

산란된 여기빔을 이용한 다이오드 여기 Nd:YAG 레이저의 열유도효과 감소

Reduction of Thermally Induced Effects in a Diode-Pumped Nd:YAG Laser by Using Diffused Pump Beams

이성만, 김선국, 윤미정, 이종훈, 김현수, 남성모, 차병헌, 이종민
한국원자력연구소
smlee3@nanum.kaeri.re.kr

고출력, 고효율, 그리고 고품질의 빔특성을 갖는 DPSSL을 개발하기 위해서는 출력빔을 저하시키는 원인인 비균일한 여기빔 분포에 의한 레이저 결정내의 열렌즈, stress 복굴절 등의 효과를 최소화하여야 한다. 지금까지 열효과를 줄여, 고출력이나 TEM₀₀ 모드의 레이저 빔을 얻기위한 방법으로 zigzag 슬랩 디자인¹⁾, VPS 여기 시스템²⁾, Cusp 형 반사체³⁾, 광섬유 결합⁴⁾ 등의 방법이 연구되어 왔다. 본 연구에서는 고출력, 고효율, 그리고 고품질의 레이저 빔특성을 동시에 만족하는 레이저를 개발할 목적으로 산란된 여기빔을 이용하는 여기구조를 고안하고 열효과가 감소된 Nd:YAG 레이저 시스템을 최적설계하였다.

일반적으로 여기빔을 여기공동(pump cavity) 내의 레이저 결정에 결합하는 방법은 여기빔을 레이저 결정에 수직 입사시키는 구조를 채택하고 있으나, 이 경우 여기빔이 레이저 결정의 중심부에 강하게 분포하여 열렌즈효과가 강하게 일어나는 단점이 있다. 고안된 구조에서는 여기빔이 여기공동에 사각으로 입사하도록 설계되어, 레이저 결정의 중심부 보다 바깥 부분에서 강하게 흡수된다. 고안된 여기구조는 그림 1과 같이 원통형의 난반사체 형태를 갖는 pump cavity 중심에 봉형의 Nd:YAG 레이저 결정이 위치하며, 여기용으로 사용된 3개의 다이오드 어레이는 120°의 간격으로 반사체의 둘레에 배치되어 있다. 난반사체는 6 mm의 직경을 갖고 있으며, spectralon 재질로 가공되어 95.7%의 반사율을 갖는다. 레이저 결정은 직경 4 mm, 1%의 Nd³⁺의 도핑비율을 갖고 있으며, 흡수계수는 약 0.25 mm⁻¹이다. 다이오드 어레이 빔의 급축(fast-axis) 발산각은 약 54°(FWHM)이다. 본 여기구조에서 사각 입사된 여기빔은 사각이 작은 경우 레이저 결정에 직접 입사되지만, 각도가 증가하면 레이저 결정에 직접 입사하는 비율이 감소하여, 대부분 난반사체의 표면에서 난반사된 후 레이저 결정에 흡수된다.

그림 2는 사각이 0°, 30°, 60°, 그리고 80°로 변화될 경우 레이저 결정내에 흡수된 여기광의 흡수분포의 변화를 계산한 결과이다. 여기빔이 0°로 입사하는 경우 레이저 결정의 중앙부가 강하게 여기되고 비등방성의 분포를 보여, 이 경우 열렌즈효과 등 열유도에 의한 효과가 레이저 빔의 질을 왜곡시키는 원인이 된다. 그림2(c)에 보여지는 경우와 같이 사각이 60°로 증가했을 때 여기빔은 레이저 결정의 가장자리 부근에서 강하게 흡수되고 등방성인 흡수강도분포를 띄며, 그 이상의 각도에서는 레이저 결정의 중심부 흡수강도가 내려앉은 형태를 갖는다. 이러한 분포는 고출력의 레이저 제작시 열렌즈효과를 완화시키고, 특히 TEM₀₀ 모드를 갖는 고출력 레이저 발전에 이상적인 형태가 된다²⁾.

