

여기광의 초점 위치에 따른 종여기한 Nd:YAG레이저의 출력특성

Study on the dependence of focusing position on the output power of the end-pumped Nd:YAG laser

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

레이저 인공위성 추적시스템 등 각종 분야에서 응용되고 있는 Nd:YAG 레이저의 출력특성을 제대로 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 레이저 출력의 특성에 영향을 미치는 요소 중에 여기광이 Nd:YAG 결정에 초점이 맺히는 위치에 따른 Nd:YAG 레이저의 출력특성과 공진기 길이의 변화에 따른 출력특성을 분석하였다. 또한 같은 조건에서 펄스 레이저에서의 출력특성도 분석하였다. 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 집속렌즈($f=35\text{ mm}$)로 Nd:YAG 결정에 종여기 하였다. Nd:YAG 결정은 $4\text{ mm}\times 4\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 의 크기를 가지며 Nd의 도핑농도는 1%인 것을 사용하였다. 출력경은 1064 nm에서 반사율이 70%인 것을 사용하였다.

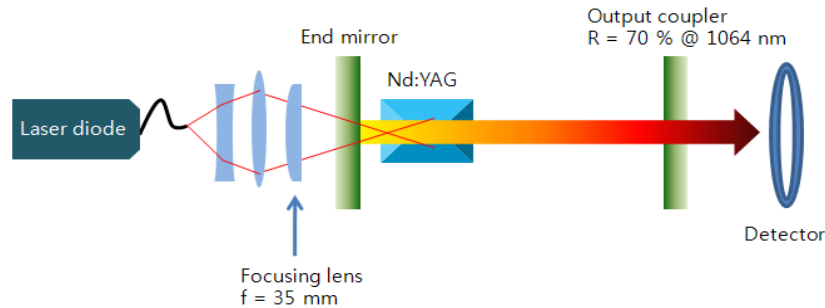


그림 1. 실험 구성도

LD의 작동온도는 25 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하며 여기광의 출력을 0~22 W까지 올리면서 Nd:YAG 레이저 결정을 여기 시켰다. 그림 2(좌)는 공진기의 길이를 85 mm로 고정된 상태에서 레이저 결정에 초점이 맺히는 위치를 변화 시키면서 측정한 연속발진 출력 값이다. 집속되는 빔의 위치는 레이저 결정의 표면을 0 mm라 하고 각각 위치를 변화시켜가며 측정하였다. 집속 빔의 위치가 1 mm 부분에서 가장 출력이 크게 나왔으며(6.13 W) 6 mm 이상부터는 거의 출력이 없을 정도로 작게 나왔으며 8 mm 부분에서는 출력이 나오지 않았다. 광변환 효율 또한 1 mm 일 때 최고 효율 42.27%, 기울기 효율은 56.51% 로 가장 높게 나왔다. 그림 2(우)는 여기 출력이 12.20 W일 때 초점이 맺히는 위치에 따른 출력을 비교 한 것으로, 집속 빔의 위치가 1 mm 근처에서 최대 출력이 나타나는 것을 볼 수 있다. 그림 3은 공진기의 길이를 120 mm로 변화시킨 경우로 공진기의 길이가 85 mm인 경우와 비슷한 결과를 보였으며,

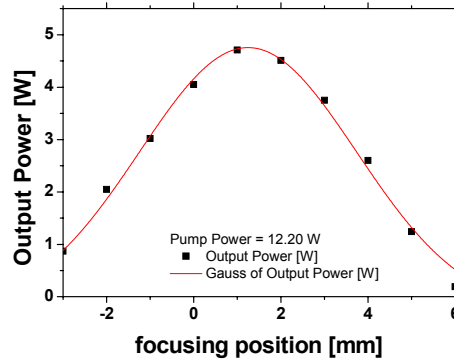
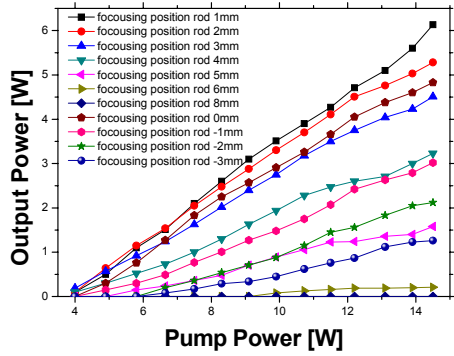


그림 2 공진기 길이가 120 mm인 경우 (좌) 초점 위치에 따른 출력특성, (우) 펌프파워 12.20 W에서의 초점 위치에 대한 출력 의존성

출력은 공진기 길이가 85 mm인 경우보다 조금 감소하는 결과를 보였다. 초점이 맺히는 위치가 1 mm 일 때 가장 큰 출력(4.23 W)이 나왔으며, 광변환 효율의 최대 효율은 32.29%, 기울기 효율은 37.23% 이었다. 여기출력이 12.20 W 이상일 때는 공진기가 불안정 영역으로 빠지기 때문에 직접적인 비교의 의미가 없었다. 더불어 Acusto-optic Q스위치를 이용한 펄스 레이저의 출력 특성도 보고될 것이다.

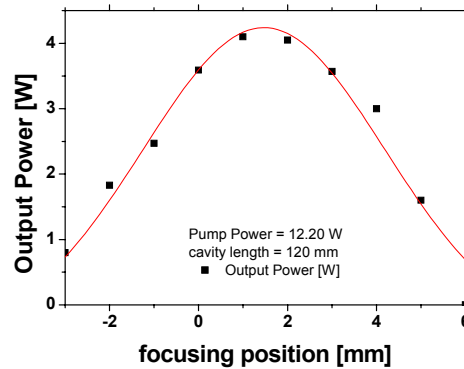
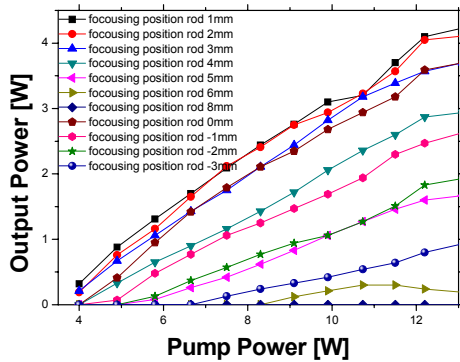


그림 3 공진기 길이가 120 mm인 경우 (좌) 초점 위치에 따른 출력특성, (우) 펌프파워 12.20 W에서의 초점 위치에 대한 출력 의존성

Nd:YAG 레이저의 출력에 영향을 미치는 요소는 여러 가지가 있음을 확인하였다. 이전 실험에서 공진기의 길이와 출력경의 반사율, 여기광의 직경이 레이저 출력에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 Nd:YAG 결정에 여기광의 초점이 맺히는 위치가 레이저의 출력 최적화에 매우 중요함을 확인하였으며, 공진기의 길이에 따른 출력특성도 조사하였다. 이 연구 결과를 토대로 더욱 효율적인 레이저의 제작이 가능함을 확인하였다.

참고문헌

1. Y. F. Chen, T. S. Liao, C. F. Kao, T. M. Huang, K. H. Lin, and S. C. Wang, "Optimization of fiber-Coupled Laser-Diode End-Pumped Laser: Influence of Pump-Beam Quality" *IEEE J. Quantum Electronics*, 32(11), 2010-2016 (1996).
2. Y. F. Chen, C. F. Kao, S. C. Wang, "Analytical model for the design of fiber-coupled laser-diode end-pumped laser" *Optics communications*, 133, 517-524 (1997).