

단일모드 다이오드 여기 녹색광 레이저 개발

Development of Single Mode Diode Pumped Green Laser

이용우, 이 종훈
 영남대학교 물리학과
 jhyi@yu.ac.kr

저출력 다이오드 여기 레이저에서는 공간모드 특성을 좋게하고 여기 효율을 올리기 위하여 단면 여기 방식¹⁾⁻³⁾을 주로 사용한다. 특히 레이저 다이오드 (LD)로 여기하는 단일모드 녹색광 레이저는 홀로그래프, 간섭계, 측정기 등의 응용분야에서 수요가 날로 증가하고 있다. 단일모드 녹색광 레이저의 발진 방법으로는 여러 가지가 고안되어 왔다. 먼저 공진기 내부에 얇은 판을 브루스터 (Brewster) 각으로 두어서 편광시키고 이것을 복굴절특성을 가진 Nd:YVO₄ 결정과 결합시켜 복굴절 필터 기능을 하게 하는 방법⁴⁾⁻⁵⁾이 있다. 이 방법에서는 복굴절 필터의 최대 투과 파장을 공진기의 종모드에 일치시키며, 최대 250 mW의 안정된 단일 종모드 출력을 얻었다.⁵⁾ 한편 공진기 내부에 에탈론을 두어서 단일모드만 선택하고 이것을 제2고조파 변조시키는 방법도 사용되었다.⁶⁾ 공진기의 내부에 또 하나의 거울을 두어서 출력경의 역할과 함께 에탈론의 기능을 동시에 수행하도록 하고, 거울사이에 KTP를 두어서 고효율로 제2고조파를 발생시키는 2중 결합공진기 방법도 고안되었다.⁷⁾ 우리는 이 중에서 복굴절 필터를 사용하는 방법과 에탈론을 사용하는 방법을 시험해보고 그 결과를 비교해 보았다.

실험에 사용한 레이저의 구조도는 그림 1과 같다. 레이저 결정은 Nd:YVO₄를 사용하였다. 이 결정은 편광 방향에 따라 유도 방출 단면적이 다르므로 편광된 레이저가 발진된다. 레이저 여기에 사용한 LD(SDL-2300)는 단일 발광면을 가졌으며, 발광면의 면적은 200 μm x 1 μm 이다. LD의 최대 출력은 2 W이며, 이 때의 전류는 약 2 A 이다. LD의 몸체는 TE 냉각기에 의하여 온도가 조절되는 구리재질의 블록에 밀착시켜 21°C로 일정하게 유지되도록 하였다. 이 때, 다이오드의 중심 파장이 808.5 nm이 되게 하여 Nd:YVO₄의 흡수 피크와 잘 일치하도록 하였다. 집속광학계를 사용하여 LD를 Nd:YVO₄ 결정 (Casix product)의 단면에 강하게 집속시켰다. LD가 부착된 몸체는 Nd:YVO₄ 결정을 둘러싸고 있는 냉각용 몸체와 연결되어 있다.

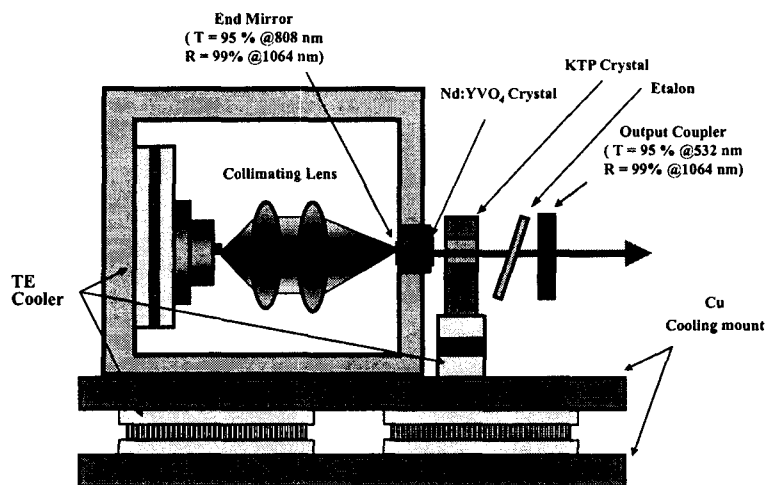


Fig. 1. Schematic structure of a diode-pumped single-mode solid-state green laser.

