

# Cr:YAG 포화 흡수체를 이용한 수동형 Q-스위칭

## Nd:YAG 레이저

### Passive Q-switching Nd:YAG laser with Cr:YAG saturable absorber

김하나, 김정남, 서효정, 강만일, 박종욱\*, 조중현\*, 임형철\*, 김덕현\*\*, 류지욱, 김용기  
 공주대학교 물리학과, \*한국천문연구원, \*\*한밭대학교  
 kimyg@kongju.ac.kr

레이저는 그 개발 이래로 현재 의학, 정밀가공, 군사 무기시설, 광통신 등의 첨단시설에 응용되고 있다. 이러한 레이저는 연속발전 레이저와 펄스 레이저로 나뉠 수 있고, 그 중 펄스 레이저는 펄스폭, 반복률과 같은 특성에 따라 여러 분야에 사용되고 있다. 펄스 레이저에서 펄스의 발생은 Q-스위칭을 통해 이루어지는데 그 형태에 따라 능동형 Q-스위칭과 수동형 Q-스위칭으로 나뉜다. 수동형 Q-스위칭은 별도의 광학소자를 쓰지 않기 때문에 레이저의 소형화 저가격 구현이 가능하다.

본 연구에서는 Cr:YAG 포화 흡수체를 사용하여 레이저 다이오드 중여기 Nd:YAG 레이저의 수동형 Q-스위칭을 제작하고 그 특성을 파악하였다. 전체적인 레이저의 계략도는 그림 1과 같다. 광섬유를 통해 레이저 다이오드에서 나오는 빛을 시준렌즈와 초점길이 25mm의 집속렌즈를 사용하여 Nd:YAG 결정으로 집속시켰고 Nd:YAG 결정 뒤에 Cr:YAG를 놓아 펄스를 발진시켰다. Nd:YAG 결정의 Nd 도핑농도는 1%이며 Cr:YAG의 초기투과율은 80%와 50%를 사용하였다. Nd:YAG와 Cr:YAG 사이의 거리는 4mm로 고정하였다.

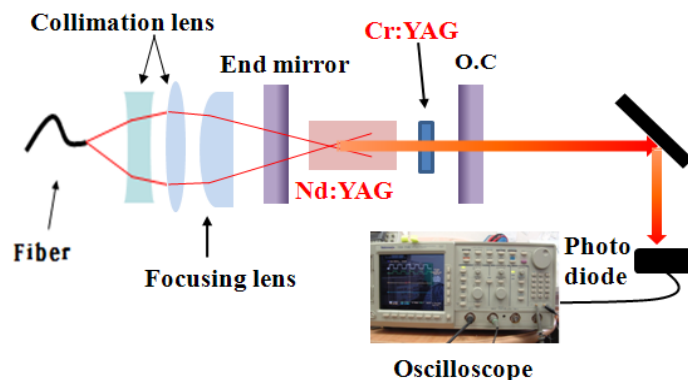


그림 1. Cr:YAG를 이용한 중여기 수동형 Q-스위칭 Nd:YAG 레이저의 계략도.

입력경(End mirror)은 808 nm에서 무반사 코팅, 1064 nm에서 전반사 코팅을 하였고 출력경의 반사율은 70%를 사용하였다. 발진된 펄스 형태의 빔의 펄스폭과 반복률은 광검출기와 오실로스코프를 사용하여 측정하였다. Cr:YAG의 초기투과율이 80%일 때 공진기의 길이를 53 mm, 70 mm로 하여 각각의 경우에 대해서 입력출력 6.62 W에서 20.42 W까지 증가시켰으며 그에 해당하는 출력, 펄스폭, 반복률을 측정하였다. 두 공진기 길이에서 문턱출력은 7.23 W로 같았고 입력출력 20.42 W에서의 최고출력은 공진기 길이가 53 mm일 때 2.87 W였으며 70 mm때 보다 0.47 W정도 높았다. 공진기 길이 53 mm에서의 펄스폭은 입력출력이 증가할수록 약 7.2 ns에서 약 5.1 ns까지 감소하였고 반복률은 3.4 kHz에서 17.25 kHz까지 증가하는 것을 확인하였다. 공진기 길이 70 mm에서의 펄스폭은 입력출력이 7.23 W에서 11.51 W일 때까지 7.8 ns에서 6.8 ns으로 감소하다가 그 이후에는 다소 증가하여 입력출력 20.42 W에서 9.5 ns이 되었고 반복률은 2.7 kHz에서 21.5 kHz로 입력출력의 증가에 따라 같이 증가함을 확인하였다. 하지만 고출력부분에서는 반복률이 매우 불안정하게 변하는 것을 볼 수 있었는데 이는 Q-스위칭과 함께 모드잠금 현상이 일어나기 때문인 것으로 생각된다.

