

비결상 광학계를 이용한 고출력 DPSSL의 개발

Development of High-Power DPSSLs using Nonimaging Optical Systems

이성만

한국원자력연구소

smlee3@nanum.kaeri.re.kr

지난 20년간 다이오드 여기 고체레이저(DPSSL, Diode-Pumped Solid-State Laser)는 실험실 수준에서 저출력의 레이저 다이오드를 사용하여 다양한 연구가 이루어져 왔으나, 고가인 레이저 다이오드의 가격과 고집적화된 고출력 레이저 다이오드 개발의 어려움에 의해 고출력 레이저 개발과 응용분야의 확대에 제한을 받아왔다. 최근, DPSSL은 여기원인 레이저 다이오드 파장의 다양화, 출력의 증강, 가격의 저렴화와 고품질 레이저 매질과 레이저 설계기술의 개발로 인해서 출력이 수 kW에 이르게 되었고, 고효율, 장수명, 고신뢰성, 경량 등의 탁월한 장점도 갖고 있기 때문에 레이저 가공, 의료용 레이저, 원자력 산업, 반도체 산업, 환경산업 등의 응용분야에서 기존의 레이저 시스템들을 대체할 새로운 레이저 시스템으로 급부상하고 있다.

응용분야에서 요구되는 고출력, 고품질 레이저 사양을 갖는 DPSSL을 설계하기 위해서는, 다양한 출력과 형태를 갖는 다이오드 어레이 빔이 고효율을 갖고 균질하게 레이저 결정을 여기하도록 최적화된 시스템을 설계하여야 한다. 일반적으로, 100 W급 이하 출력을 갖는 DPSSL의 구조는 렌즈덕트(Lens Duct), 광섬유, 빔 형상기(Beam Shaper) 등을 이용하여 봉(Rod) 형태의 레이저 결정을 종여기하는 방식이며, 이 경우 길이가 비교적 긴 레이저 결정의 종축방향으로 여기빔이 진행하면서 흡수되어 레이저 효율이 높고, 여기빔이 레이저 결정의 단면에 등방성을 갖고 분포되어 TEM₀₀ 모드의 빔을 갖는 레이저 제작에 유리하다. 100 W에서 1 kW 사이의 레이저 출력을 갖는 DPSSL의 구조는 봉 형태의 레이저 결정의 둘레에 선형 다이오드 어레이가 직렬결합된 다이오드 바(Bar)를 다수(3 - 9개) 위치시켜 근접결합하는 방법, 수십개의 선형다이오드가 병렬 결합된 적층다이오드 어레이 혹은 수개(2 - 4개)의 선형 다이오드가 병렬 결합된 적층 다이오드 어레이를 직렬 연결한 적층 다이오드 바의 출력을 CPC(Compound Parabolic Concentrator)⁽¹⁾나 V-형 덕트 등의 비결상 광학계를 사용하여 봉형의 레이저 결정에 결합하는 방법, 수십개의 선형 다이오드가 병렬 결합된 적층다이오드 어레이를 슬랩 형태의 레이저 결정에 결합하는 방법 등 여기출력에 제한이 적은 횡여기 방식이 사용된다. kW급의 출력을 갖는 DPSSL의 구조는 3단 이상의 증폭단을 구성하여 고균질의 발진기 레이저 빔을 증폭하는 방식을 사용한다.

본 연구에서는, 약 백 W의 출력을 갖는 Nd:YAG 레이저가 설계되었으며, 여기광원으로 사용된 12개의 어레이로 구성된 300 W급의 적층 다이오드 어레이와 여기빔 결합을 위해서 사용된 반사형 CPC⁽²⁾,⁽³⁾와 V-형 덕트의 설계변수가 봉 형태의 레이저 결정내에 흡수되는 여기빔의 분포에 미치는 영향을 조사하고 최적 설계변수를 결정한다. 또한, 3개의 240 W급의 적층 다이오드 바의 출력을 투과형 절단 CPC와 V-형 비결상 광학계들을 사용하여 레이저 봉에 결합하여 각각 약 300 W의 출력을 갖도록 Nd:YAG 레이저가 설계되었으며, 레이저 출력의 CPC 혹은 V-형 덕트의 매개변수와 여기빔의 발산각 변화에 따른 증폭성을 비교 분석하고 최적조건을 구하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

1. Jim J. Chang, Ernie P, Dragon, Chris A, Ebbers, Issac L. Bass, and Curt W. Cochran, OSA TOPS Vol.19 Advanced Solid-State Lasers, 300 (1998)
2. R. John Koshel and I. A. Walmsley, Appl. Opt. 32, 1517 (1993)
3. W. T. Welford and R. Winston High Collection Nonimaging Optics,(Academic Press, San Diego, 1989)

