

레이저 다이오드로 종여기한 연속발진 Nd:YAG 레이저의 출력 특성

Output power characteristics of the diode end-pumped CW Nd:YAG laser

김경남, 김하나, 강만일, 박종욱*, 임형철*, 김덕현**, 류지욱, 김용기
 공주대학교 물리학과, *한국천문연구원 우주측지연구부, **한밭대학교 교양학부
 kimyg@kongju.ac.kr

Nd:YAG 레이저는 연구 분야 뿐 아니라 우주관측, 산업 분야 등 다양한 곳에서 많이 사용되고 있다. 실제적으로 많이 상용화 되어있지만 직접 제작하면서 Nd:YAG 레이저의 출력 특성을 분석하는 것이 본 연구의 목적이다. 단순히 출력의 세기를 분석하는 것이 아니라 다양한 조건으로 변화시키면서 그에 따라 나타나는 특성 변화를 분석하였다.

본 연구의 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같다. Nd:YAG의 결정에 808 nm의 빔을 발진하는 laser diode(LD)를 여기광으로 사용하였으며 LD의 빔은 직경 800 μm NA 0.22인 광섬유를 통하여 전달된다. 광섬유를 통해 진행되는 빔은 오목렌즈와 볼록렌즈를 이용하여 평행빔으로 만든 후 집속렌즈로 Nd:YAG 결정에 종여기 하였다. Nd:YAG 결정은 4 mm \times 4 mm \times 10 mm의 크기를 가지며 Nd의 도핑농도는 1%인 것을 사용하였다.

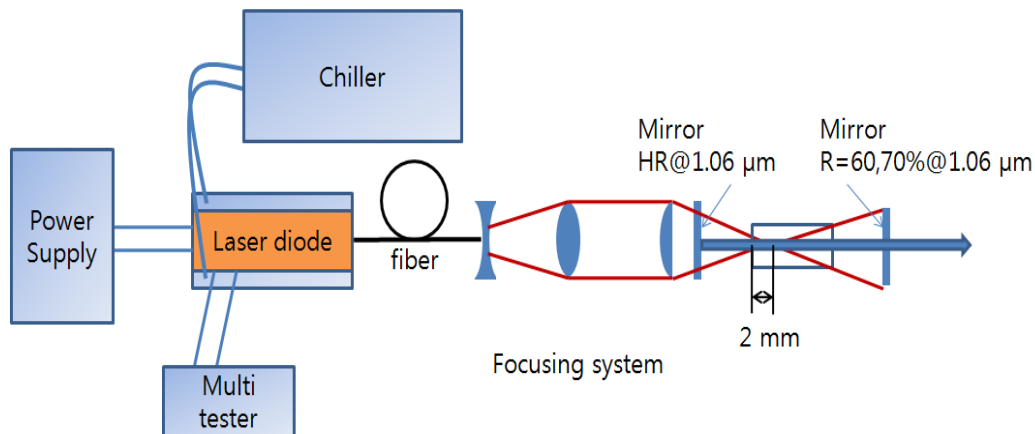


그림 1. Nd:YAG 레이저 실험 구성도.

LD 여기빔을 레이저 결정에 집속시켜 주는 집속렌즈는 초점거리가 각각 35 mm, 50 mm인 것을 사용하였다. 그림 2에서와 같이 LD의 출력을 0~22 W까지 올리면서 Nd:YAG 레이저 결정을 펌핑 시켰으며, 출력경의 거리를 변화시키며 초점거리가 다른 렌즈를 사용하여 동일 조건에서 LD의 빔의 직경만 바꾸