결론으로, 고출력, 고효율, 그리고 고품질을 갖는 레이저를 개발할 목적으로 여기 레이저빔을 작은 체적을 갖는 난반사체 공동에 사각으로 입사시켜, 60° 이상의 입사각도에서 레이저 결정내에 등방성을 갖고 중앙부가 내려앉은 강도분포를 얻을 수 있었다. 본 연구 결과는 수백 W급 이상의 고출력 레이저 개발과 정밀 레이저 가공, 마킹 등의 응용분야에서 요구되는 수십 W급의 TEM₀₀ 모드를 갖는 DPSSL을 개발하는데 매우 유용하게 이용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

1. R. J. Shine, J.r., A. J. Alfrey, and R. L. Byer, Opt. Lett. **20**, 459 (1995)
2. Jie Song, Anping Liu, Kazunori Okino, and Ken-ichi Ueda, Appl. Opt. **36**, 8051 (1997)
3. T. Brand, Opt. Lett. **20**, 1776 (1995)
4. D. Golla, M. Bode, S. Bode, S. Knoke, W. Schone, and A. Tunnermann, Opt. Lett. **21**, 210 (1996)

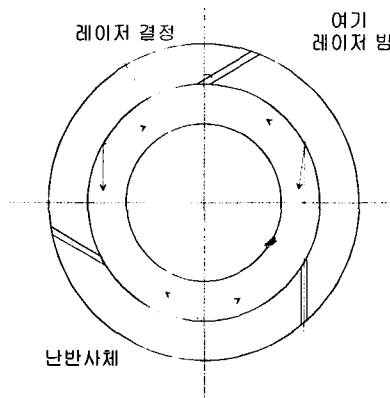


그림 1. 레이저 헤드의 여기구조.

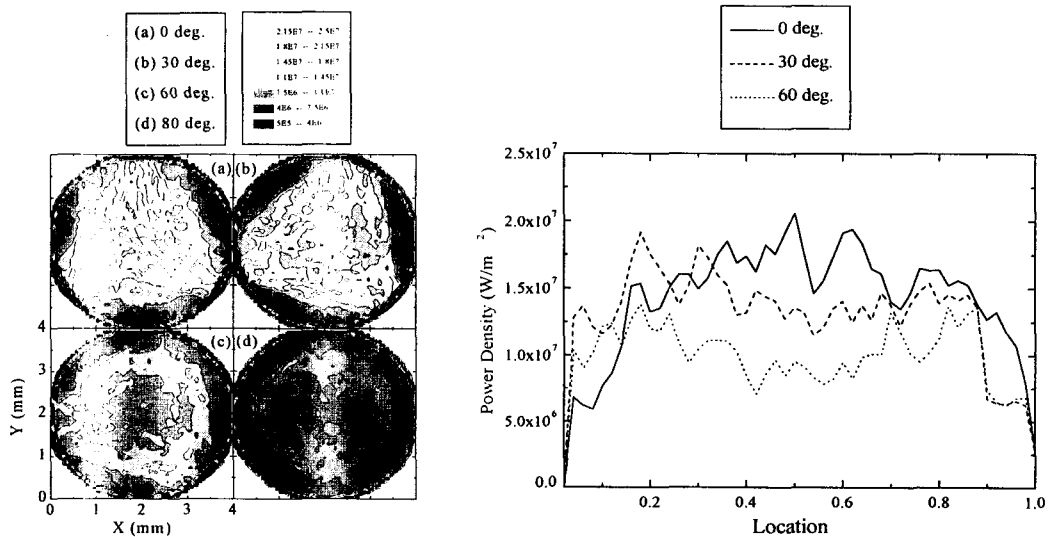


그림 2. 여기 다이오드 레이저빔의 입사각도에 따른 레이저 결정내 여기빔의 흡수강도분포.