

방전여기 KrF 엑사이머 레이저의 예비전리 영향에 관한연구

김상욱*, 최부연, 이주희

(A Study on preionization effect of discharge excited KrF excimer laser)

Sang Ook Kim*, Boo Yeon Choi, Choo Hie Lee

ABSTRACT

We performed an experiment about preionization electron number density of charge transfer type KrF excimer laser. At the total pressure of 1.8 and 2.2 atm with helium (He) buffer gas, the experimental range of

the electron number density is $8-9 \times 10^{10}$ cm⁻³. The distance between electrode and preionization pin is varied from 2 to 4.7(cm). The laser output is 15 mJ at charging voltage of 27 kV, gas pressure of 2.2 atm, gas mixture of F /Kr/He = 0.3/3/96.7(%).

1. 서 론

방전여기 KrF 엑사이머 레이저는 1976년 D.G. Sutton에 의해 처음 보고[1]된 이후 간단한 장치로 고효율 및 고반복을 쉽게 얻을 수 있으므로 많은 응용분야에서 각광을 받으며 매우 활발한 연구가 진행되고 있다.

방전여기형 엑사이머 레이저는 균일한 글로우 방전을 얻기 위해서는 주방전 형성전에 예비전리 전자수 밀도를 10^{17} cm⁻³ 이상의 강력한 예비전리를 하여야 한다[2]. 이러한 예비전리 방식에는 아크 UV, 코로나 UV, X-Ray 등의 방법이 있으나, 주로 레이저관의 형태, 레이저 매질의 수명등을 고려하여 선택하고 있다.

본 연구에서는 용량이행형 방전여기 KrF 레이저에서 아크 UV 예비전리의 영향에 대하여 실험하였다.

2. 실험 장치

실험에 사용하기 위하여 제작한 KrF 엑사이머 레이저 장치의 단면도와 회로도(그림-1)와 같다. 여기회로는 용량이행형으로서 1차 콘덴서 C₁과 2차 콘덴서 C₂로 구성되었고, 예비전리는 C₂에 연결된 핀 겹에서 발생하는 UV광에 의해 이루어

진다. 1차 콘덴서 C₁에 충전된 전하는 트리거 스위치의 동작으로 아크 핀을 통해 2차 콘덴서 C₂로 이송된다. 이때 주방전 전극간의 전압은 점차적으로 높아져서 방전관 절연파괴 전압에 이르고 균일한 글로우 방전이 일어나면 레이저 가스가 여기되어 발진에 이른다.

레이저 관은 두께 10mm의 PVC로 제작하였으며, 크기는 내경 14 cm ϕ , 길이 40cm의 원통구조이다. 주방전 전극의 재질은 황동이고, 크기는 길이 32 cm, 폭 2cm로 Chang Profile[3]이다. 이때 k값은 0.17이다. 전극간격은 1.9cm이고 예비전리 핀의 간격은 2mm이다. 또한 예비전리 핀은 예비전리에 영향을 실험하기 위해 전극중심으로 부터 47mm까지 변화시킬 수 있도록 하였다. 콘덴서는 Murata사의 세라믹 콘덴서[4]로 1차 콘덴서 C₁과 2차 콘덴서 C₂의 용량은 각각 64.8nF, 59nF이며 레이저관 외부에 설치하였다.

본 실험의 광학계에서 레이저 창은 직경 2인치 CaF₂이고, 레이저 거울은 직경 2인치로 재질은 합성석영이고, 반사율은 R = 99 %, R = 20 %, 30 %이다. 이때 공진기 길이는 50cm로 하였다. 또한 전류는 Rogowski 코일로, 주방전 전극간의 전압은 무유도 저항 본압기로, 레이저 펄스파형은 광전관 R1193U-02 (Hamamatsu)로, 출력 에너지는

Gentec ED-500으로 각각 측정하였다. 이때 이 값들을 오실로스코프 Tektronix 2465를 사용하여 관측하였다.

