

반도체레이저 여기 세라믹 Nd:YAG 레이저의 Q-switch 출력 특성

The Output Characteristics of a Laser-Diode Pumped Q-switched Ceramic Nd:YAG Laser

신동준, 김덕래*, 김병태

청주대학교 레이저광정보공학과, *단국대학교 의학레이저의료기기연구센터

jiwhajajota@hanmail.net

최근 레이저의 응용분야가 첨단 산업, 군사, 과학적 연구 및 의료기기 등으로 폭넓어짐에 따라 고효율, 고강도의 펄스 레이저 연구개발에 대한 요구도 크게 증대되고 있다. 본 연구는 반도체레이저 여기 세라믹 Nd:YAG 레이저의 Q-스위치 출력 특성을 파악하는데 그 목적을 두고 있다.

세라믹 Nd:YAG는 YAG 결정에 비해 Nd^{3+} 첨가율을 약 4 배까지 높일 수 있어 발진이 쉽고, 고출력을 얻을 수 있다⁽¹⁾. 첨가율이 2 at.%인 세라믹 Nd:YAG의 형광수명은 174 μs 로 Nd:YAG보다 약 3/4정도 짧다⁽²⁾. 이는 펄스 레이저 개발 시 짧은 레이저 펄스폭을 얻게 될 것으로 기대되게 한다. 세라믹 Nd:YAG의 열전도도와 열팽창률은 Nd:YAG 결정과 거의 동일하며, Nd:YAG 결정보다 열충격 파라메타는 1.5 배, 곡강도는 1.3 배, 빅커스 경도는 1.1 배, 그리고 파괴인성은 최대 5 배 크다. 이와 같은 특성을 가지고 있는 세라믹 Nd:YAG는 고효율의 고체레이저에 적합하다⁽³⁾.

실험장치 구성에서 여기원은 코어 직경이 400 μm 인 광섬유 연결 반도체레이저로 열전소자에 의해 27.5 $^{\circ}C$ 로 유지되고, 최대 출력 27.4 W에서 809 nm의 중심파장을 갖는다. 공진기는 808 nm와 1064 nm파장에 대하여 이색성 코팅을 한 평면거울과 곡률반경이 120 mm인 출력거울을 사용하여 반구면 형태로 구성하였다. Nd:YAG 세라믹은 Nd^{3+} 이 2 at.% 첨가된 것으로 길이가 10 mm, 직경이 5 mm인 것을 사용하였다. 레이저 매질은 구리로 제작한 홀더와 수냉식 방열판으로 매질 전체가 냉각되도록 하였다. Q-스위치된 레이저 펄스를 발생시키기 위하여 수평 편광에 대한 투과율이 91.4 %인 편광자와 $KD^*P(KD_2PO_4)$ 결정으로 구성된 Pockels cell을 삽입하였다. 고전압 펄스 발생기로 3.1 kV의 고전압 펄스를 Pockels cell에 인가하였으며, 여기원인 LD 구동원의 트리거 신호와 전기광학 소자에 인가된 전압이 0 V가 되는 지연시간을 delay/pulse 발생기로 조절하였다. Q-스위치된 레이저 펄스 파형은 상승시간이 60 ps인 biplanar를 500 MHz 오실로스코프에 연결하여 측정하였다.

실험결과, 정상발진에서는 LD 여기원의 펄스폭이 1 ms, 반사율이 77 %인 출력거울을 사용하였을 때 17.9 mJ의 입력 에너지에서 7.86 mJ의 최대 출력 에너지를 나타내었으며, 출력 효율과 기울기효율은 각각 약 44 %와 48.6 %이다. Q-스위치된 세라믹 Nd:YAG 레이저는 LD 여기원의 펄스폭이 1 ms이고, 지연시간이 985 μs 에서 최적화되었다. 이 때 출력 에너지는 0.35 mJ이고, 펄스폭은 4 ns으로 약 1.9 %의 출력효율과 87.5 kW의 첨두출력을 나타내

었다. 그림 1은 최적화된 세라믹 Nd:YAG 레이저의 Q-스위치 레이저 출력 파형이다. 현재 이론적인 계산을 통하여 측정값과 이론값을 비교 분석중이다.

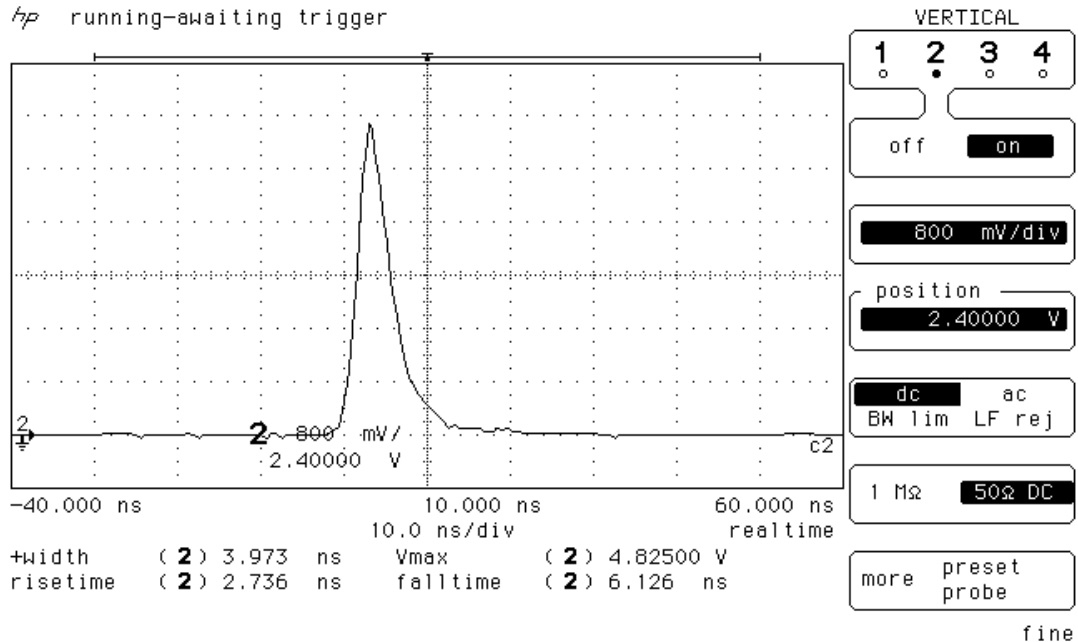


그림 1. Q-스위치된 레이저 펄스 파형

참 고 문 헌

1. J. Dong, J. LU, A. SHIRAKAWA, K. UEDA, "Optimization of the laser performance in Nd^{3+} :YAG ceramic microchip lasers", Appl. Phys. B80, 39-43 (2005)
2. I. Shoji, S. Kurimura, Y. Sato, T Taira, A. Ikesue, K. Yoshida, "Optical properties and laser characteristics of highly Nd^{3+} -doped $Y_3Al_5O_{12}$ ceramics" Appl. Phys. Lett. 77, 939-941 (2000)
3. 옥창민, 김덕래, 김병태, "광섬유 연결 반도체레이저 여기 세라믹 Nd:YAG 레이저에서 열 렌즈 효과에 의한 출력특성", 한국광학회지, 17, 455-459 (2006)