

## 방전여기 KrF 엑사이머 레이저 증폭

김수경\*, 최부연, 이주의

경희대학교 전자공학과

( A study of amplification for discharge excited KrF excimer laser )

## 요 약

본 연구는 KrF 엑사이머 레이저 증폭을 차기 위하여 먼저 능동매질용 N 보사용하여 발진기와 증폭기의 시간적인 동기화에 주목적을 두었고 안정적인 증폭기의 출력을 얻기 위해 방전관 에너지의 5% 를 예비전리로 최적화 시켰으며 방전에 사용되는 Spark Gap Switch의 내부 인덕턴스를 고찰하였다.

## 1. 서 론

의가스 할라이드 엑사이머 레이저는 반도체의 Lithography, 핵연료의 상세 및 동위원소의 분리, 의학용 어블레이션에서 그 응용이 활발히 진행되고 있는 실정이다.

이에 높은 에너지를 갖는 레이저 출력을 요구하고 있으므로 엑사이머 레이저 증 대출력과 고효율을 갖는 것으로 알려져 있는 KrF 엑사이머 레이저로 에너지를 다시 증폭하여 더욱 큰 에너지를 얻을 수가 있다.

본 연구는 용량 이행형 UV 예비전리 방전여기 방식으로 발진기 부분은 pin 형태의 예비전리와 증폭기 부분에는 Corona 예비전리를 이용하였고 2 개의 단펄스 KrF 엑사이머 레이저 장치를 사용하여 대출력의 에너지와 고효율을 얻고자 하며 본 논문은 실제적으로 KrF 엑사이머 레이저 증폭을 하기 이전에 N<sub>2</sub> 가스를 능동매질로 사용하여 출력을 극대화 시킬수 있는 발진기와 증폭기의 시간적인 동기화 방법과 Spark Gap Switch의 Jittering 및 각각의 레이저 헤드로부터의 외부의 최적의 파라미터를 고찰하였다.

## 2. 실험 장치

## 2-1. 발진기

발진기는 용량 이행형으로 UV 예비전리는 pin 과 pin 에서 발생하는 아크방전에서 발생하는 UV를 이용 하였고 레이저 관의 재질은 Sus-304 이며 승체적은  $40 \times \phi \times \phi$  Cm 이다. 먼저 에너지가 축적되는 C1은 72.9 nF 이고 Peaking Capacitor C2의 용량은 64 nF 이며 외부내의 인덕턴스를 최소화 하기 위해 BaTiO<sub>3</sub> 계의 세라믹 콘덴서를 사용하였다. 용량이행 형태에서 C1/C2 비가 1인 경우 이론적으로 최대의 전달 효율을 나타내지만 외부내의 손실을 고려하여 비율을 1.1로 결정하였다. 전극은 Anode 와 Cathode 동일한 Chang 형태로 설계 제작하였으며 k=0.18, 전극 폭 28 mm, 전극 길이 600 mm, 전극 간격 20 mm이다.

## 2-2 증폭기

증폭기는 발진기와 동일한 용량이행 형태의 외부나 UV 예비전리 부분은 Corona 형태로 제

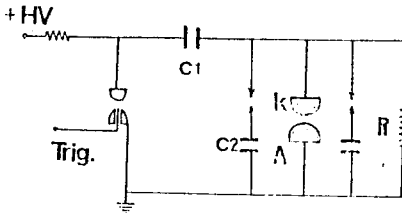


그림 2-1 발진기 회로도

작하였다. 레이저 관의 재질은 동축 원통형 아르칼이머 외경 95 mm, 내경 105mm, 길이 640 mm 이다. C1과 C2의 용량은 각각 91 nF와 32.8 nF 의 세라믹 콘덴서이다. 그림 2-2 (a) 에서 전극 Anode 1 은 원통형의 2 nF 세라믹 콘덴서를 유전체가 있는 부분까지 접단하고 10개 병렬 접속하여 접삭면이 전극으로 형성되어 Cathode 인 Mesh 와 먼저 UV 예비전리가 발생한다. 이콘덴서 Cp 와 C2 비율이 커지게되면 주방전에 기여되는 C2에 축적된 에너지가 Cp콘덴서의 예비전리 에너지의 손실로 나타나 상대적인 감소가 발생하므로 Cp 콘덴서에 다시 1.8 nF 의 콘덴서를 직렬로 접속하여 예비전리의 에너지가 주방전 에너지의 5% 정도인 Cp= 1.65nF로 최적화 하였다. Anode 2 는 Chang 형태로실계 제작하였으며 k=0.2, 전극 폭 15 mm, 전극 길이 560mm, 전극 간격 22 mm이다.

