

## 종 펌핑된 박막형 Yb:YAG의 열 분포 해석

# Study on Thermal Distribution of a Longitudinally Pumped Thin Disk Yb:YAG

김형준, 박시현, 박종락, 김현수  
 조선대학교, 광기술공학과  
 hskim21@chosun.ac.kr

레이저 다이오드로 레이저 매질을 펌핑함으로써 고효율의 레이저가 많이 개발되고 있다. 또한 소형 구조로도 레이저가 고출력으로 발전할 수가 있다. 특히 레이저 다이오드로 펌핑하는 박막형 레이저는 열 렌즈 효과를 최소화함으로써 고출력이면서 고품질의 레이저로 동작할 수가 있다. 따라서 박막형 레이저 개발에 있어서 Yb:YAG는 중요한 레이저 매질로 부각되고 있다. Yb:YAG는 양자효율(91%)이 높아 여기 레이저의 10% 정도 밖에 열로 전환되지 않지만 문턱값이 높기 때문에 레이저 결정내의 작은 부분에 펌프 빔을 집중하게 되어 극소 영역에서 고열이 발생하게 된다. 또한 Yb:YAG는 여기 방출 단면적이 온도 증가할수록 감소하는 것으로 알려졌다. 종 펌핑 방식인 경우, 여기레이저의 빔 중심부에서 레이저 매질의 온도가 높고 그 주변으로 갈수록 온도가 감소하는 분포가 된다. 이런 경우 온도 상승에 의한 문턱에너지의 증가와 더불어 편광왜곡이나 파면왜곡 등의 현상이 나타나 빔의 질을 저하시킨다. 따라서 이의 효율적인 냉각이 요구되고 있다.

본 연구에서는 그림 1과 같은 박막형 레이저 매질의 냉각조건에 따른 매질 내의 온도 분포 변화를 고찰하고 레이저 매질에 대한 변수 및 펌프 빔의 조건에 대한 매질내의 온도 변화 등을 고찰하였다.

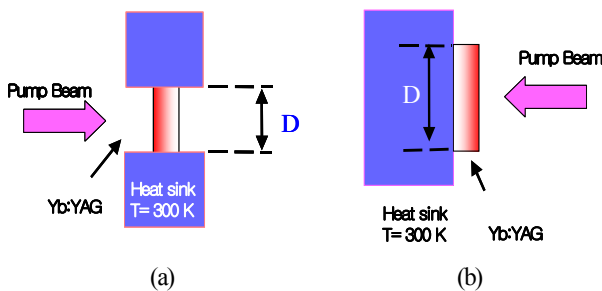
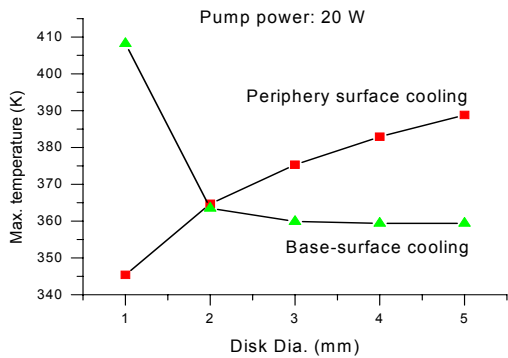


그림 1. 박막형 레이저 매질의 냉각 방식.  
 (a) 측면 냉각 방식, (b) 밀면 냉각 방식

수치해석을 위해 열원은 레이저 다이오드 펌프 광원에 의한 종 펌핑에 의한 것이라고 가정하고 펌프광원의 공간 분포가 GAUSSIAN 형태라고 가정하였다. 레이저의 매질의 경계 조건으로 레이저 박막의 냉각면이 300K로 유지되도록 되어있다고 가정하였다. 박막의 직경에 따른 매질의 중심 온도는 그림 2와 같이 계산에 사용한 파라미터는 그림 2의 우측에 나타내었다.



**Yb:YAG parameters**  
 Thickness: 0.8mm  
 Dia: 5mm  
 Abs. Coeff: 2.3/mm(20wt%)

**Pump beam parameters**  
 Waist: 300 μm  
 Shape: Gaussian  
 Divergence: 50 mrad  
 Power: 20W

그림 2. 레이저 디스크의 밑면 냉각과 측면 냉각에 대한 레이저 매질 중심 온도의 비교.

계산 결과에 의하면 측면 냉각 보다는 밑면 냉각이 냉각 효과가 더 뛰어남을 알 수 있다. 그러나 여전히 중심 온도가 매우 높아 고출력 레이저로 사용하기는 부적합한 것으로 사료된다. 따라서 냉각 효율을 더 높이기 위해 레이저 디스크의 두께 및 펌프 빔 사이즈에 대한 레이저 매질 중심부의 온도 변화를 고찰 했다. 그 결과는 다음과 같다.

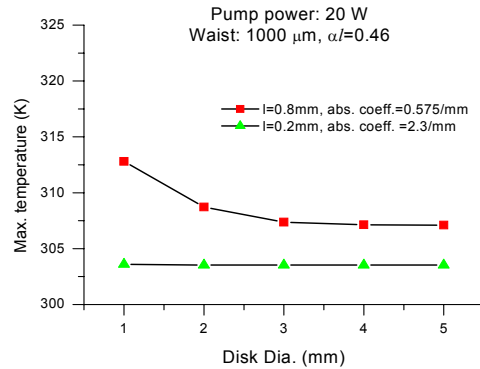
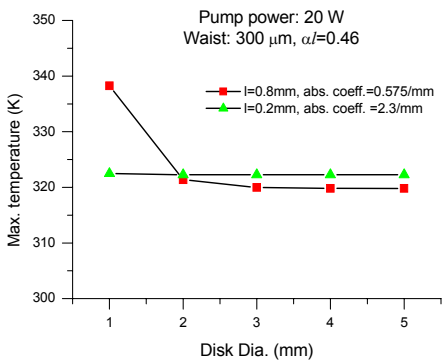


그림 3. 레이저 디스크의 두께에 대한 레이저 매질 중심부의 온도 변화

그림 4. 펌프 빔 waist 크기에 대한 레이저 매질의 온도 변화.

수치 계산 결과 박막형 레이저 매질의 온도는 펌프빔의 사이즈에 따라 박막의 두께와 길이의 최적 조건이 다름을 알 수 있었다.