

Distributed Feedback Dye Laser의 3단 증폭특성

이영우*

*목원대학교

Three stage amplification of Distributed Feedback Dye Laser

Young-Woo Lee*

*Mokwon University

E-mail : ywlee@mokwon.ac.kr

요 약

Self Q-switching에 의한 분포궤환 색소레이저(DFDL: Distributed Feedback Dye Laser)로부터 80 uJ의 단일 극초단 펄스를 얻고, 이를 2단의 증폭기와 betune cell에 의한 3단 증폭으로 높은 출력을 얻은 후 BBO를 사용, 자외선 영역의 제 2고조파를 얻었다.

ABSTRACT

We obtained ultra-short single pulse with an energy of 80 uJ from self Q-switched Distributed Feedback Dye Laser. Using three stages of amplifiers constructed by two stages of dye amplifiers and one bethune cell amplifier, we obtained high power pulse and second harmonic generation with BBO in ultraviolet region.

키워드

DFDL, ultrashort pulse laser, SHG

I. 서 론

극초단 레이저의 발생 및 고출력화에 관한 연구가 선진각국에서 활발히 진행되고 있다[1-3].

본 연구에서는 최종적으로 엑시머 레이저의 단계적 극초단펄스화와 고출력화를 위한 전단계 실험을 행한다. 우선 sub-ns의 단펄스를 발생시키기 위한 전단 발진기부를 분포궤환 색소 레이저(DFDL: Distributed Feedback Dye Laser)로 구성하여 약 100 ps의 단펄스를 얻었고, DFDL 여기원인 XeCl 레이저의 입력 에너지와 DFDL 출력 에너지 관계를 이론 및 실험적으로 고찰 하여 발진기 특성을 규명하였고, 개발된 모델의 타당성도 확인하였다. 또한 분포궤환 색소 레이저의 외부에 quenching cavity를 구성하여 얻은 616 nm의 단일 펄스(single-pulse)를 XeCl 레이저로 여기되는 3 단의 dye 증폭기에서 증폭하였고 증폭 특성을 조사하였다. 3단의 증폭기열에 의해 얻은 616 nm의 단펄

스 레이저를 308 nm의 자외 영역에서 증폭시키기 위한 SHG(Second Harmonic Generation) 실험을 행하여 파장 및 출력 에너지 특성등을 조사하였다.

II. 색소레이저 증폭기의 증폭특성

본 증폭실험에서는 증폭기 1과 증폭기 2의 dye cell 표면 반사빔과 출력빔을 calibration된 두개의 biplanar phototube(R1193U-02)로 측정하였다. 그림 1과 그림 2에 색소 레이저 증폭기 1과 증폭기 2의 XeCl 펌프 레이저 에너지에 대한 증폭을 특성을 보인다. 증폭기 1에서는 여기 에너지가 1.0 mJ 이상에서 증폭기 2에서는 2.5 mJ 이상에서 증폭을 이 포화되었고 증폭율은 각각 10배와 30배정도를 기록하였다.

