

Nd 첨가 광 이득 매질에 의한 고평균 출력 레이저

Development of High-Average-Power Laser Based on Nd-doped Optical Gain Material

서영석, 홍성기, 임창환, Yasushi Fujimoto*, Takahiro Sato*, Masahiro Nakatsuka*
 한국원자력연구원 양자광학기술개발센터, *Institute of Laser Engineering, Osaka University
 physys@kaeri.re.kr

광학적 특성뿐만 아니라 열 및 기계적 특성 또한 우수한 실리카 기반의 레이저 매질에 대한 연구는 희토류 원소를 여기 매체로 이용하게 되면서 그 특성을 유지하면서도 증폭 기능이 부가된 새로운 매질에 대한 연구가 활기를 띠고 있다. 특히, 열적 충격에 강하고 내력이 우수한 Nd 첨가 실리카 유리(NdSG; Nd-doped Silica Glass)에 대한 연구는 1970년대 초 Galant 등이 용해법으로 처음으로 제작하였고, 이후 CVD(Chemical Vapor Deposition)법, Sol-Gel법 등을 이용하여 양자효율과 광학 균질성을 높이기 위한 연구들이 이루어져 왔다.

본 연구 그룹에서는 이전의 어떤 연구에서도 시도되지 않았던 새로운 제작 방법인 Zeolite법을 이용하여 NdSG를 제작하는데 성공하였다⁽¹⁾. Zeolite 법은 Nd 원소를 농도 소광을 일으키지 않도록 일정하게 거리를 유지시켜주는 결정 구조물인 Zeolite X에 미리 보관해 두고, 선택적으로 희토류 원소를 치환한 뒤 Zeolite X구조를 없애는 방법으로 NdSG를 제작한다. 최근, 본 연구실에서는 이 방법을 이용하여 개발 초기인 1997년 당시 50%@1.0 wt%를 기록했던 양자효율을 제작 방법을 개량하여 81%@1.25 wt%까지 향상시키는데 성공하였다. 그림 1은 NdSG의 형광 스펙트럼을 보여준다. 첨두 파장의 위치가 1062 nm 이고, 반폭치(FWHM)가 51.7 nm이므로 고평균/고출력 레이저의 개발에 적용하는 것이 가능하다.

