

난반사체를 이용한 다이오드 횡여기 Nd:YAG 레이저의 매개변수 연구

Parametric Study of a Diode Side-Pumped Nd:YAG Laser Using a Diffusive Reflector

이성만, 김선국, 윤미정, 문희중, 김현수, 고도경, 차병현, 이종민
한국원자력연구소 양자광학기술개발팀
smlee3@kaeri.re.kr

지금까지 gold-coated 반사체, cusp-shaped 반사체, 복합 포물 반사체(CPC), 난반사 공동체 등 다양한 형태의 반사체가 횡펌핑을 이용한 Nd:YAG 레이저의 개발을 위하여 고안되어졌다. 횡여기되는 Nd:YAG 레이저의 광학적 효율은 반사체의 형태, 다이오드 레이저의 파장, Nd:YAG 결정의 지름, Nd^{3+} 의 도핑농도에 따라 영향을 받는다.⁽¹⁾

본 연구에서는 고효율의 횡여기 Nd:YAG 레이저를 개발할 목적으로 광여기 공동으로 사용된 난반사 공동체의 내부지름과 레이저 매질인 Nd:YAG 결정의 흡수계수 등 매개변수를 변화시켜 흡수분포와 출력을 계산하였으며, 이러한 매개변수들이 기울기 효율에 미치는 영향을 수치 해석적으로 연구해 보았다.

광선추적법에서 사용한 매개변수 중에서 다이오드 레이저의 파장은 808 nm이고, 반사율은 90%이며, 여기 다이오드 출력은 1080 W이다. 난반사 공동체⁽²⁾의 반사율은 95.7%이고, 결정의 투과율은 90%이며, 결정의 반지름은 2.5 mm이다. 사용된 여기 구조도는 그림 1과 같다. 여기헤드는 Nd:YAG 결정, 난반사 공동체, 그리고 3개의 360 W급 다이오드 어레이들로 구성되어 있다.

난반사 공동체의 내부 직경을 10 mm에서 20 mm까지 2 mm 간격으로 변화시켜 본 결과 공동체의 내부 직경이 증가할수록 공동체의 부피가 증가하므로 흡수효율은 감소하지만, 반면 빔의 중앙 집중현상은 해소됨을 알 수 있다. 흡수효율과 빔의 중앙집중현상을 모두 고려하면 공동체의 내부 직경이 16 mm 정도일 때 흡수분포의 최적화가 가능할 것으로 생각된다. 그림 2와 그림 3은 공동체의 내부 직경이 10 mm일 때와 16 mm일 때 광선추적법을 통해 얻은 각각의 흡수분포를 나타낸 것이다.

Nd:YAG 결정의 흡수계수는 1 cm^{-1} 에서 6 cm^{-1} 까지 1 cm^{-1} 의 간격으로 변화시켰으며, 흡수계수가 증가할수록 흡수효율이 포화곡선의 형태로 증가함을 알 수 있다(그림 4 참고). 흡수계수가 작을 때, 즉 Nd:YAG 결정의 도핑농도가 낮을 때는, 여기빔이 결정의 중심부에서 균일하게 분포하지만, 흡수계수가 크면 빔이 결정의 표면에서 흡수되는 비율이 커지기 때문에 빔이 결정의 표면에 불균일하게 집중됨을 볼 수 있다. 흡수분포로부터 효과적인 TEM₀₀ 모드를 얻기 위해서는 흡수계수를 빔의 표면 집중현상이 나타나기 시작하는 4 cm^{-1} 이하로 선택하는 것이 적합함을 알 수 있다. 다이오드 레이저의 파장 808 nm인 경우 Nd:YAG 결정의 도핑농도가 0.6% 와 1.1% 일 때 사용된 흡수계수는 각각 3.3 cm^{-1} 와 6 cm^{-1} 이다. 그림 5와 그림 6은 흡수계수가 3.3 cm^{-1} 인 경우와 흡수계수는 6 cm^{-1} 인 경우의 흡수분포이다.

