

박득일
조순천
이주희

경희대학교
경희대학교
경희대학교

1. 서론

CO₂ 레이저는 1964년 Patel 에 의해 개발된 이
태 고효율, 고출력화의 용이성에 따라 여러 분야
(재료 가공, 의학, 거리측정, 탐색, 레이저 무기 등)
에 응용되고 있다. 이러한 분야에 이용되는 CO₂
레이저는 대부분이 연속 발진 레이저이나, 최근
에는 펄스 레이저도 많이 사용되고 있으며, 고
전압 펄스 발생 장치의 개발에 의해서 에너지가
수 백 Joule 에 달하는 레이저를 발진시키기에
이르렀다. 이러한 고출력 레이저를 효과적으로
발진시키기 위해서는 균일 방전이 이루어져야
하는데, 균일 방전을 위해 사용되는 방법은 주
방전의 초기에 예비 전리를 시키는 소위 자외선
예비전리 방식 또는 이중 방전 방식이 있고, 좀
더 개선된 전자 빔 예비전리 방식이 있다.

본 연구에서는 He 을 첨가하지 않고 또한 N₂ 대신
에 Air 를 혼합하여 CO₂ 레이저를 발진시키는 데
있어서, 혼합 가스에 따른 방전 특성의 악화를
개선하기 위해 자외선 예비전리 방전을 이용하여
레이저를 발진시켰으며, 또한 Air 혼합에 따른
CO₂ 레이저의 출력 파라미터를 고찰하였다.

2. 혼합 가스의 영향

CO₂ 레이저를 효과적으로 발진시키기 위해서 여
러가지 여기 방법과, 각종 혼합 가스가 CO₂ 레이
저의 출력 특성에 미치는 영향에 대해서 많은
연구가 진행되어 왔다. 대체로, CO₂ 레이저에서
사용되는 혼합 가스는 He 과 N₂로서 He 의 첨가
효과는 하준외 CO₂ 분자의 이완시간 감소, 방전관
벽으로의 열전달 촉진, 아아크의 억제 등이 있고,
N₂ 는 공명에너지 전달의 효과가 있다. 그런데,

He 가스는 처음의 두 가지 특성이 펄스 레이저에서
는 크게 영향을 주지 못하며, He 의 첨가로 인해
CO₂, N₂ 가스의 농도는 감소하게 되므로, 일정한
가스 압력에서 레이저의 최대 출력 에너지는 상대
적으로 감소하게 된다. 그러므로, 본 실험에서는
He 의 첨가없이 CO₂ 농도를 증가시키고, 한편, N₂
대신 Air 를 사용하여 CO₂ 레이저를 발진시켰다.
그러나, He 농도의 감소에 따른 방전의 불안정과
Air 첨가에 따른 O₂ 와 전자의 부착손실과정 등이
레이저의 출력에 영향을 주게 되므로 이러한
난점을 해결해야 한다. 이와 같은 방전의 불안
정은 짧은 펄스로 여기시키는 방법, 혼합가스의
확산을 이용함으로써 대체로 해결될 수 있는데,
본 실험에서는 자외선 예비전리 (UV- Preionizati-
on) 방법을 써서 Air 혼합 TEA CO₂ 레이저를
발진시켰다.

3. 실험 및 출력 특성

그림 1은 본 실험에서 사용한 Air 혼합 TEA CO₂
레이저의 구성도를 보인 것이다.
방전 Chamber 는 80 × 1 × 1cm 로서 두께가
24mm 인 아크릴로 제작하였고, 전극은 두께가
15mm 인 알루미늄으로 되어 있으며, 전극의 간
격은 10mm 이다. K 는 직경이 1mm 이고, 길이가
75cm 인 황동선을 사용하였으며, 주 전극과의
거리는 8mm 이다. 혼합가스 CO₂: Air 의 여기
는 LC 방전 회로를 사용하였으며, He 가스의
첨가없이 대기압 정도의 가스 압력까지 비교적
균일한 방전을 일으킬 수 있었다. 또한 균일
방전을 위해 예비 전리선 (UV- Preionizer) 을

사용했으며 이때 예비전리용 콘덴서는 50PF-4 nF 까지 용량을 변화시키면서 출력에너지를 비교하였는데, 그 결과 본 실험 장치에서는 콘덴서의 용량이 1.3nF 일때 최적의 방전 조건을 보였고, 한편 CO:Air:He(=1:1:3) 혼합가스에서는 800 PF 에서 최적조건이었다.