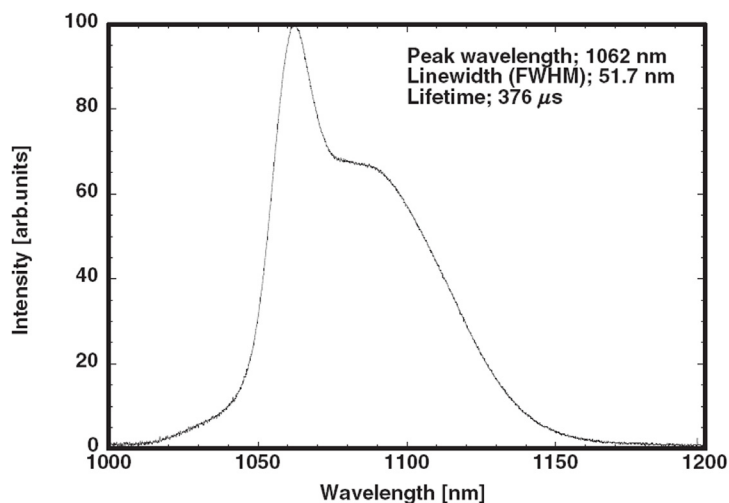


그림 1. Nd 첨가 실리카 유리의 형광 스펙트럼

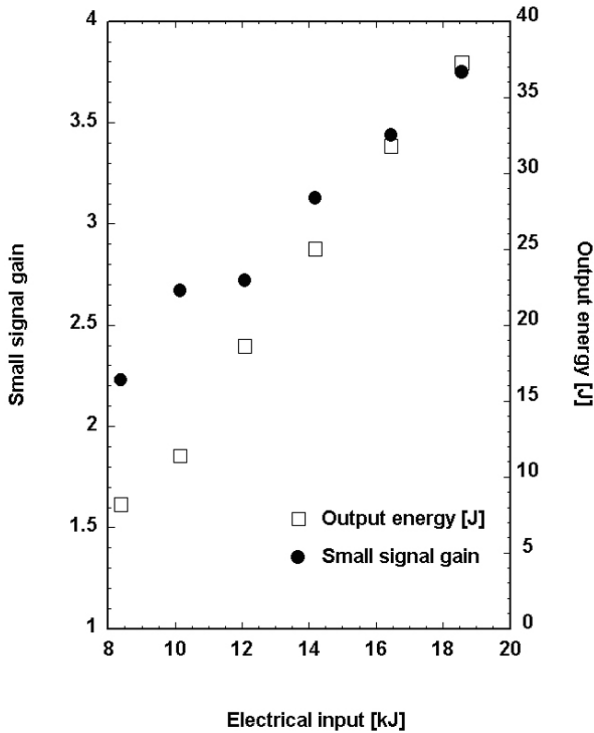


그림 2 입력 에너지에 대한 출력과 증폭 이득

직경이 30mm이고 길이가 300 mm인 원통형 (Rod)으로 제작된 NdSG를 사용하여 발진 실험을 하였다. 그림 2는 출력 에너지에 대한 여기 광강도의 존성을 보여준다. 출력 거울의 투과율은 30%이고, 반사경이 HR:r=3000 mm인 공진기를 구성하여 최대 전기 입력 18.6 kJ에서 발진 출력 37.3 J을 얻었다. 이것은 8mmφ×92.6 mmL 샘플(154 mJ)에서의 실험 결과와 비교하면 240배의 출력 향상을 달성한 것이다. 그러나 라드 내부에는 여전히 0.0087 cm⁻¹의 투과 손실이 남아 있음을 확인할 수 있었다. 두 샘플에 대한 발진 실험 결과를 비교하여 표 1에서 상세히 설명하였다.

Nd 첨가 실리카 유리의 양자 효율을 향상시키고 고품질화에 성공하여 향상된 발진 출력을 얻었다. 이 레이저 매질은 열 및 기계적 특성이 우수하여 고품준 출력 레이저를 구성하는데 적당하다. 앞으로의 연구는 레이저 매질의 투과 손실을 개선하여 0.001 cm⁻¹를 달성하는 것을 목표로 하고 있으며, 동일 구성의 발진기로부터 100 J/shot의 출력 에너지를 얻을 수 있을 것으로 기대하고 있다.

표 1. 직경이 8 mm와 30 mm인 NdSG의 발진 특성 비교

	8mmφ×92.6mmL ⁽²⁾	30mmφ×300mmL ^(3,4)
Loss coefficient [cm ⁻¹]	0.0302	0.0087
Maximum small signal gain	1.67	3.75
Gain coefficient [cm ⁻¹]	0.0553	0.047
Stored energy [J]	3.43	124
Stored energy density [J/cm ³]	0.72	0.63
Laser output energy [J]	0.154	37.3

1. Y. Fujimoto and M. Nakatsuka, J. Non-Cryst. Solids 215, 182 (1997)
2. T. Sato, Y. Fujimoto, T. Ueda, A. Fujinoki, H. Okada, H. Yoshida, K. Sumimura and M. Nakatsuka: Jpn. J. Appl. Phys., 45 6936 (2006)
3. T. Sato, Y. Fujimoto, T. Ueda, A. Fujinoki, H. Okada, H. Yoshida, and M. Nakatsuka: Appl. Phys. Lett., 90 221108 (2007)
4. Y. Fujimoto, T. Sato, H. Yoshida, Y. -S. Seo, T. Ueda, A. Fujinoki, S. Matsuoka, H. Kan and M. Nakatsuka, The Review of Laser Engineering, 35 657 (2007)