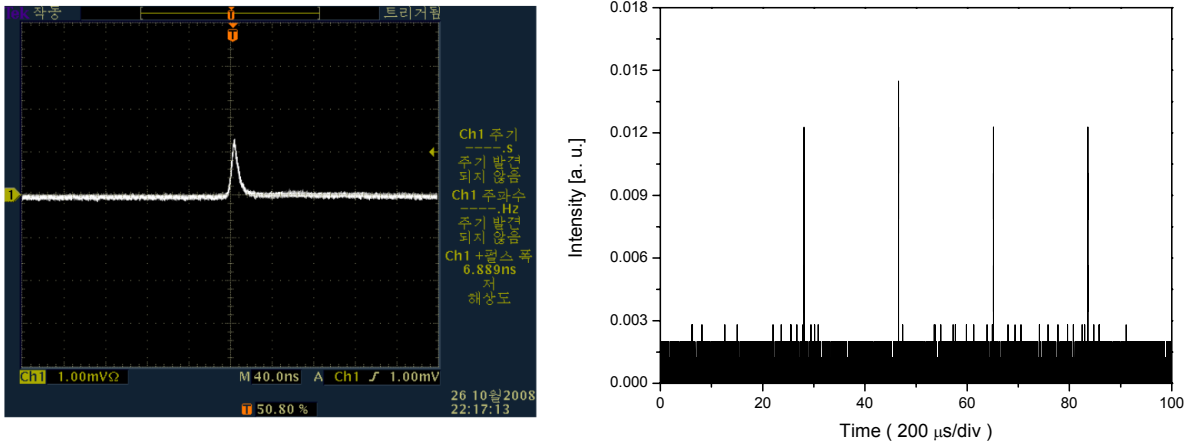


그림 2 Q-스위칭 된 펄스의 형태(좌), 반복률 2.7 kHz일때의 펄스(우).

그림 2는 공진기 길이 70 mm, 입력출력 7.23 W에서 Q-스위칭 된 펄스의 형태(좌)와 반복률 2.7 kHz일때의 펄스(우)로 펄스폭이 약 6.9 ns정도 된다. Cr:YAG의 초기투과율이 50%, 공진기 길이가 53 mm일 때의 문턱출력은 6.62 W로 Cr:YAG의 초기투과율이 80%일 때보다 약 0.6 W정도 낮은 것을 확인하였다. 펄스폭은 대체적으로 6.8 ns정도였으며 반복률은 2.1 kHz에서 최대 18.7 kHz까지 증가하였고 마찬가지로 고출력부분에서의 반복률은 매우 불안정하였다. 또한 Cr:YAG의 초기투과율이 80%일 때 반복률 10 kHz에서의 peak power는 20.12 kW였고 펄스 에너지는 0.12 mJ이었다. 이러한 결과를 보았을 때 Cr:YAG를 이용하여 제작한 Nd:YAG 수동형 Q-스위칭 레이저가 10 kHz정도의 반복률에서 동작하게 최적화시킨다면 라이다와 같은 기상관측 시스템에서 사용이 충분히 가능하리라고 생각된다.

참고문헌

1. J. J. Zayhowski and A. L. Wilson, Jr., "Energy-scavenging amplifiers for miniature solid-state lasers," Opt. Lett, vol. 29, no. 11, pp. 1218-1220, 2004.
2. 박일현, 광종훈, 권진혁, 이종훈, "Cr:YAG 포화 흡수체를 이용한 다이오드 레이저 여기 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저의 수동형 Q-스위칭" Sae Mulli, vol. 53, no. 6, pp. 542-546, 2006.