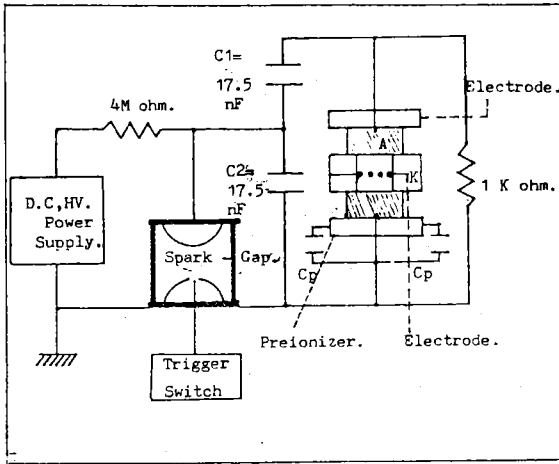


Fig. 1. LC 방전 TEA CO₂ 레이저의 구성도

그림 2는 가스혼합비가 1:1 (= CO₂ : Air) 가스 압력이 500Torr 일때, 예비전리용 콘덴서의 용량 변화에 따른 출력 에너지를 비교한 것으로서, 그림 2에서도 알 수 있듯이 콘덴서의 용량이 1.3 nF 일때 출력 에너지가 가장 크게 증가 하였다. 이것은 Air (또는 N₂)를 혼합했을 때는 He 을 첨가했을 때보다 광전자 밀도가 감소하고 균일한 방전을 성취하기가 어렵기 때문이며, He 의 농도가 감소하면 보다 더 강력한 예비전리가 필요하다. CO₂ 가스에 Air 또는 N₂ 를 혼합하였을 때의 출력 특성을 비교해 보면, N₂ 를 혼합했을 때보다 Air 를 혼합했을 때의 최대 출력에너지는 약 20% 정도 감소 하였는데, 이와 같은 사실은 공기 중의 O₂ 가스가 전자와의 부차작용을 통해서 전자를 소멸 시키기 때문이며, 그에 따른 상대적인 전류 밀도가 감소하여 결국 레이저의 출력 에너지는 감소 하게 된다.

그림 3은 CO₂:Air (또는 N₂)의 혼합비에 대한 출력 에너지를 보인 것으로서, N₂ 를 혼합했을 경우는 1:1 (= CO₂ : N₂), Air 를 혼합했을 경

우는 2:3 (= CO₂:Air) 정도의 비율일때 최대의 출력에너지를 얻었다.

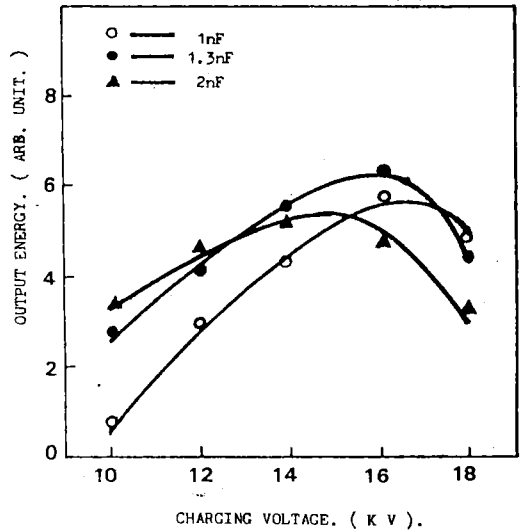


Fig. 2. 예비전리용 콘덴서의 용량 변화에 따른 출력 에너지. (Gas ratio = 1 : 1 (CO₂ : Air), Gas pressure = 500 Torr).

