

용량이행형 방전어기 KrF 레이저의 개발

(Development of Discharge-pumped KrF Laser with Charge Transfer Type)

정 개 군 *, 최 부 언, 이 주 희

(Jae-Keun Jung *, Boo-Yeon Choi, Choo-Hie Lee)

경희대학교 공과대학 전자공학과

(Department of Electronic Engineering, College of Engineering, Kyung Hee Univ.)

I. 서론

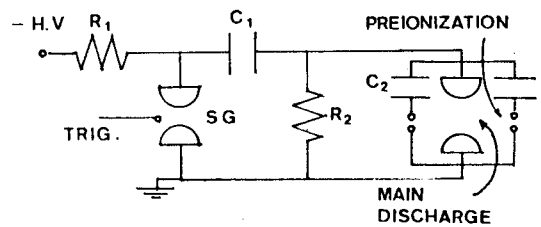
엑사이머 레이저는 자외역에서 방전하는 고출력 펄스 레이저로서 광화학, 분광학, 비선형광학등의 기초분야 뿐만아니라 반도체 프로세싱, 재료, 및 표면가공, 의학용집의 합성 및 정제, 리모트 센싱[1] 등의 산업분야에 있어서도 광범위 하게 이용되고 있다.

방전어기 엑사이머(KrF, XeCl 등) 레이저의 효율과 출력특성을 개선하기 위한 몇몇 방법이 연구되어 왔다. 최근 보고된 고전압 prepulse 기술을 이용한 자속방전어기 XeCl 레이저의 경우 최대효율 4.2%로 보고되어 있으며[2], 용량이행형 방전어기 방식에서는 XeCl 레이저[3]에서 2.9%의 효율을 나타내고 있다.

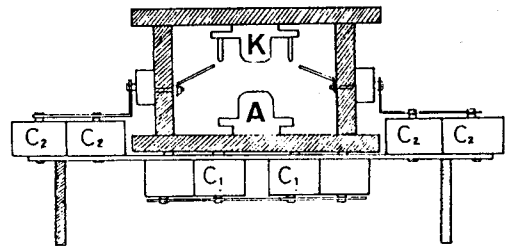
레이저 장치의 간결성과 신뢰성을 고려할 때 capacitor-transfer 형태의 방전어기 레이저에서는 UV 자속에비전리가 최초 정수에 의해 결정되는 시간지연으로 주방전보다 앞서고 또한 부품구성을 적게할 수 있으므로 장치의 소형화와 가격면에서 큰 장점을 가진다.

일반적으로 방전어기 엑사이머 레이저의 고효율화를 위해서 (1) 저인덕턴스 회로, (2) 매우 빠른 전입상승시간, (3) 높은 절연 파괴전압, (4) 주 에너지 저장 콘덴서에서 2차 콘덴서로의 효율적인 에너지 전달, (5) 효율적인 UV 예비전리 배치등이 요구된다. 본 연구에서는 KrF 레이저에 대해서 가압전압 30kV로 실험하였다.

II. 실험 장치



(a)



(b)

Fig.1. Schematic diagram of discharge-pumped KrF laser with automatic preionization. (a) Laser excitation circuit. $R1 = 1 \text{ M}\Omega$, $R2 = 500 \text{ k}\Omega$, $C1 = 113.4 \text{ nF}$, $C2 = 113.4 \text{ nF}$, SG: Spark gap. (b) Cross-sectional view of the laser chamber.

그림.1. 은 (a) 방전회로, (b) 장치의 단면도이다. 그림.1. 의 (a) 는 용량이행형 방전회로로서 스위치 S 가 닫히면 콘덴서 C1에 충전된 전하가 콘덴서 C2에 이행된다. C1과 C2를 연결하는 회로 중간에 위치하는 예비전리 핀의 간격을 증가하면