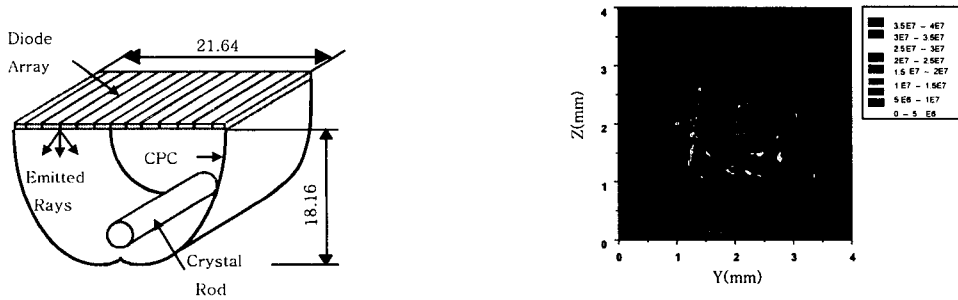


그림 1. 적층다이오드 어레이와 반사형 CPC를 사용한 경우.

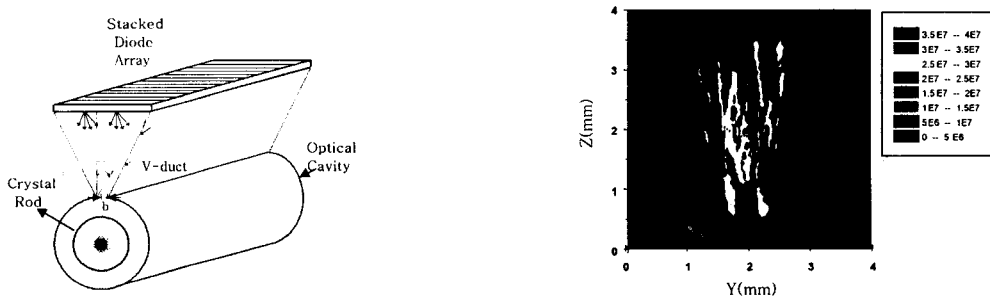


그림 2. 적층다이오드 어레이와 투과형 V-duct를 사용한 경우.

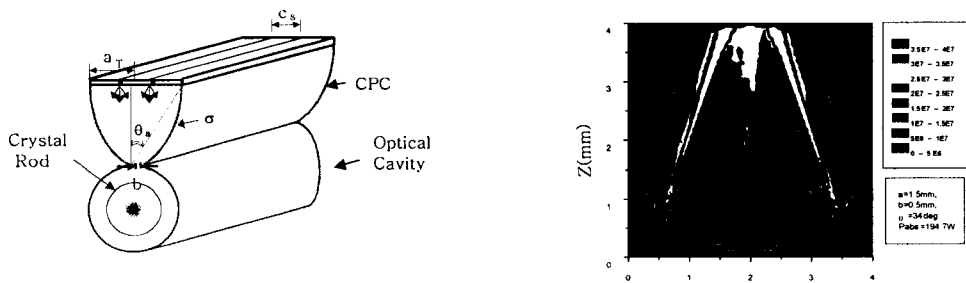


그림 3. 적층 다이오드 어레이 바와 투과형 절단 CPC를 사용한 경우.

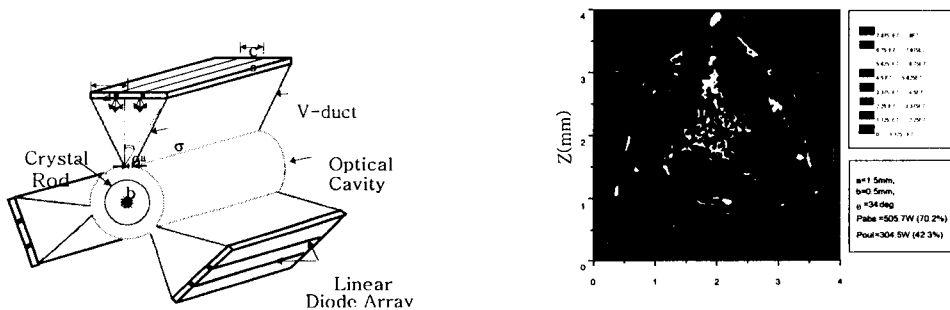


그림 4. 적층 다이오드 어레이 바와 mutiple V-duct를 사용한 경우.