

반도체레이저 여기 세라믹 Nd:YAG 레이저에서 레이저 매질의 파손 특성

The Fracture Characteristics of Laser Materials at the Laser Diode Pumped Ceramic Nd:YAG Laser

김덕래, 김영식, 김병태*

단국대학교 의학레이저연구센터, *청주대학교 레이저광정보공학과

duckiboy@hanmail.net

레이저는 고밀도의 데이터 저장과 검색, 광학적 센서, 색채 표시장치를 비롯하여 산업, 군사 및 의료 등 여러 분야에서 폭 넓게 사용되면서 고효율의 고체레이저 연구·개발에 대한 요구가 증대되고 있다. 본 연구에서는 세라믹 Nd:YAG를 이용한 레이저 개발시 발생할 수 있는 레이저 매질의 파손 특성을 해석하는데 중점을 두었다.

세라믹 Nd:YAG는 Nd:YAG 결정에 비해 Nd^{3+} 첨가율을 약 4 배까지 높일 수 있어 발진이 쉽고, 고출력을 얻을 수 있다^[1]. 분말로 된 원료를 진공상태에서 고온으로 소결하여 만드는 매질은 제작 시간이 Nd:YAG 결정보다 짧은 등 제작비용도 저렴하다. 세라믹 Nd:YAG의 흡수 및 방출 스펙트럼, 형광수명, 열전도도와 열팽창률은 Nd:YAG 결정과 거의 동일하다. 세라믹 Nd:YAG은 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^[2,3].

그림 1은 세라믹 Nd:YAG의 온도 안정화 시간 측정 장치도이다. 여기원은 코어 직경이 600 μm 인 fiber coupled 반도체레이저로 중심파장 808 nm에서 최대 20 W까지 출력을 낼 수 있다. 반도체레이저의 광을 레이저 매질에 집광시키기 위해 구면렌즈 6매의 집속 광학계를 이용하였다. Nd:YAG 세라믹은 Nd^{3+} 이 2 at.%와 4 at.% 첨가된 각각의 길이 20 mm와 10 mm의 것을 사용하였다. 공진기는 808 nm와 1064 nm에 대해 이색성 코팅한 평면거울과 곡률반경이 120 mm인 출력거울을 사용하는 반구면 형태이다. 레이저 매질은 구리로 제작한 홀더에 열전소자와 수냉식 방열판을 부착하여 매질 전체가 냉각되도록 하였다. 세라믹 Nd:YAG를 투과한 He-Ne 레이저의 강도 변화와 빔 형태는 광검출기에 연결한 chart recorder와 컴퓨터에 연결된 CCD를 이용하여 측정하였다.

실험은 발진이 되지 않는 상태에서 2 at.%와 4 at.% 세라믹 Nd:YAG의 열시정수를 측정하였다. 2 at.%와 4 at.% 세라믹 Nd:YAG의 열시정수는 각각 1860 W/cm²와 1395 W/cm² 이상 되면 급격히 증가하는 경향을 보였다. 2 at.%와 4 at.%의 레이저 매질이 파손되었을 당시 매질의 중심부와 표면의 온도차가 약 355 °C인 것으로 계산되었다. 세라믹 Nd:YAG에 손상을 입힐 온도차를 더 명확히 규명하기 위하여 레이저 발진이 되는 상태에서의 열시정수 측정 실험이 진행 중이다.

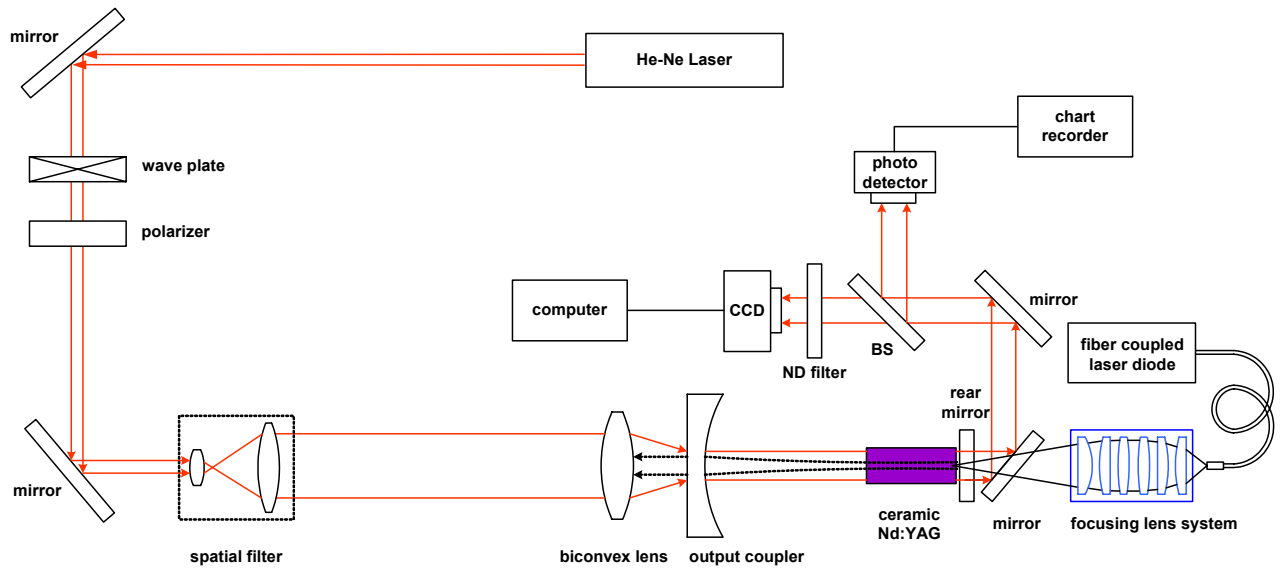


그림 1. 세라믹 Nd:YAG의 온도 안정화 시간 측정 장치도

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. Jianren Lu, Ken-ichi Ueda, Hideki Yagi, Takagimi Yanagitani, Yasuhiro Akiyama, Alexander A. Kaminskii, "Neodymium doped yttrium aluminum garnet($Y_3Al_5O_{12}$)nanocrystalline ceramics-a new generation of solid state laser and optical materials", J. Allous and Compounds 341, 220-225 (2002)
3. J. LU, M. Prabhu, J. Song, C. Li, J. Xu, K. Ueda, A. A. Kaminskii, H. Yagi, T. Yanagitani, "Optical properties and highly efficient laser oscillation of Nd:YAG ceramics", Appl. Phys. B71, 469-473 (2000)