어서 실험한 결과이다. LD 펌핑원의 빔이 집속되는 위치는 Nd:YAG 결정 끝에서 안쪽 2 mm인 지점이였다. 레이저의 출력은 공진기의 길이가 길어질수록 회절손실 때문에 출력이 감소하는 결과를 보인다. 또 초점거리가 짧은 렌즈에서는 레이저 결정에 집속되는 레이저 빔의 직경이 작아지게 되고, 이에 따라 레이저 결정에서의 파워밀도가 증가하게 되어 출력의 상승이 있었으며, 출력이 시작하는 문턱전류가 줄어드는 결과를 보였다. 그림 2에 표시되어있는 공진기 길이는 Nd:YAG 결정 끝부분에서 출력경까지의 거리이다. 그림 2의 (우)의 그래프와 동일 조건에 출력경의 반사율만 60%로 변화시켜 얻은 결과는 전체적으로 70%일 때보다 낮은 출력을 보였지만, 70%일 때와 마찬가지로 공진기의 길이가 길어질수록 출력이 줄어드는 형태를 보였다. 반사율이 80%인 경우의 연속출력 특성이 더불어 보고될 것이다.

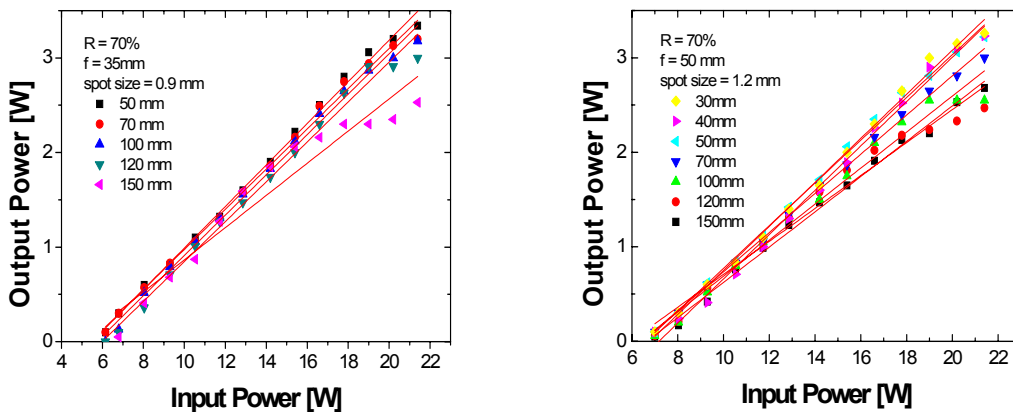


그림 2. 펌프 빔의 레이저 결정 속 집속직경에 따른 출력 변화 (좌) 0.9 mm (우) 1.2 mm.

본 연구에서 제작한 레이저의 광학적(optical to optical) 효율은 그림 2에서 그래프의 기울기를 보면 알 수 있다. 반사율 70%인 출력경을 사용하고 초점거리가 35 mm인 렌즈의 경우에는 약 16%의 광효율을 보였고, 초점거리가 50 mm 렌즈를 사용한 경우에는 약 15% 정도의 광효율이 나타났다. 반사율이 80%인 경우의 효율도 연구 보고될 것이다. 더불어 Acusto-optic Q스위치를 이용한 펄스 레이저의 출력 특성도 더불어 보고될 것이다. 전체적으로 레이저 출력과 광효율이 약 10% 정도 낮는데 그 이유를 더 확인할 필요가 있다.

Nd:YAG 레이저의 출력은 출력경의 반사율이 70%일 경우와 공진기의 길이가 짧을수록, 또한 동일한 공진기 길이에서는 레이저 결정에 집속되는 펌핑원의 직경이 작을수록 출력이 증가하였으며, 레이저 발진이 시작되는 문턱전류가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 출력뿐만 아니라 효율도 반사율과 공진기의 길이 그리고 레이저 결정에 집속되는 펌핑원의 직경에 직접적으로 영향을 받는 것을 확인하였다.

참고문헌

1. Steve C. Tidwell, Jonathan F. Seamans, Mark S. Bowers, and Ananda K. Cousins, "Scaling CW Diode-End-Pumped Nd:YAG Lasers to High Average Powers," *IEEE J. Quantum Electronics*, 28(4), 997-1009 (1992).
2. Yu-E Hou, Ya-Xian Fan, Jing-Liang He, Hui-Tian Wang, "High-efficiency continuous-wave and Q-switched diode-end-pumped multi-wavelength Nd:YAG lasers," *Optics communications*, 265, 301-305 (2006).