

## 에나멜층 제거를 위한 미니 CO<sub>2</sub>레이저의 방전특성

문진규\*, 김희영, 김동현, 김희제, 조정수  
부산대학교 전기공학과

### Discharge Characteristics of Mini CO<sub>2</sub> Laser for Eliminating Enamel Layer

J. G. Moon\*, H. Y. Kim, D. H. Kim, H. J. Kim, J. S. Cho  
Dept. of Electrical Eng., Pusan National Univ

#### Abstract

This paper was dealt with the experiments of the transverse flow and excited CW CO<sub>2</sub> Laser. The discharge and laser output characteristics of CW CO<sub>2</sub> laser has been investigated. A stable resonator was adopted for the power extraction from the length of 0.9m discharge region with the gap length of 15mm.

The maximum output power of about 100W was obtained at the first experiment with the total filling pressure of 30torr. CO<sub>2</sub> : N<sub>2</sub> : He = 1:3:16.

#### 1. 서론

CO<sub>2</sub>레이저는 고효율, 고출력이 얻어지므로, 가공용 열원을 중심으로 하여 재료가공, 핵융합연구, 동위원소분리, 화학공정, 의료용 등에 널리 사용되어 각광을 받고 있다.

레이저를 이용한 재료가공은 레이저 광을 열원(heat source)으로 사용하는 것으로서 다른 방법에 비해 매우 높은 에너지 밀도 레이저를 재료에 공급할 수 있는 것이 특징이고, 용접, 절단, 표면처리, 신물질 합성등이 포함된다. 레이저를 이용하면 가공을 정확하게 할 수 있고 공정을 단순화 할 수 있어 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 출력제어가 용이하여 반사체를 이용한 원거리 전송이 가능하다. 이러한 레이저 가공은 일반 산업분야은 물론이고 가공의 정밀성은 물론이고 원격조정의 편의성 때문에 방사선에 의해 접근이 어렵고 제염이 문제로 되는 원자력 분야에서도 그 응용이 증대되고 있다. 최근의 예를 보면, 미국 Westinghouse 사에서는 핵연료 괴복관을 이산화탄소 레이저로 표면처리하여 강도 및 내식 특성을 증가시키는 연구를 수행하였으며, 영국, 프랑스 및 일본 등에서는 고출력 CW CO<sub>2</sub>레이저를 이용한 원격절단을 연료봉과 발전소 해체 및 연료 재처리에 활용하기 위한 연구를 하고 있다. 일반적인 금속재료 가공에

필요한 레이저의 출력은 200~1500W 정도인데, 레이저 빔의 질과 출력 안정성이 가공에 있어서 중요한 요소이다. 고속 축류형 레이저는 긴 유로 길이를 가지고 있으므로 효율적인 냉각을 위해서는 횡류형에 비해 높은 100m/sec 이상의 유속이 필요해서 루프 펌프와 같은 특수한 송풍기가 요구되고, 또 단위 길이당 최대출력이 1kw정도로서 10kw이상이 가능한 횡류형에 비해서 낮은 값을 가지고 있다. 고출력 레이저에 필요한 동작조건인 높은 압력과 높은 비방전 입력에서는 여기방전의 균일화가 가장 중요한 문제로 되는데, 방전을 안정화시키는 경계층인 벽이 플라즈마 근처에 존재하지 않는 횡류형의 경우에는 특히 방전 안정화가 레이저 발진의 관건이 된다. 안정된 형성이 기인하는데 이것은 기체조정 및 전압력, 기체의 속도, 방전 인가 전압의 형태, 전극의 구조등에 의존한다.

본 연구에서는 기존의 변압기, 모터 등에 사용되는 퀸선의 외부 절연용으로 사용되는 에나멜 코팅층을 기계적, 화학적이 아닌 CO<sub>2</sub> 레이저를 자체로 설계 및 제작하였다. 완성된 시스템으로부터 연속출력 100W, 효율 %를 얻었다.

#### 2. 미니 CO<sub>2</sub> 레이저의 설계 및 제작

2-1 방전부 ⇒ 침대 평판 구조의 정규 글로우 방전의 기초 및 확인 실험으로 전극 구조 및 전극 간격 등을 결정

2-2 열교환기 ⇒ ø3의 동파이프를 공진기 내부에 80cm 씩 그물망 구조로 설치하여 냉각수를 유속 20 l/min 이상 흘려주기로 하였음.

$$\Delta T [^{\circ}\text{C}] = 0.24 P [\text{kW}] / f_v [1/\text{sec}]$$

단,  $\Delta T$ 는 입구온도와 출구온도의 온도차에 의한 온도상승분.

P는 물에 의하여 이동된 열.

f<sub>v</sub>는 체적흐름에 의한 유량비이다.

2-3 순환용 팬 ⇒ 가로 73cm × 세로 8cm × 높이 9.5 cm의 직사각형 케이스의 내부에 총 8개의 DC 12V 모터를 설치

하고 거기에  $\varphi 70$ 의 동재질 팬을 장착하였으며, 인가전압에 의한 속도 제어를 통해 유속의 흐름을 조절하였다.

