

불안정형 공진기를 이용한 연속발진 불화중수소 레이저의 출력 특성

Output Characteristics of a Continuous Wave Deuterium Fluoride Laser with Unstable Resonator

김현태, 이수상, 이정환*, 강응철*

대우종합기계(주) 특수사업본부, *국방과학연구소 기술연구본부

e-mail: htkim84@hanmail.net

불화중수소 레이저는 사용하는 기체의 자발적인 화학반응에 의해 발생된 에너지를 이용하여 레이저를 발진시킬 수 있는 화학레이저이다. 산화제인 불소원자와 연료인 중수소의 화학반응에 의해 DF 여기분자를 발생시켜 진동-회전 준위간의 전이에 의해 레이저를 얻는다. 일반적으로 불안정형 공진기의 배율 M 은 공진기의 output coupling과 $\delta_s = 1 - 1/M^2$ 의 관계가 있다. 본 연구에서 사용한 불화중수소 레이저는 안정형 공진기의 최적 반사율이 97 %이고, 이에 해당하는 불안정형 공진기의 최적 배율은 $M=1.02$ 이다. 이 배율에 해당하는 빔의 두께는 100 μm 로 매우 얇아 scraper 출력경에서 회절 및 산란이 크게 발생하게 되어 레이저 출력을 얻기 어렵다. 또한 불안정형 공진기의 배율이 $M=1.3$ 이상이면 레이저의 발진문턱 이득계수가 0.021 cm^{-1} 이상으로 증가하여 발진이 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 output coupling이 0.17인 배율 $M=1.1$ 의 공초점 구조를 갖는 NBUR(negative branch unstable resonator)과 PBUR(positive branch unstable resonator)을 설계하였다.^(1,2) Negative branch 형의 공진기는 공초점 위치에서 spatial filtering 효과로 위상파면 특성을 향상시킬 수 있고 광축정렬 민감도가 작은 장점이 있으나 이득매질을 충분히 사용하기 위해서는 공진기 길이가 증가해야 하는 단점이 있다. 또한 Positive branch형의 공진기는 이득매질의 영역을 넓게 사용할 수 있는 장점이 있으나, 광축정렬 민감도가 커서 출력에 영향을 줄 수 있다.

본 연구에서는 불소원자 발생장치로 $\text{F}_2\text{-H}_2$ 연소방식을 이용한 연소기를 사용하였으며 레이저 이득매질인 DF 여기분자를 발생시키기 위해서 초음속 노즐을 사용하였다. 초음속 노즐로부터 형성되는 레이저 이득매질은 높이 0.7 cm, 폭 3.2 cm, 길이 5 cm이며, 배기장치로는 25 m^3 용량의 진공탱크를 사용하였다. 발진 실험이 끝난 후에는 진공펌프 및 건식형 중화장치를 통해 불소화합물을 처리할 수 있도록 하였다.⁽³⁾

그림 1은 NBUR 불화중수소 레이저의 발진기 구성도를 나타낸 것이다. 반사경 사이의 거리 L 은 NBUR의 경우 1,050 mm이고, PBUR은 800 mm로 설계하였다. 2 인치 Cu 반사경과 45도로 레이저 출력을 뽑아내는 원형 및 사각형 hole 형태의 3 인치 scraper 출력경을 이용하여 실험을 수행하였다. 그림 2와 그림 3은 각각 원형 scraper와 사각형 scraper를 사용한 경우의 출력 pattern을 보여준다.

NBUR에 의한 레이저 출력은 8.3 W를 얻었으며, PBUR에 의한 레이저 출력은 48 W로 NBUR에서 보다 PBUR에서 5 배 이상의 출력을 얻었다. NBUR 레이저 출력의 시간에 따른 출력 분포는 안정형 공진기에 의한 출력 분포와 유사한 형태로 안정적으로 측정되었으나, PBUR 레이저 출력은 정렬 안정성이 매우 낮아 발진 중 출력 분포가 변화하는 불안정한 출력 파형을 얻을 수 있었다.

