

## 열유도된 왜곡편광을 이용하는 결합공진기를 갖는 선형 편광된 Nd:YAG 레이저

### A linearly polarized Nd:YAG laser with a coupled cavity utilizing thermally induced depolarization

김현수, 이성만, 고도경, 문희중, 임권, 차병현, 이종민  
한국원자력연구소 양자광학팀  
kimhs@kaeri.re.kr

다이오드 레이저로 펌핑되는 Nd:YAG 매질에 형성된 열 복굴절은 레이저 출력과 빔질의 저하를 초래한다. 선편광된 레이저 출력을 얻기 위해서는 주로 공진기 내에 선형 편광자를 삽입하게 되는데, 레이저 매질에 형성된 열 복굴절에 의한 왜곡 편광된 레이저 빔이 편광자에 의해 반사되어 공진기 손실을 초래한다. 편광 왜곡에 의한 레이저 빔의 손실을 줄이거나 이중 초점을 제거하기 위해 주로 사용되어지는 광 소자는 Faraday 회전자,  $\lambda/4$  판, 석영 회전자 등이 사용되어진다.<sup>(1-5)</sup>  $90^\circ$  석영 회전자와 Faraday 회전자는 공진기 내에 두 개의 동일한 구조를 갖는 레이저를 이용할 경우 사용되고  $\lambda/4$  판 과  $45^\circ$  Faraday 회전자는 주로 단일 레이저 헤드의 복굴절 보상을 위해 사용되어진다.  $45^\circ$  Faraday 회전자는 이론적으로 완벽히 열복굴절에 의한 편광 왜곡을 보상한다. 그러나, 열복굴절을 완벽히 보상하기 위해서는 레이저 빔이 항상 레이저 매질의 같은 지점을 통과해야 한다. 실제적으로 레이저 매질에서는 열에 의한 열 렌즈 효과가 있기 때문에 레이저 빔이 항상 같은 지점을 통과하지 않게 된다. 이런 문제를 해결하기 위해 공진기 내에 열 렌즈 효과를 보상하기 위한 렌즈를 삽입하거나 레이저 헤드를 공진기 거울 가까이 설치하여야 한다. Faraday 회전자는 길이가 길기 때문에 레이저 헤드를 공진기 거울 가까이 설치하기는 어렵고 항상 열 렌즈 효과를 보상해주는 광학 소자가 있어야 하는 단점이 있다. 반면  $\lambda/4$  판은 완벽한 편광 왜곡을 보상해주지 않아 레이저 손실을 초래하지만 두께가 얇아 레이저 헤드와 공진기 거울을 근접해서 설치할 수 있어서 몇몇 연구자에 의해 연구되어 졌다.<sup>(3)</sup> 본 연구에서는  $\lambda/4$  판을 이용하고 편광기에서 반사된 빔을 공진기에 되반사 시키는 구조를 사용하여 선 편광된 레이저의 출력과 빔의 질을 개선 시켰다.

그림 1은 실험 장치도와 레이저 출력의 빔 모양이다. 그림 1(a)는 일반적으로 선편광된 레이저 빔을 얻기 위한 장치도와 출력 빔 모양이다. 이 경우 레이저의 편광 방향에 수평, 수직인 영역에서 편광 왜곡에 의한 손실이 없지만 나머지 영역에서는 열 복굴절에 의한 편광 왜곡에 의해 편광자에서 반사 일어난다. 따라서 공진기 손실이 적은 편광 방향에 수직 수평한 영역에서 레이저가 강하게 발진하여 열십자 (+) 모양으로 레이저 빔이 형성된다. 그림 1(b)는  $\lambda/4$  판의 굴절을 축 방향이 편광기에 수평하게 설치하여 열 복굴절이 일부 보상되게 하는 실험 장치도이다. 이 경우 편광 방향에 수직 수평한 방향 이외에  $45^\circ$  방향에 대해서도 편광왜곡에 대한 손실이 없기 때문에 열십자 (+)와  $45^\circ$  회전한 열십자 (x)가 겹치는 모양으로 레이저가 발진한다. 본 연구에서 제안한 실험 장치도 (그림 1(c))는 그림 1(b)와 동일하게 설치된 편광자를 사용하지만 편광 왜곡된 빔을 공진기로 되반사시켜 레이저 출력과 빔질을 개선되게 하는 실험 장치도이다. 그림 1(d)는 그림 1(c)의 장치도에서  $\lambda/4$  판의 굴절을 축을  $45^\circ$  회전시킨 경우이다. 이 경우는 앞의 경우보다 빔질이 떨어지지만 더 높은 출력으로 발진하였다. 그림 2는 레이저 다이오