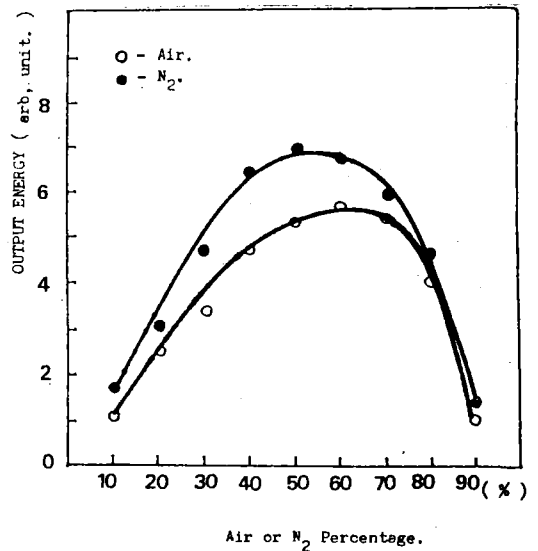


Fig. 3. CO₂ : Air 또는 N₂ 의 혼합비에 대한 출력에너지

그림 4는 본 TEA CO₂ 레이저의 최적 가스 혼합비인 2:3 (= CO₂ : Air)에서 순수 CO₂ 가스와 CO₂ : Air 혼합 가스의 압력에 대한 출력에너지를 보인 것이며, 순수 CO₂ 가스와 CO₂ : Air 혼합가스의 압력이

각각 200 Torr, 600 Torr 일때 최대의 출력 에너지를 얻었다. 그림에서도 알 수 있듯이 순수 CO₂

가스 보다는 Air 를 혼합했을때 출력에너지가 상당히 증가 하는데, 이것은 공기 중에 있는 N₂ 의 고명에너지 전달 효과가 크다는 것을 의미한다.

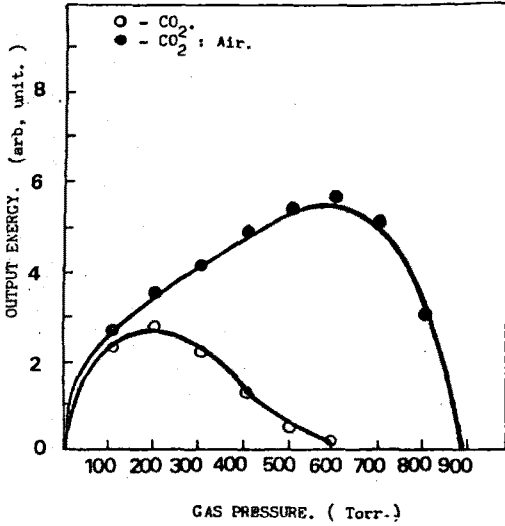


Fig. 4. 순수 CO₂ 가스와 CO₂ : Air 혼합가스의 압력에 대한 출력 에너지

4. 결론

본 연구에서는 Air 혼합 TEA CO₂ 레이저의 구동을 위해 자외선 예비전리를 이용한 LC 방전 회로를 사용했으며, He 의 첨가 없이 방전은 대기압 정도

에서도 대체로 균일했다. 실험 결과, 본 Air 혼합 TEA CO₂ 레이저는 혼합비가 2:3 (=CO₂ : Air) 일때 최대의 출력 에너지를 보였다.

참 고 문 헌

(1) I. Kitazima, H. Appl Phys, Vol 45 No 7, July 1974
 (2) Peter O. Clark and James Y. Wada, IEEE J. Quantum Electronics, May 1968
 (3) O.P. Judd, J. Appl Phys, Vol 45 No 10, October 1974
 (4) A.L.S. Smith, T.H. Bett and P.G. Browne, IEEE J. Auantum Electronics, July 1975
 (5) D.T. Rampton and O.P. Gandhi, Appl. Phys. Lett, Vol 21, No 10, 15

November 1972

(6) H. Hara, J. Appl.Phys. 52 (8) August 1981
 (7) H. Hara and M. Sugii, Appl. Phys. Lett, 41 (5),1
 (8) K. Kunitomo, M. Kaburagi, S. Sumida, M. obara and T. Fujioka
 (9) W.A. Fitzsimmons, L.W. Anderson, C.E. Riedhauser and Jan M.Vrtilek IEEE J. Quantum Electronics, October 1976
 (10) L. J. Denes and J.J. Lowke, Appl. Phys. Lett, Vos 23, No 3, 1 August 1973
 (11) O.P. Judd and J. Y. Wada, IEEE J. Quantum Electronics, Vol QE - 10, No 1, January 1974
 (12) Laurence E. Kline and L.J. Denes, J. Appl. Phys, Vol 46, No 4, April 1975