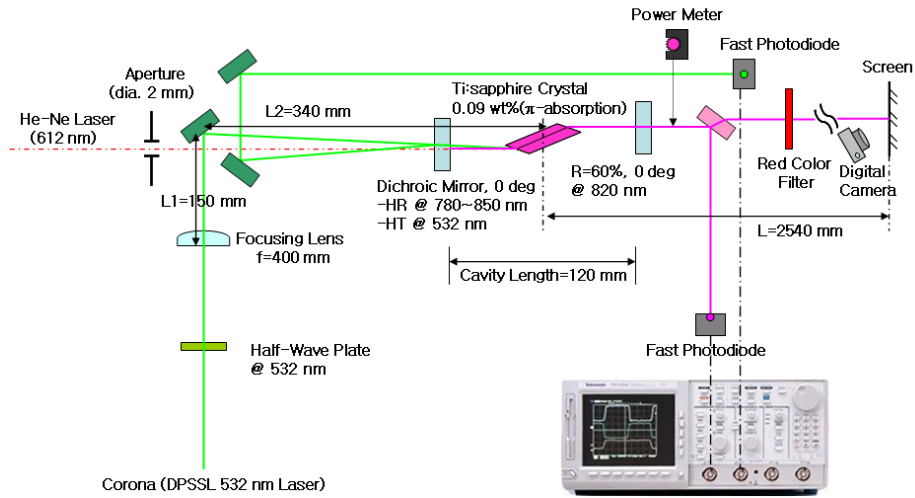


그림 1. 고반복률 Ti:sapphire 레이저 발진기 및 출력측정 장치.

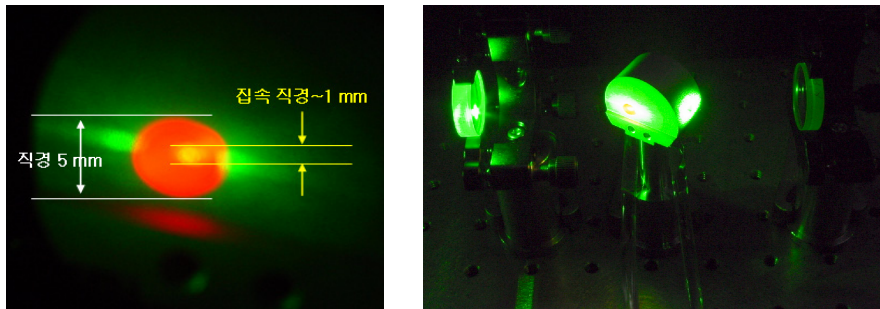


그림 2. Ti:sapphire 결정과 평행평면형 발진기 모습.

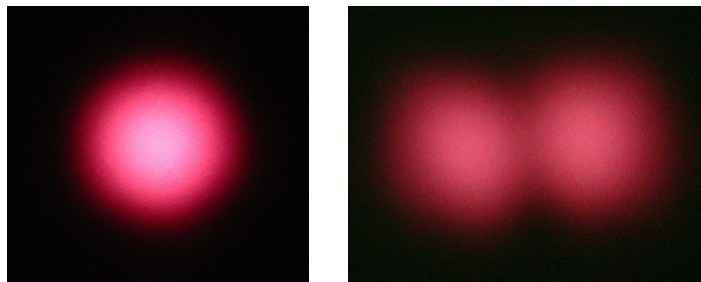


그림 3. 고반복률의 펄스 레이저에 의한 열 문제가 제거되었을 때의 레이저 빔 모양과 열 효과로 레이저 빔이 갈라지는 모양.

[참고 문헌]

- [1] C. E. Hamilton, b, K. W. Kangas, C. H. Muller, D. D. Lowenthal, and T. D. Raymond, SPIE Vol. **1223**, p. 208 Solid State Lasers(1990).
- [2] K. Takehisa and A. Miki, Appl. Opt. **31**, p. 2734(1992).
- [3] M.. R. H. Knowles and C. E. Webb, Opt. Commun. **89**, p. 493(1992).
- [4] M.. R. H. Knowles and C. E. Webb, Opt. Lett. **18**, p. 607(1993).
- [5] D. S. Knowles and D. J. W. Brown, Opt. Lett. **20**, p. 569(1995).
- [6] W. J. Wadsworth, D. W. Coutts, and C. E. Webb, Appl. Opt. **38.**, p. 6904(1999).