2-4 광공진기  $\Rightarrow$  900mm Single Stable Resonator

-전반사경: 물리브랜(M<sub>0</sub>), 98% 반사율,

두께 10t,  $\varphi 30$  (R = 2m)

-반반사경: ZnSe, 90% 반사율,

두께 3t,  $\varphi 30$

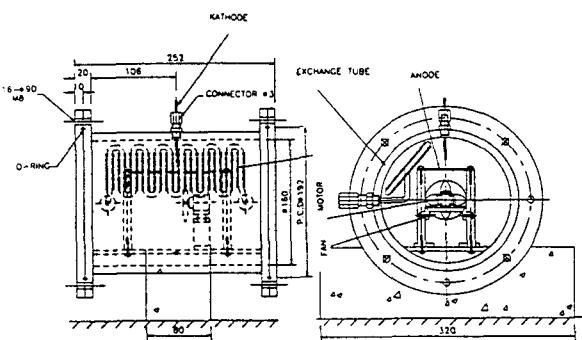


그림 1 설계된 소형 CO<sub>2</sub> 레이저의 내부구조

### 3. 특성실험 및 결과

레이저 기체매질의 혼합비를 유지하고 불순물 제거를 위하여 장치내부를 로타리펌프로  $5 \times 10^{-2}$  Torr정도 유지하였다. 수은 마노메터를 이용하여 CO<sub>2</sub> : N<sub>2</sub> : He = 1 : 3 : 16의 기체혼합비를 유지시키면서 방전전류에 대한 레이저출력을 측정하였다. 2장에서 설명한 송풍기 및 열교환기에 최대 허용 조건을 적용하여 전체압력 30 Torr에서 최대출력 약 100 W를 얻었다. 이 결과는 초기실험결과이며, 방전파라메타를 변화시켜가며 보다 상세한 방전특성 및 레이저 출력특성을 구한 결과는 추후 논문으로 발표할 예정이다.

### 4. 향후 추진계획

송풍기 외함은 현재의 SUS에서 Cu 판으로 변경하고, 열 교환기 부분도 보완할 계획이다. 그리고 최적 혼합 가스비, 전체압력, 방전간격, 송풍기 회전수, 무성방전적용, 이득 및 손실항과 출력과의 상관관계 등을 조사연구하여 더욱 장치의 소형화를 추구할 계획이다. 아울러, 한번의 가스 봉입으로 장시간 (2일 이상) 연속사용이 가능한 안정된 시스템을 이루고자 한다.

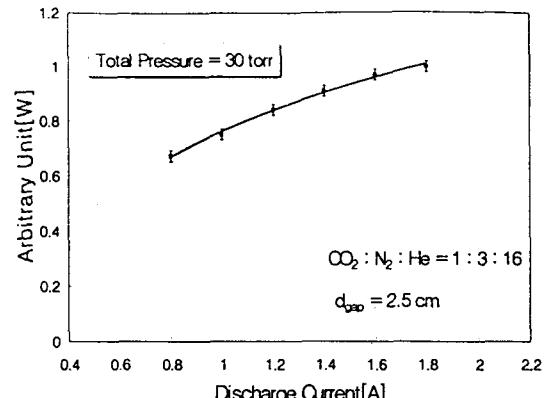


그림 2 방전전류에 대한 출력

### 5. 결론

광축과 횡방향으로 레이저 매질가스를 유동시키고, 횡방향으로 여기시키는 3축 직교형 핀대 평판 구조의 소형 CO<sub>2</sub> 레이저를 설계 및 제작하고 특성실험을 통하여 1 차적으로 최대 100W 금 정도를 달성하였다. 이 결과를 바탕으로 1차실험에서 얻어진 문제점들을 개선해 나간다면 최적조건을 찾게 될 것이며 출력, 2배이상의 신뢰성이 있는 시스템이 될 것으로 기대한다.

### 〈참고문헌〉

1. W.W. Duley, CO<sub>2</sub> Laser-Effects and Applications, Academic Press, New York, 1975.
2. G.P. Sabol, S.G. McDonald, J.I. Nurminen and W.A. Jacobson, "Laser beam beta treatment of zircaloy", Proc. 7th Conf. on Zr in Nuclear Industry, Strasbourg, France, June 24 - 27, 1985.
3. Michel Contre, "Laser robots for nuclear power plants", Proc. of LAMP '87, 129, Osaka, May 1987.
4. P.C. Miller, "Laser : The reality of enlightened processing", Tooling and Production, May 1086, 56 (1986).
5. R.V. Ambartsumyan, Yu. A. Gorokhov, V.S. Letokhov and G. Nmakanov, "Separation of sulfur isotopes with enrichment coefficient  $> 10^{-3}$  through action of CO<sub>2</sub> Laser radiation on SF<sub>6</sub> molecules", Sov. Phys. JETP Lett. 21, 171 (1975).
6. J.I. Steinfeld, Laser-induced Chemical Processes, Plenum Press, New York, 1981.
7. B. Maurer and L. Werner, "MPQ/uranti-Project", Max-Planck-Institute for Quantenoptik Jahresbericht 128, 1984.