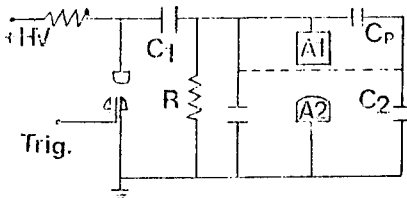


그림 2-2 증폭기 회로도

2-3 증폭 시스템

증폭 시스템의 구성은 발진기의 레이저 빔이 알루미늄 로팅 Mirror에 반사되어 증폭기에 입사되며 갭 스위치의 Jittering 은 동일한 스위치의 사용으로 해결할수있고 이때 빔의 경로차에의한 시간적인 동기화를 이룰수있다. 증폭이 이루어지기 전에 TM3 의 위치에서 포톤파형의 측정으로 빔의 입사를 확인 하였다. 실험에 인가된 전압은 15~24kV

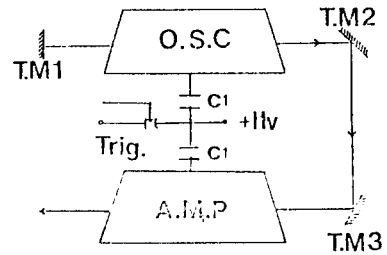


그림 2-3 증폭시스템

이고 전압측정은 50 의 무유도 저항 Voltage Divider 를 ,레이저 파형 측정에는 Photo-tube로 Hamatsu- R119321-02 를, 전류 파형 측정에는 Pulse Current Transformer 로 Pearson Electronics-411M 을, 에너지는 Joule - meter 인 Gentec ED-500 사용하고 오실로 스코프는 Tektronix - 2465 이다.

3. 실험 결과 및 고찰

3-1 Spark Gap Switch 의 특성

간단한 RLC 회로를 구성하여 Spark Gap Switch 의 전류 rising time ( $\tau$ ) 을 측정하여 다음과 같은식에 의해 스위치 내부의 인덕턴스를 계산하였다.

$$V = L(di/dt) + Ri + 1/C \int idt \text{ 에서}$$

전류에 대한 solution을 구하면

$$i = cV(a - r/r) \times \exp(-at) \times \sinh rt \text{ 이며}$$

$$\left[ \begin{array}{l} r = (R/2L) - 1/LC \\ a = R/2L, R=50\Omega, C=2nF \end{array} \right.$$

$$\tau = 1/r \tanh^{-1} r/a \text{ 이다.}$$

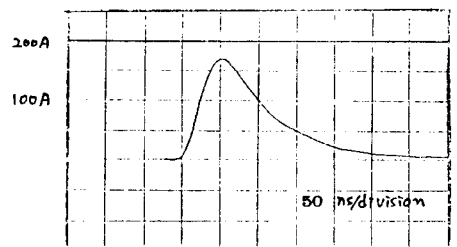


그림 3-1 Spark Gap Switch 전류파형

속정값과 인가전압이 9kV일때 전류의 피크값은 190 (A) rising time 은 ~40 nS 이다. 횡식으로부터 계산된 인덕턴스는 10~12 (nH) 범위로서 J.C.Martin(10) 의 경험적인 수식

$$L = 2d \times \ln(b/a) = 14d \text{ (nH)}$$

에서 얻은 14 nH 유사함을 알수있다. 여기서 d 는 전극간격이다.