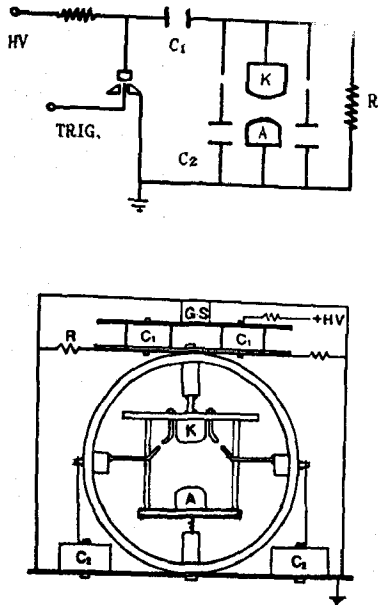


Fig.1 Cross Section and Circuit diagram

3. 실험결과 및 고찰

레이저 매질을 충전한 상태에서 안정된 글로우 방전을 얻으려면 방전초기에 음극표면의 Cathode sheath를 줄일 수 있다[5].

<그림-2>는 충전전압 24 kV, He가스 1.8, 2.2기압에서 전극 중심으로부터 예비전리 핀까지의 거리에 대한 전자수 밀도의 변화를 나타냈다. 음극으로부터 2 cm 에서 4 cm 까지 변화시켜 보았으나, $8 \sim 9 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ 범위에서 크게 변화하지 않는 것을 관찰할 수 있었다.

<그림-3>은 $F_2/Kr/He=0.3/3/96.7(\%)$, 2.2 기압에서 충전전압에 대한 레이저 출력을 나타냈다. 충전전압 27 kV에서 15 mJ이다. 낮은 출력을 나타내는 이유는 예비전리 전자수 밀도를 측정하기 위해 레이저 헤드 부분의 인덕턴스를 $\sim 20 \text{ nH}$ 로 크게 하였기 때문에 pumping power가 낮아졌기

때문이다. 실험이 계속 진행중이므로 <그림-3>의 실험조건은 최적의 상태가 아니다.

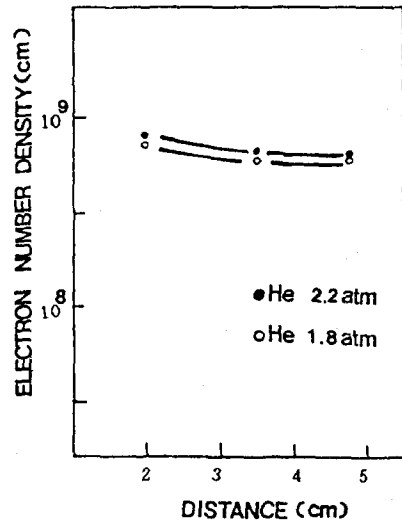


Fig.2 Variation of electron number density by distance between electrode and pin

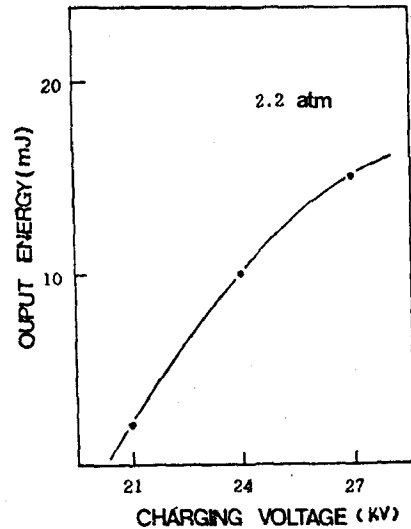


Fig.3 Variation of Laser Output by Charging Voltage

4. 결론

본 연구에서는 UV 예비전리 용량이행형 KrF 레이저의 예비전리 전자수 밀도에 대해 연구하였다. 음극 전극으로부터 4.7 cm 범위 안에서는 예비전리 전자수 밀도의 변화가 크지 않았으며, 전자수 밀도는 $8 \sim 9 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ 였다.

레이저 헤드 부분의 큰 루프 인덕턴스 $\sim 20 \text{ nH}$

로 인해 낮은 레이저 출력을 기록하였다.

참고 문헌

- [1]. D.G.Sutton, S.N.Suchard, O.L.Gibb, and
C.P.Wang, Appl.Phys.Lett., 28, 522(1976)
- [2]. J.I.Levatter and Shao-Chi Lin, J.Appl.
Phys., 51, 210(1980)
- [3]. T.Y.Chang, Rev.Sci.Instrum., 44(4),
405(1973)
- [4]. Murata LTD., Working Voltage 40 kV,
2.7 nF