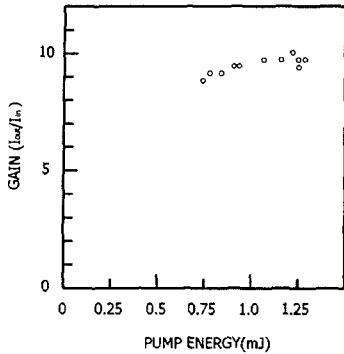


그림 1. The 1st amplifier gain as a function of pumping energy

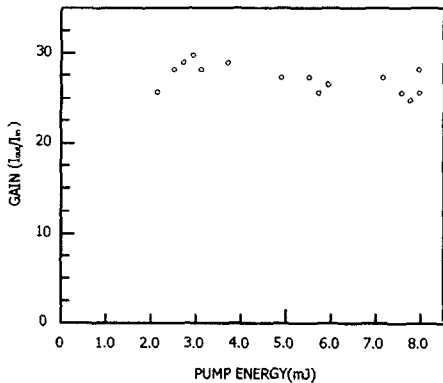


그림 2. The 2nd amplifier gain as a function of pumping energy

제외하고 2.4 μJ이다. 두 증폭기의 증폭율이 약 300 배이므로 DFDL 발진기로 부터 증폭기 1에 입력되는 에너지가 10 nJ 이하임을 시사한다. 횡방향으로 여기되는 dye 레이저는 색소의 이득이 매우 커서 몇가지 문제점을 갖고있다. 횡여기 방식은 반복 동작시 색소의 고속 순환이 어렵고 집속된 빔(<1.5 mm)으로 여기하므로 입사면에 광학적인 손상을 입히게된다. 또한 여기 빔은 dye cell의 수직 방향으로 지수함수적으로 흡수되어 활성매질내에 불균일한 이득분포를 형성하므로 증폭되는 레이저 빔의 공간적 분포가 불균일하게 된다. 그러므로 증폭기 1과 증폭기 2에 입력되는 에너지는 한계가 있으며 입사되는 빔의 침투도도 상당히 중요하다. 펌핑 레이저의 공간적 침투 특성은 증폭되는 seed pulse의 far-field 상태를 관측하며 증폭기 위치(cylindrical lens로 부터의 거리)를 조정하였다. 또한 증폭기 1 과 증폭기 2 사이에 직경 100 μm의 pinhole과 증폭기 2의 출력후 직경 300 μm의 pinhole을 설치하여 불필요한 빔의 증폭을 차단하였다. 이 빔을 차단하지 않고 3단 증폭기인 Bethune cell에 집속시켜 입사할 경우 출력 빔의 공간적 불균질성이 관측되었다. 증폭기 1 및 증폭기 2는 횡방향 여기 방식을 취함으로써 XeCl 여기 광에 대해 앞 면에 위치한 부분의 여기와 dye cell 안쪽의 여기가 불균일하다. 이와 같은 레이저 빔의 공간적 불균일 증폭은 3단의 최종 증폭기를 Bethune cell 방식[4]으로 설치함으로써 해결하였다. 그림 3에 bethune cell을 포함한 전체 장치의 구성도를 보인다.

III. 제 2 고조파 발생

본 실험으로 펌핑에너지의 크기가 충분함을 알 수 있고 증폭율이 포화되는 에너지를 최종 증폭단으로 보낼 수 있음을 확인하였다. 또한 증폭기 2로 부터의 최대 출력에너지가 증폭기 1과 2의 ASE를

색소 레이저의 최종 증폭단인 Bethune cell로 부터 얻은 616 nm의 출력빔을 XeCl 엑시머 레이저 증폭기에서 증폭시키기 위한 주파수 변환 실험 즉,

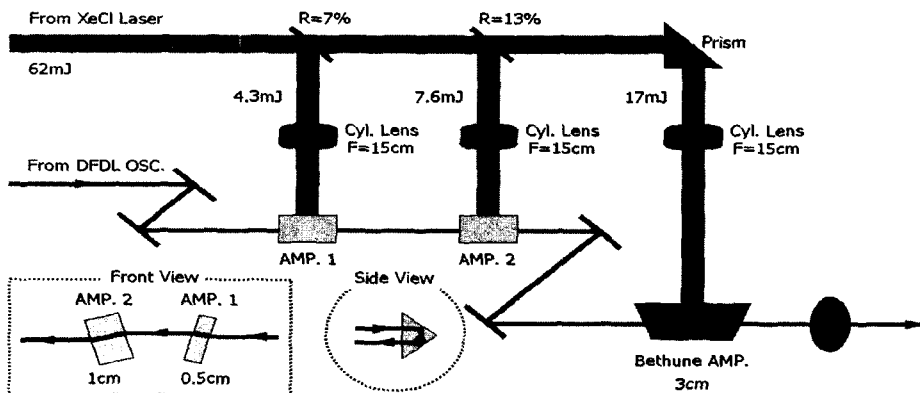


그림 3. 3-stage amplifier chain with front view of the Amp. 1, Amp. 2, and side view of bethune cell

제 2 고조파 발생(Second Harmonic Generation) 실험과 자외 영역에서의 증폭실험을 위한 SHG 펄스 및 XeCl 레이저 펄스에 대한 스펙트럼 특성을 조사하였다. 제 2 고조파 발생을 위한 비선형 결정은 5 mm x 5 mm x 1 mm 와 5 mm x 5 mm x 5 mm 의 크기를 갖는 BBO를 사용하였다. 1 mm 두께의 것 보다는 5 mm 두께의 BBO 결정이 변환효율과 공간적 특성이 우수하였다. BBO 결정(두께 5 mm)은 입사빔에 대하여 5도의 각도를 가질 때 최대 변환효율을 기록했다. 제 2 고조파 출력은 12 - 15 μ J 정도이고 최대 10 %의 변환 효율을 갖고 있음을 확인하였다.

IV. 결 론

3단의 색소레이저 증폭기의 특성을 조사하여 DFDL의 발진 에너지를 추정하였다. 2단의 횡방향

여기 색소레이저 증폭기와 빔의 공간적 균질성을 얻기 위하여 4방향에서 여기 할 수 있는 Bethune Cell을 포함, 총 3단의 색소 레이저 증폭기를 구성하여 약 20000배에 가까운 증폭율과 공간적 균질 증폭 특성을 얻었다.

참고문헌

- [1] W.Kaiser, ed., Ultrashort Laser Pulses and amplification Springer-Verlag(1987).
- [2] A.Endoh, M.Watanabe, N.Srukura, and Watanabe, Opt. Lett., 14, 353(1989).
- [3] S.Watanabe, A.Endoh, M.Watanabe, N.Sarukura, and K.Hata, J. Opt. Soc. Am.B, 6.1870(1989).
- [4] D.S. Bethune, Appl. Opt., 20, pp.1897-1899 (1981).