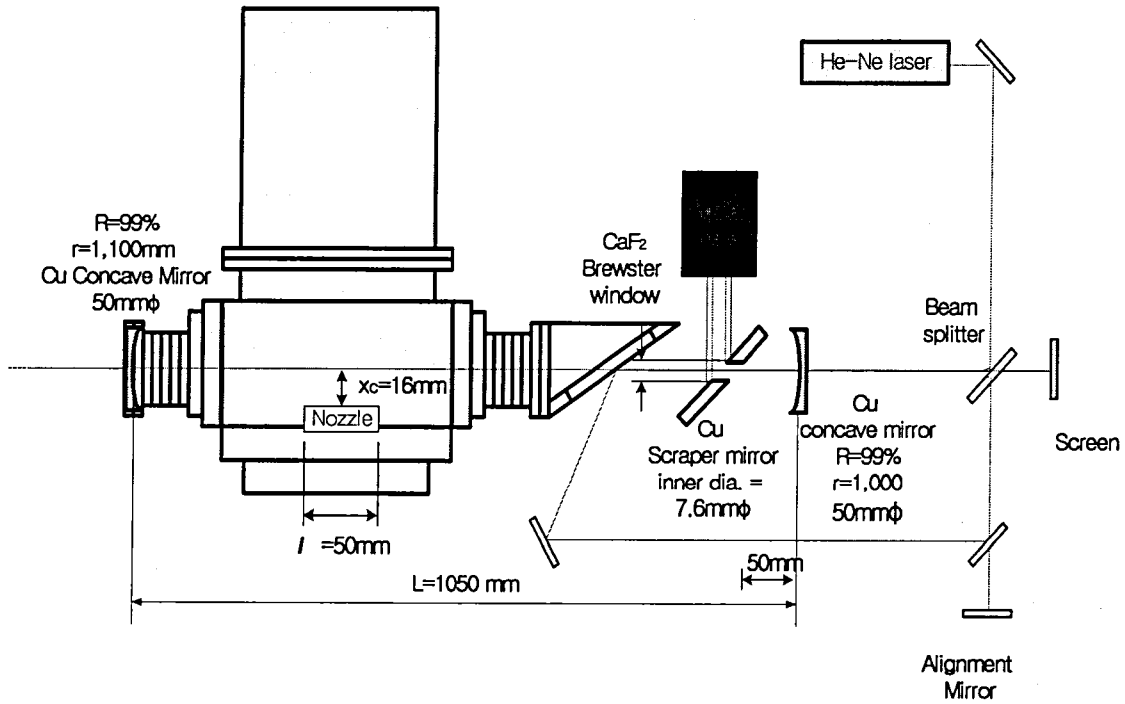


그림 1. NBUR 불화중수소 레이저 발진기 구성도

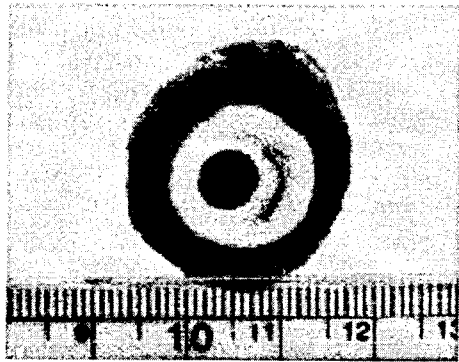


그림 2. 원형 scraper 반사경에 의한 레이저 출력 패턴



그림 3. 사각형 scraper 반사경에 의한 레이저 출력 패턴

참고문헌

1. A. F. Siegman, *Laser*(University Science Books, Mill Valley, California, USA, 1986) Chap. 22.
2. R. W. F. Gross, J. F. Bott, *Handbook of Chemical Lasers*(John Wiley & Sons, New York, USA, 1976) Chap. 3.
3. 이정환, 박병서, 김재기, “연속발진 불화중수소 화학레이저 출력특성”, 한국광학회지 13(1), 65-69 (2002).