Nd:YVO₄ 결정은 단면이 5x5 mm², 길이가 2 mm이며, LD가 입사되는 면에는 808 nm 파장에서 투과가 95% 이상이며 1064 nm과 532 nm에서 99% 이상의 고반사가 되는 유전체 코팅을 입히도록 하였다. Nd의 농도는 1.1 at.%이다. 고효율을 위하여 공진기 내부에서 레이저의 기본파를 제2고조파로 변조시켰으며 Type II KTP를 사용하였다. KTP의 온도가 변화하면 결정내부에서의 위상정합 조건과 공진기의 길이가 변하는 효과가 생긴다. 이로 인한 레이저 출력 변동을 줄이기 위하여 별도의 TE 장치를 사용하여 온도를 0.1 °C 이내로 안정화시켰다. 제2고조파는 98%이상 선형 편광되어 있었다.

제2고조파 레이저의 최대 출력이 얻어지는 조건을 찾기위하여 출력경의 곡률과 공진기의 길이를 변화시키면서 출력을 측정하여 보았다. 공진기의 길이가 40 mm와 60 mm인 때에 대하여 각각 출력경의 곡률을 100 mm와 200 mm로 변화시키면서 출력을 비교해 보았다. 공진기의 길이가 40 mm이고, 출력경의 곡률이 100 mm인 때, 532 nm 레이저의 출력은 약 56 mW로 가장 컸다. 이 공진기 조건에서 TEM₀₀ 모드 레이저빔 직경을 ABCD 행렬을 사용하여 계산한 결과, 레이저 결정 위치에서, TEM₀₀ 모드의 빔 직경은 221 μm 정도이었으며, 다이오드 레이저빔의 직경과 거의 일치하여 가장 큰 출력이 나온 것으로 생각된다. 그러나 레이저 출력은 짧은 시간 동안에는 약 5%, 1시간 이상의 긴시간에서는 20%의 요동을 보였다. 브루스터 판을 공진기 내부에 넣고 조절하여 단일모드로 발진이 되게 한 결과 출력은 매우 안정되었다. 그러나 단일모드 발진을 유지하는 시간은 약 5분 정도이었다. 표면에 코팅이 안된 cover glass와 두께 1 mm의 BK7 유리를 각각 공진기 내부에 두어서 에달론 기능을 하도록 하여 비교하였다. 그 결과 cover glass를 사용한 경우 출력이 40 mW로 더 컸으며 아래의 그림2는 다이오드 전류에 따른 출력 변화를 측정한 결과를 보여준다. 특별한 되먹임 장치가 없음에도 10분이상 단일모드를 유지하였다. 1 mm 두께의 BK7 유리로 된 에달론을 사용한 경우는 특별한 안정화 장치가 없어도 단일모드가 30 분 이상 안정되게 유지되었으나, 출력은 20 mW로 줄어들었다. 되먹임 장치를 사용하여 단일모드가 항상 유지되며 파장도 안정되게 하는 장치를 개발하고 있다.

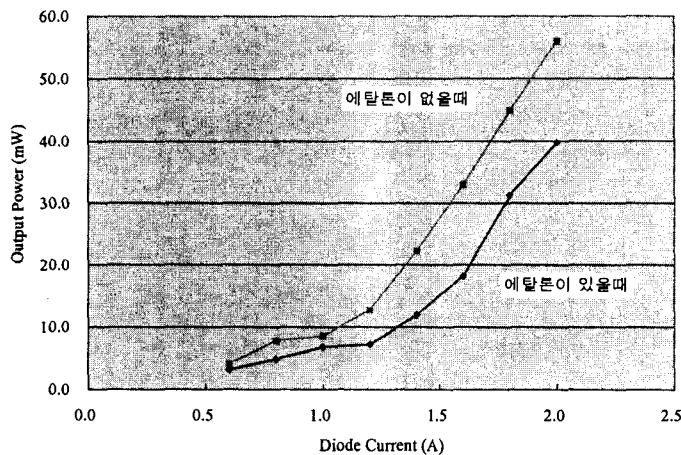


Fig. 2. Single longitudinal mode output power of 532 nm Nd:YVO₄ laser as a function of diode current. (cavity length: 40 mm, output coupler curvature: 100 mm)

<감사의 글>

이 논문은 2002학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. W. A. Clarkson and D. C. Hanna, Opt. Lett. 21, 869(1996).
2. I. Golla, M. Bode, S. Knoke, W. Schoene and A. Tuennermann, Opt. Lett. 21, 210 (1996).
3. S. Konno, S. Fujikawa and K. Yasui, Appl. Phys. Lett. 70 (20), 2650 (1997).
4. C. J. Friel, A. J. Kemp, T. K. Lake, and B. D. Sinclair, Appl. Opt. 39, 4333 (2000).
5. H. Nagai, M. Kume, I. Ohta, H. Shimizu, and M. Kazumura, IEEE J. Quantum Electron. 28, 1164 (1992).
6. T. Baer, J. Opt. Soc. Amer. B, 3, 1175 (1989).
7. T. Jin, R. F. Bruch, R. Kecke, Solid State Lasers VIII, Proc. SPIE 3613, 16 (1999).