

고강도 전자·빔 여기 방식의 고효율 DF-CO<sub>2</sub> Transfer  
Chemical Laser

High-efficiency DF-CO<sub>2</sub> Transfer Chemical Laser initiated  
by an intense electron beam

이 주 의 경희대학교 이공대

1. 서론

Transfer Chemical Laser (TCL) 는 레이저·가스 분자간의 에너지·이송 (Energy Transfer) 에 의하여 방전분포를 형성하므로 화학 에너지는 CO<sub>2</sub> 에 직접 이송되어 고효율의 출력을 얻을수 있다. N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>, HCl-CO<sub>2</sub>, HF-CO<sub>2</sub>, DF-CO<sub>2</sub> 및 HBr-CO<sub>2</sub> 등의 혼합가스에 대하여 TCL 은 연구 개발 되었으나 가장 고효율·대출력의 것으로 HF-CO<sub>2</sub> 또는 DF-CO<sub>2</sub> 가 주목을 받고 있다. DF-CO<sub>2</sub> TCL 은 Gross [1] 에 의하여 처음 발전된 후 계속 연구되었으며 Poehler 등 [2] 은 비교적 안전된 장치를 개발하여 Intrinsic efficiency 는 ~20%, 펄스폭은 ~150 us 의 레이저 출력을 보고 하였다. 그러나 대부분 UV Flash 또는 펄스·전기 방전으로 여기하여 장·펄스의 출력을 얻었으나 본 실험 처럼 전자·빔으로 여기하면 단·펄스의 출력을 얻을수 있다. 특히 D<sub>2</sub> / F<sub>2</sub> 혼합 가스를 전자·빔으로 여기 할때 해리도 (dissociation rate)  $d[F]/dt$  는 매우 커지므로 대출력 화학 레이저로서도 적합하다.

본 실험은 DF-CO<sub>2</sub> TCL 를 고강도 전자·빔 (1 MeV 20kA, 60 ns) [4] 으로 종축방향 여기를 하였으며 이때 최대 레이저 출력은 18.5 J/pulse, intrinsic efficiency 은 40% 을 얻었다.

2. 실험 및 결과 검토

전자·빔 여기 DF-CO<sub>2</sub> TCL 의 실험에 사용된 Schematic 은 그림 -1과 같다. 전자·빔은 3.8kG 의 축방향 수축 코일에

의하여 종축방향으로 bending 되고, 대략 직경 4 cm, 길이 120 cm 의 체적을 갖는다.

레이저 출력은 Sciencetech model 36-0801 Calorimeter, 출력 펄스 파형은 Fujitsu model GC200A4 Au-Ge photon-drag detector 를 각각 사용하여 측정하였다.

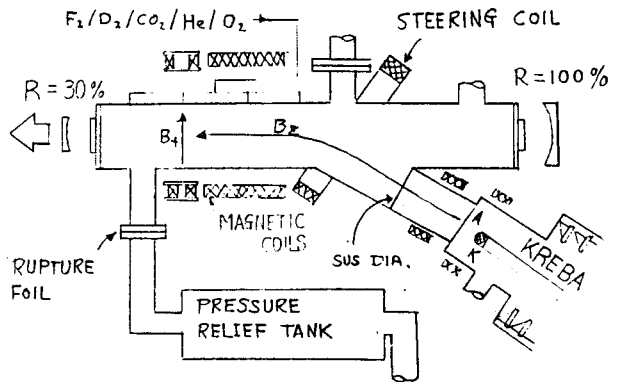


그림 -1 DF-CO<sub>2</sub> TCL 의 Schematic

그림 -2은 CO<sub>2</sub> 농도를 변화시켰을 때 레이저 출력의 최적값을 표시한다. 이것은 혼합가스를 F<sub>2</sub>/D<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> = 50/10/2 torr으로 일정히 하고, He 와 CO<sub>2</sub> 를 추가 혼합하여 총가스압 300 torr으로 유지 했을 경우이다. 희석가스 He 은 레이저 출력의 크기에 영향을 주지 않았다.