난반사 공동체의 내부 지름이 16 mm 인 경우의 흡수분포에 대하여, 출력경의 투과율이 15%이고, 출력빔의 반경이 1.2 mm라고 가정하고, 흡수계수가 3.3 cm^{-1} 와 6 cm^{-1} 인 경우에 대하여 각각의 출력을

TEM₀₀ 모드에 대하여 계산해 보았다(그림 7 참고). 이때 흡수계수가 3.3 cm⁻¹일 때의 출력은 235 W로 광학적 효율은 22%이고, 흡수계수가 6 cm⁻¹일 때의 출력은 220 W로 광학적 효율은 20%로 계산되었다.

결론적으로, 링여기시 광학적 효율은 반사체의 기하학적 구조나 Nd:YAG 결정의 성질에 영향을 받으므로 각각의 매개변수들을 최적화하면 보다 효율적인 여기가 가능함을 알 수 있다.

참고문헌

1. Jongmin Lee, Hee-Jong Moon, Jonghoon Yi and Byungheon Cha, "Efficient CW Operation of TEM₀₀ Mode from a Diffusive Reflector-Type Diode-Side Pumped Nd:YAG Laser" Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 pp. L315-L317 (1999).
2. Labsphere, Diffused Reflectance Coatings and Materials(Catalog 1), 40 (1997)

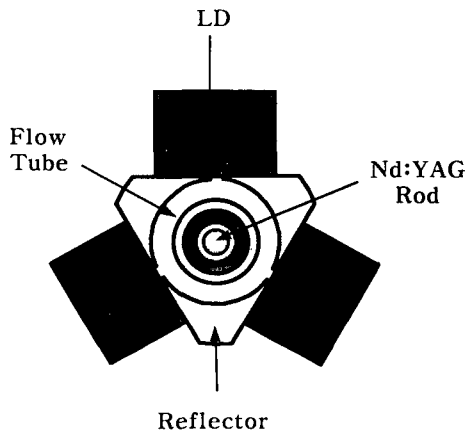


그림 1

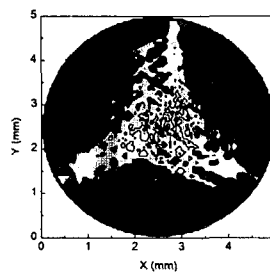


그림 2

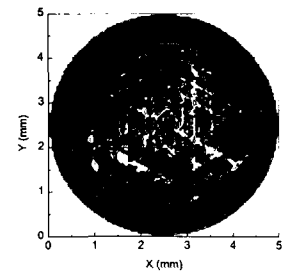


그림 3

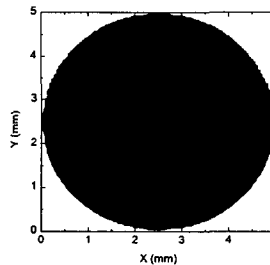


그림 5

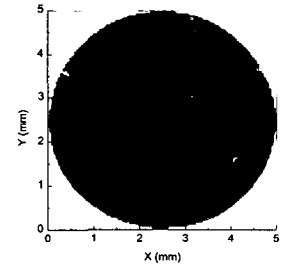


그림 6

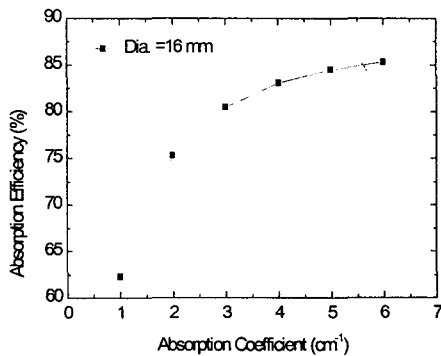


그림 4

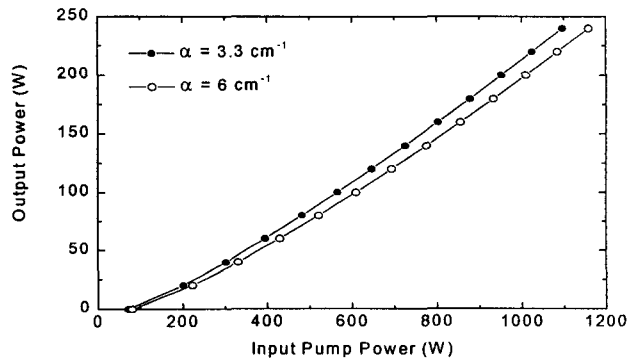


그림 7