### 3-2 증폭특성 고찰

농용매질을 질소로 사용하여 인가전압 18 kV 압력 100 torr 일때 발진기의 출력파형은 FWHM 이 5~6nS이고 전압 파형은 피크전압 16kV, 펄스 Duration 100 nS , 방전 전류가 시작되고 근사적으로 레이저 출력이 얻어지는 방전 전압파형의 Decay - time 은 50nS 이하이다. 증폭기는 인가전압 18 kV 질소압력 50 torr 일때 레이저 출력파형은 FWHM이 7~9 nS이고 전압 파형은 피크전압 14kV, 펄스 Duration 100 nS 이하이며, 방전 전압파형의 Decay - time 은 50nS 이하의 범위이다

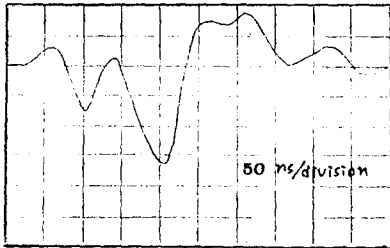


그림 3-2(a) 발진기의 방전 전압파형

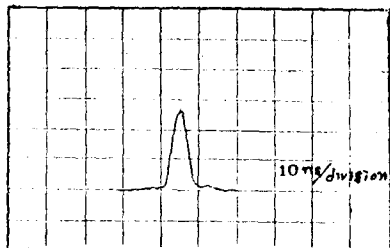


그림 3-2(b) 발진기의 레이저 출력파형

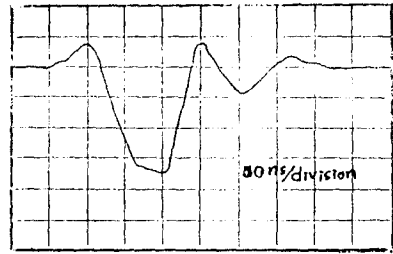


그림 3-2(c) 증폭기의 방전 전압파형

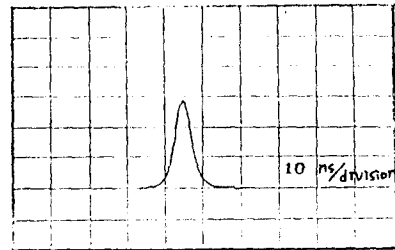


그림 3-2(d) 증폭기의 레이저 출력파형

### 4. 결론

발진기와 증폭기로 구성된 증폭 시스템에서 먼저 발진기는 안정한 출력을 얻었고 증폭기는 고출력을 얻기위해 최적적인 파라미터 즉 C1과 C2 의용량비, 용량이행형 형태에서 방전에 직접적으로 관여되는 12 인덕턴스의 최소화방법, 높은 압력에서의 안정한 Glow방전의 연구가 진행중이며 본 연구는 발진기와 증폭기의 시간적인 동기화 방법에 그 목적을 두었다. 발진기와 증폭기의 각각의 출력은 질소를 농용매질로 하여 대략 2 mJ 과 1 mJ 범위이고 더욱 정확한 동기화의 방법과 증폭기자체의 고 출력화가 연구과제이다.

### 참 고 문 헌

1. Shuntaro Watsnabe, Takuzo Sato, Hiroshi Kashiwagi, IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-15, 322~7, (1979)
2. J. Banic, T. Efthimiopoulos, B.P. Stoicheff Appl. Phys. Lett., 37(8), 686~688, (1980)
3. R. G. Caro, M. C. Gower, C. E. Webb, Appl. Phys., 15, 767~773, (1982)

4. D. C. D. Mcken, R. Fedosejevs, M. Arnfield, I. V. Tomov, C. Domier, A. A. Offenberger, Rev. Sci. Instrum., 54(7), 845-852, (1983)
5. A. C. Cefalas, T. A. King, Appl. Phys, 37, 159-164, (1983)
6. J. Goldhar, J. R. Murrays, Opt. Lett, 6, 199-201, (1977)
7. J. Goldhar, W. R. Repoport, J. R. Murray, IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-16, 235-241, (1980)
8. K. Miyazaki, Y. toda, T. Hasama, T. Sato, Rev. sci. Instrum., 56(2), 201-204, (1985)
9. M. C. Gower, C. B. Edwards, Opt. Com., 40(5), 1982
10. R. B. Miller, ' An introduction to the physics of intense charged particle beams', Plenum press, New York, 16, (1982)