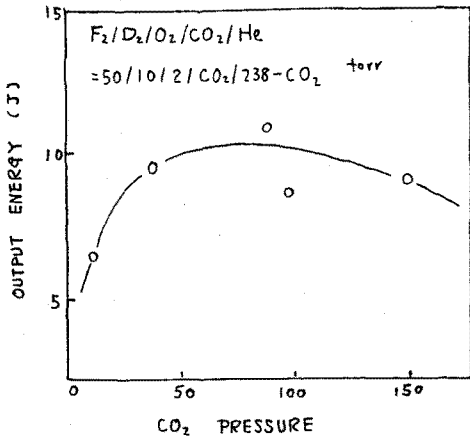


그림 -2 레이저 출력의 CO<sub>2</sub> 농도 의존성

그림 -3은 CO<sub>2</sub> 농도를 변화시켰을 때 CO<sub>2</sub> 농도에 대한 intrinsic efficiency와 Chemical efficiency의 관계를 표시한다. 이것은 그림 -2의 결과에 의하여 환산되었다. intrinsic efficiency는 출력·에너지에 대한 축적에너지의 비, chemical efficiency는 출력·에너지에 대한 Exothermic energy의 비로서 각각 정의된다. CO<sub>2</sub> 50 torr 때 intrinsic efficiency는 최대값 (~50%)이며 50 torr 이상의 CO<sub>2</sub> 농도에서 출력 에너지는 감소한다. 즉 CO<sub>2</sub> 농도의 과다한 증가는 CO<sub>2</sub> 분자에 전자·빔 에너지를 축적시키는 결과가 되어 F<sub>2</sub>/D<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 에 축적 되어야 할 에너지의 감소를 초래하여 CO<sub>2</sub> 50 torr 이상에서는 intrinsic efficiency는 감소된다. 따라서 D<sub>2</sub> 농도에 대한 최적 CO<sub>2</sub> 농도는 [CO<sub>2</sub>]/[D<sub>2</sub>]=5 이다.

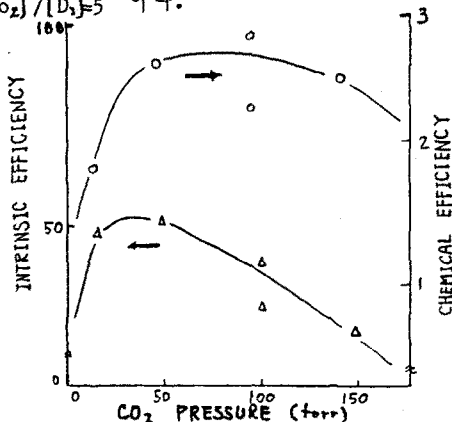


그림 -3 Intrinsic eff. 및 Chemical eff.의 CO<sub>2</sub> 농도 의존성

그림 -4는 레이저 출력에 대한 D<sub>2</sub> 농도 의존성을 표시한다. D<sub>2</sub>의 10 torr 이상에서는 출력 증가는 매우 완만하다. D<sub>2</sub> 농도를 0 ~ 50 torr 까지 변화시켰을 때, Intrinsic efficiency는 D<sub>2</sub>의 1 ~ 10 torr까지는 급격한 감소를 하고 10 torr 이상에서는 감소율이 완만하다. 또한 chemical efficiency는 D<sub>2</sub>의 10 torr까지는 급격한 증가를 하지만 10 torr 이상에서는 거의 증가하지 않는다.

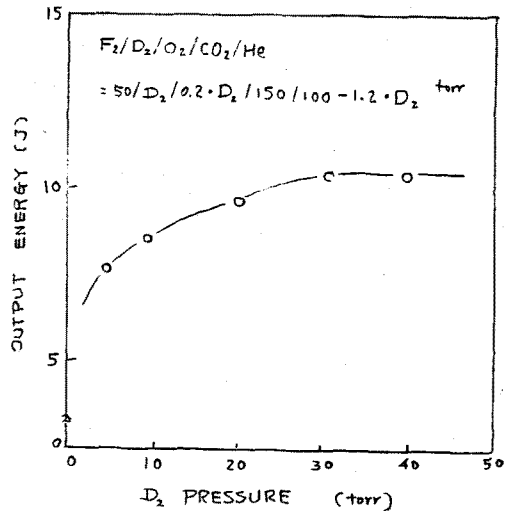


그림 -4 레이저 출력의 D<sub>2</sub> 의존성

$F_2/D_2/CO_2/O_2/He = 100/30/150/6/14$  torr 에서 최대 출력은 30 J/μ.atm. pulse (18.5 J/pulse)을 얻었으며 이때 intrinsic efficiency 40%, Chemical efficiency 1.4%이다. 이것은 Poehler 등 [2] 과 Amimoto 등 [3] 이 보고한 것의 거의 두 배 이상의 높은 효율이다.

레이저 출력의 펄스폭은 F<sub>2</sub>/D<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/He = 50/30/150/6/64 torr 에서 1.2 μsec 이다. Amimoto 등 [3] 보다 매우 낮은 가스압이지만 펄스폭은 좁다. 이것은 고강도 여기를 한 것에 원인을 들 수 있다.

본 연구는 일본 Keio 대학 Fujioko 연구실의 지원과 Mr. K. Kumamoto 및 Prof. M. Obara 의 협조로 이루어졌음을 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) R. W. F. Gross, J. Chem. Phys. 50, 1889 (1969)
- (2) T.O.Poehler and R.E. Walker, Appl. phys. Lett. 22, 282(1973)
- (3) S. T. Amimoto et al, AD-A125597(1978)
- (4) F. Kannari et al, Review of Laser Engineering, 11, 825 (1983)