

# 반도체 레이저 측면 여기 Nd:YAG 매질에서의 열복굴절 효과

## Thermal Birefringence Effect on Laser-Diode Side-Pumped Nd:YAG Laser

양동욱\*, 김병태  
 청주대학교 광학공학과  
 laser@sbsmail.net

레이저 매질은 흡수된 여기 파워에 의해 매질 내부에서 열이 발생하고, 매질 표면을 따라 냉각이 진행되어 매질 내부에서는 불균일한 온도분포가 발생하게 된다.<sup>[1,2]</sup> 레이저 매질의 굴절율은 온도에 따라 변하기 때문에 열복굴절과 열렌즈 현상이 일어나 레이저 출력의 손실 및 빔질의 저하를 초래하게 된다.<sup>[1,3]</sup>

선형 편광 광선을 이용하는 고체 레이저는 레이저 매질을 브루스터각으로 가공하거나 공진기 내부에 브루스터판을 삽입한다. 따라서, 선형 편광 광선은 열복굴절에 의한 위상 지연으로 타원 편광이 되고, 타원 편광 광선의 s-성분은 브루스터판에서 반사를 일으키게 되어 레이저 출력의 손실을 일으키게 되므로 레이저 공진기를 구성하는데 있어서 정량적인 열영향의 해석이 필요하다.<sup>[1,2,5]</sup> 열영향에 의한 위상 지연은 방위각 방향과 반지름 방향으로 각각  $\Delta n_\phi$ ,  $\Delta n_r$  만큼 생긴 굴절율의 차이로 발생하고 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>[1]</sup>

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} L(\Delta n_\phi - \Delta n_r) = 0.02 \frac{\pi a n_0^3}{\lambda K} L Q r^2$$

여기서  $n_0$ 은 굴절율,  $a$ 는 열팽창 계수,  $K$ 는 매질의 열전도도,  $L$ 은 매질의 길이,  $r$ 은 매질의 반경, 그리고  $Q$ 는 단위 체적 당 총열량을 의미한다. 열복굴절에 의해 일어나는 레이저 출력의 손실과 빔질 저하는 위상 지연판을 사용하면 보상이 가능하다.<sup>[1]</sup>

그림 1은 실험 장치의 개략도로 발진 파장 808 nm, 출력 20 W의 반도체레이저(Laser-Diode, LD)를 레이저 매질 측면에서 여기 광원으로 사용한다. 공진기가 구성되지 않은 상태에서 선형 편광된 He-Ne 레이저를 probe광으로 사용하여 열영향에 의한 상태 변화를 측정하게 된다. LD 여기 고체 레이저는 높은 양자효율을 갖기 때문에 열복굴절 현상이 작게 일어나 고감도 측정법을 사용해야 하는데  $\lambda/4$ 판을 삽입하여 probe광의 변화를 측정함으로써 이를 해결할 수 있다.<sup>[4,6]</sup>

그림 2는 여기서시켰을 때 Nd:YAG 매질에서 발생한 열복굴절에 의해 변화된 probe 광선의 2차원적 분포를 CCD 카메라로 측정한 것이다. 여기 파워와 반경에 따른 열복굴절에 의한 위상 지연 및 depolarization 양을 측정·해석하고, 보상기를 삽입하여 그 상태를 측정한다.

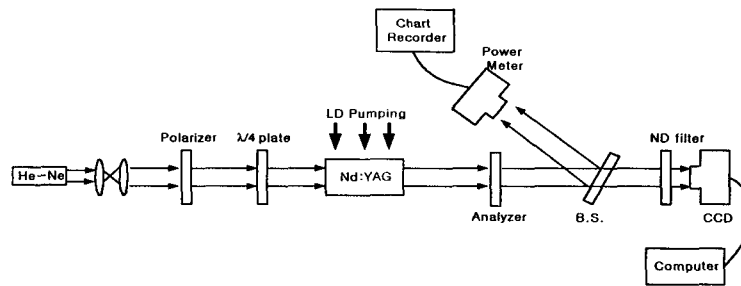


그림 1. 실험 장치 개략도

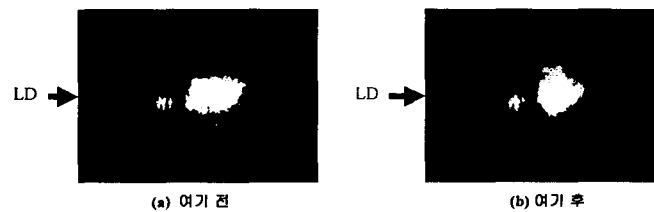


그림 2. 열복굴절 현상에 의한 prebe beam pattern 변화

[참고문헌]

- [1] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering* (Springer, Berlin, 1996).
- [2] W. Koechner, *J. Appl. Phys.* **44**, 3162(1973).
- [3] M. Born, and E. Wolf, *Principles of Optics* (Cambridge, 1997).
- [4] 湯淺龜一, *材料力學中卷* (コロナ社, 1970).
- [5] H. Kiriya, T. Yoshida, N. Srinivasan, H. Matsui, K. Nisuida, S. Nakai, Y. Izawa, T. Yamanaka, and M. Yamanaka, *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 7197 (1997).
- [6] M. Ohmi, K. Ishikawa, M. Akatsuka, K. Naito, Y. Yonezawa, Y. Nishida, M. Yamanaka, Y. Izawa, and S. Nakai, *Appl. Opt.* **33**, 6368 (1994).