드레 호르는 전류의 증가에 따른 레이저의 출력의 관계를 나타낸다. 되반사 거울을 사용할 경우 레이저 출력이 많이 증가함을 알 수 있었으며,  $\lambda/4$  판의 굴절을 축을 45도 회전시킨 경우에 비록 빔질이 다소 저하되었지만 가장 높은 출력으로 발진하였다.

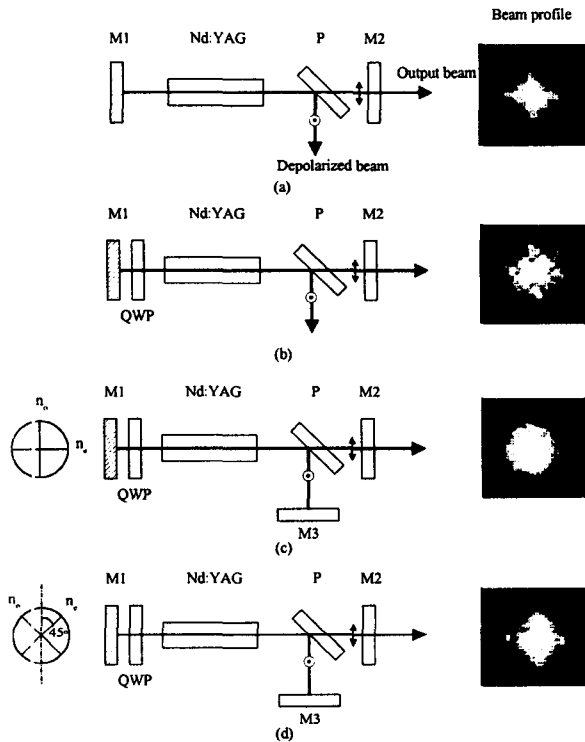


그림 1. 실험장치도와 출력빔 모양.  
 (a) QWP가 없을 때, (b) QWP(0°)가 있을 때,  
 (c) QWP(0°)와 되반사 거울이 있을 때,  
 (d) QWP(45°)와 되반사 거울이 있을 때.

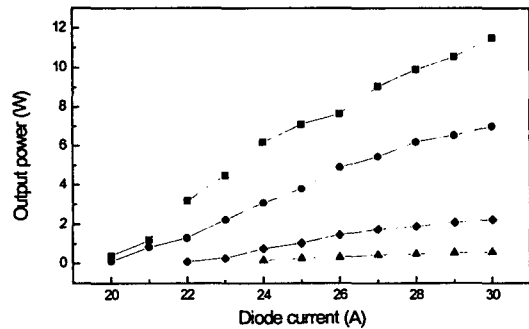


그림 2. 다이오드 레이저 전류에 따른 Nd:YAG 레이저 시스템의 출력 특성; QWP와 되반사 거울이 없을 때 (-▲-); QWP(0°)를 삽입하고 되반사 거울이 없을 때(-◆-); QWP가 없고 되반사 거울이 있을 때(-●-); QWP(45°)와 되반사 거울이 있을 때(-■-).

## 참고문헌

1. J. Y. Lee, H. S. Kim, K. Y. Um, J. R. Park, and H. J. Kong, Trends Opt. Photon. 1. 216-221 (1996).
2. S. Konno, T. Kojima, S. Fujikawa, and K. Yasui, Opt. Lett. 25, 105-107 (2000).
3. W. A. Clarkson, N. S. Felgate, and D. C. Hanna, Opt. Lett. 24, 820-822 (1999).
4. C. A. Denma and S. I. Libby, Trends Opt. Photon. 26, 608-612 (1999).
5. R. Fluck, M. R. Hermann, L.A. Hackel, Appl. Phys. B 70, 491-498 (2000)