전하이행시 그곳에서 아주 적은 아크 방전이 생긴다. 이 아크로 방사되는 UV광으로 주 전극간의 가스가 예비전리되고, C2의 전위가 상승하여 방전개시전압에 달하면 주 전극사이에 글로우 방전이 시작된다. 주 에너지 저장 병크인 C1은 각각 2.7 nF (40 kV)의 캐패시턴스를 갖는 42개의 BaTiO3 캐패시터로 구성되며 총 캐패시턴스는 113.4 nF이다. 2차 에너지 저장 캐패시터 병크 C2는 각각 2.7 nF의 캐패시턴스를 갖는 21개의 BaTiO3 캐패시터를 2 줄로 구성하여 총 캐패시턴스를 113.4 nF로 하였다. 그림.1.(b)는 제작한 레이저 장치의 단면도로서 유효체적은 20 x 10 x 600 mm³ 이다. 방전 공간기는 총체적 5.61 이고 아르곤로 구성했으며, 전극은 길이 60 cm, 폭 1 cm, 재질은 황동이며 간격은 2 cm이다. 예비전리용 간격 2 mm의 핀은 아노드 판에 연결된 캐패시터와 연결된 스펀레스 봉과 캐소드 판에 연결된 스펀레스 봉으로 구성되어 있다.

Spark gap 은 고전압단과 캐소드단을 연결하였으며 간격은 10 mm, 사용한 절연가스는 N₂로서 2 atm까지 변화시키면서 실험하였다. 또한 광학계로는 CaF₂ window와 재질이 합성 석영인 반사경으로 100%, 50%를 사용하였으며, 레이저 펄스 에너지의 측정은 Gentec ED-500 calorimeter로 측정하였다.

III. 결과 및 검토

그림.2. 은 캐패시터 병크 C1에 가압한 전압에 대한 전극에서의 자폭전압을 나타낸다. Ar/He diluent 가스, 전체압력 2 atm에서 가압전압이 증가함에 따라 자폭전압

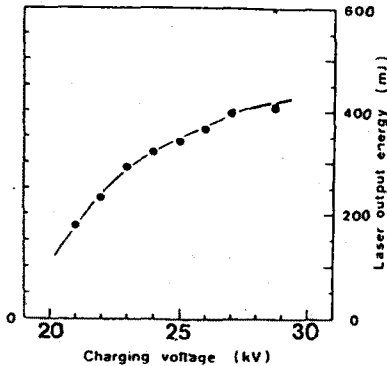


Fig.2. KrF 248 nm laser output energy and total efficiency as a function of charging voltage of capacitor bank C1. The total gas pressure is 2.0 atm.

도 증가하는 것을 볼 수 있었으며 He만을 diluent 가스로 사용하였을 때 Ar/He에서 보다 낮은 전압에서 자폭하는 것을 관찰할 수 있었다.

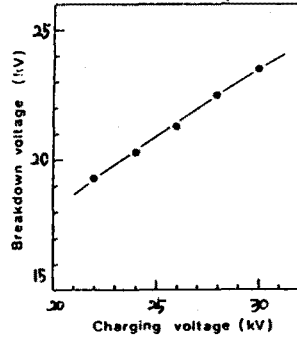


Fig.3. Self-breakdown voltage as a function of charging voltage of capacitor bank C1. The total gas pressure is 2.0 atm.

그림.3. 은 캐패시터 병크 C1에 가압한 전압에 대한 KrF 레이저의 출력능을 나타낸다. 전체압력 2 atm에서 캐패시터 C1과 C2가 같은 조건에서 실험하였으며, 가압전압이 증가함에 따라 에너지도 증가한다.

이때 가스 혼합비는 F₂/Kr/He = 0.2/6/93.8(X)이다. 그러므로 전압, 전류를 측정하여 효율 계산 및 C1/C2의 비를 변화시키면서 실험을 하고자 한다.

IV. 결론

실용적인 소형의 고효율 액사이머 레이저를 목적으로 용량이행형 KrF 레이저를 제작, 실험하였다.

가압전압 27 ~ 30 kV의 범위에서 최대 출력 420 mJ(2 atm) 을 나타냈다.

이때의 가스 혼합비는 F₂/Kr/He = 0.2/6/93.8 (X) 이었다.

앞으로 C1/C2의 비를 변화시키면서 그리고 전류, 전압을 측정하여 효율을 계산하고 이 장치를 사용한 반복 펄스 레이저를 발전시키는데 더 많은 실험이 있어야 할 것으로 판단된다.

***** 참고문헌 *****

[1] J.E.Andrew, P.E.Dyer, et al, Appl. Phys.Lett. 43, 717 (1983)
 [2] W.H.Long, Jr., M.J.Plummer, et al, Appl.Phys.Lett. 43, 735 (1983)
 [3] K.Miyajaki, Y.Toda, et al, Rev. Sci. Instrum. 56, 201 (1985)