

Nd:LSB 레이저의 열 렌즈 효과 분석 및

공진기 길이에 따른 출력 특성 변화

Analysis on the Thermal Lensing Effect and Output Powers
depending on the Resonator Length of Nd:LSB Laser

오승일, 배효욱, 김대성, 박도현

Y.P. Rudnitskiy*, S.T. Durmanov*, S.A. Kutovoy*, C.V. Smirnov*

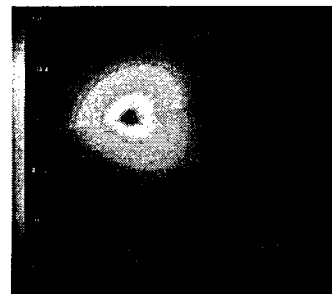
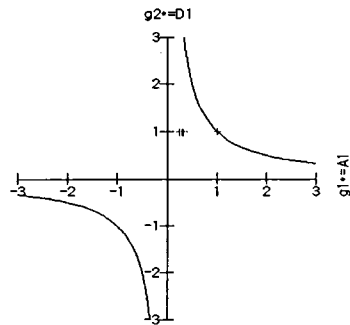
고등기술연구원 전략연구센터, TRINITY*

e-mail 주소 : seil-oh@iae.re.kr

기존의 고체 레이저 장점을 유지하면서 양질의 레이저 출력특성을 갖는 초소형 마이크로칩 레이저 개발에 대한 연구가 90년대부터 진행되고 있다. 이러한 마이크로칩 레이저의 가능성은 기존의 YAG, glass와 같은 모결정에서 불가능하였던 첨가물질의 농도를 획기적으로 높이면서 안정적인 물성을 갖게 됨에 따라 가능하게 되었다. 이 가운데에서 가장 주목을 받는 물질이 LSB(LaSc₃(BO₃)₄)로서 Nd³⁺를 첨가한 Nd:LSB는 마이크로칩 레이저용으로 현재 가장 적합한 물질로 연구가 진행되고 있다.

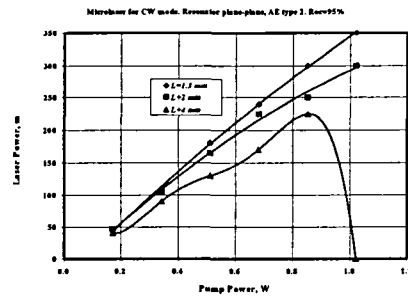
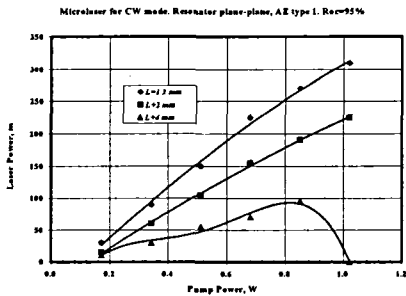
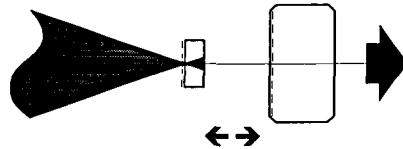
그러나 고체 레이저에 있어서 고출력의 안정한 출력 특성을 갖기 위해서는 레이저 활성 매질 내에 발생하는 고밀도의 펌프 광에 의한 열을 분산시킬 필요가 있는데 본 연구에서는 시뮬레이션을 통하여 레이저 결정 내부에서 발생하는 열의 분포와 온도의 변화 추이를 조사하고 실험을 통하여 열의 의한 효과를 확인하였다.

아래 그림은 20W 출력으로 여기를 시켰을 경우 레이저 열 해석 프로그램을 통하여 분석한 것이다. Nd:LSB의 높은 여기광 흡수율과(34 cm⁻¹) 결정의 낮은 열전도율로(0.03 W/cmK) 인해 여기면의 펌프 광 초점에서 발생한 열이 열확산이 잘 안되고 있음을 보여준다. 이 때 여기광의 초점에서는 온도가 1000℃ 이상 올라감을 알 수 있다. 이는 그래프 상 (1,1) 점에서(평면-평면 공진기) 왼쪽으로 이동하게 된다(오목-평면 공진기). 결국 공진기 길이보다 열 렌즈 효과에 의한 곡률반경이 더 작아지게 되면 그래프상의 2사분면으로 넘어가 더 이상 안정한 공진기를 이룰 수 없다.



실험을 통하여 이 열 렌즈 효과를 확인하여 보았다. 결정의 한 면을 이중박막(dichroic coating) 처리하여 여기 광에 대한 무반사 코팅과 출력광에 대한 전반사 코팅을 하였고, 다른 면은 출력 광에 대해

무반사 코팅을 하였다. 그 외부에는 아래 그림과 같은 평면 출력경을 사용하여 평면-평면 공진기를 이루었다. 이 출력경의 위치를 조정해 가며 공진기의 길이를 변화시켜 결정의 열 렌즈 효과를 볼 수 있었다.



T
E

위 그림은 10 at.%와 21 at.%의 Nd:LSB 결정으로 실험을 한 것이다. L은 결정의 두께이며 1.3mm이다. 그림에서 알 수 있듯이 열 렌즈 효과는 1W에서 그 곡률반경이 약 6mm임을 알 수 있다. 공진기 길이가 6mm 정도 되었을 때 출력 빔이 불안정하여(unstable state) 발진이 사라짐을 알 수 있었다.

LSB를 모결정으로 했을 때 Nd³⁺의 첨가농도는 이론적으로는 100%까지 La³⁺이온과 대체가 가능하지만 여기광의 흡수 깊이를 고려하여 레이저 결정의 농도는 10%, 14%, 21%로 선택하여 러시아 공동 연구기관과 함께 Czochralski 기법을 이용하여 성장된 결정을 사용하였다. 여기광으로 4W급 808nm의 레이저 다이오드를 사용하였으며, 여기광학과 레이저 결정 사이의 전달 광학계는 3장의 렌즈로 구성된 광학계를 사용하였다.

참고문헌

1. W. Koechner, Solid-State Laser Engineering, 5th ed. (Springer-Verlag, Berlin, 1999)
2. J. D. Foster and L. M. Osterink, "Thermal Effects in a Nd:YAG Laser", J. Appl. Phys., vol. 41, pp. 3656-3663, 1970

외 다수.