

Seal- Microsecond Long Pulse KrF 레이저

시스템 개발

박 용 진 , 이 주 희

( Hong Jin Park , Choo Hie Lee )

경희대학교 전자공학과

(Department of Electronic Engineering,

Kyung Hee University)

ABSTRACT

코로나 예비전리법 이용한 KrF 레이저의 장펄스화를 위해 동축형 4단 펄스정형회로 (PFN)를 구성해서 용방이형형의 회로에 인덕턴스가 부가된 방식의 전류, 전압을 비교하여 PFN을 동축형으로 제작함으로써 인한 Stray Capacitance( Cs )의 존재로 인한 좋은 효율의 장펄스화를 이루어짐을 밝혔다. 구성된 PFN 을 결연유에 넣어 충전전압 15 KV, Na 55 Torr 에서 330ns펄스폭의 전류파형을 측정했다.

1. 서 론

크기스 할라이드 레이저의 장 펄스화는 레이저 파장에서 선폭을 좁히고, Multishort 레이저 펄스를 산출하기 위한 효과적인 Mode Locking 과 빔의 지향성을 높이는데 있어서 최대의 장점을 갖는다[ 1 ].

그런데, 엑사이머의 수명( ~ ns)이 매우 짧고 포화강도가 매우 높기때문에 크기스 할라이드 레이저의 효과적인 레이징을 위해서는 매우 높은 여기밀도( ~ MW/cm<sup>2</sup>)를 필요로 하게되는데 이렇게 높은 여기 밀도로 장펄스동안 균일한 방전을 지속하기란 매우 어렵다[ 2 ].

장 펄스 동작을 위해 비교적 높은 Capacit-

ance 와 Inductance를 갖는 Pulse forming line과 L-C회로가 이용되는데 본 연구에서는 코로나 예비전리법 이용한 KrF 레이저의 장펄스화를 위해 용방이형형 회로에 인덕턴스를 부가한 방식과 동축형의 PFN을 제작해서 PFN을 대기중에 두었을때와 결연유에 담겼을 때의 전류, 전압파형을 비교해 동축형으로 PFN을 제작했을때 존재하는 Stray Capacitance에 의해 보다 좋은효율의 장펄스화를 얻을수 있음을 밝혔다.

2. 실험 장치

2-1. 방 전 관 (Laser Chamber)

방전관으로는 길이 20cm의 Chang type으로 설계된 전극을 Anode로 사용했고 Cathode로는 구경 2mm의 구멍이 1mm 간격으로 뚫린 Mesh

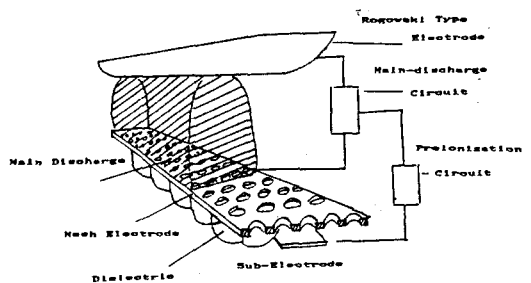


Fig.1 코로나 예비전리방식의 엑사이머 레이저

type을 사용하여 전극간격은 2.4 cm로 했다. 방전체적은  $1 \times 2.4 \times 20 \text{ cm}^3$  이고 방전관의 구조도가 Fig.1에 있다.

예비전리토는 가스수명이 길고, 도달거리는 작지만 균일한 예비전리를 얻을수있는 코로나 방식을 사용했다.

이전의 코로나 예비전리 방식이 가졌던 낮은 유전상수를 갖는 유전체를 사용함으로써 인해 예비전리가 약했던 문제 [ 4 ]를 해결하기 위해 유전체로 유전율이 높은  $\text{BaTiO}_3$  ( $\epsilon_0 = 2100$ ) 을 사용해서 강한 예비전리를 얻었다.

2-2. 펄스정형회로(PFN)의 설계제작

일반적으로 펄스정형회로(PFN)의 Impedance Z 와 Electrical transit time T는

$$Z = \sqrt{L_0 / C_0} \quad (1)$$

$$T = 2N \sqrt{L_0 C_0} \quad (2)$$

에 의해 결정된다.

여기서  $L_0$ 는 PFN 한단의 인덕턴스,

$C_0 = C_s + C_m$ ,  $C_s$ 는 외부도체와 내부도체 사이에 존재하는 Stray Capacitance,  $C_m$ 은 PFN 한단의 Capacitance, N은 PFN 전체 단수이다.

본 연구에서는 PFN을 Inner Conductor의 직경  $a = 14 \text{ cm}$ , Outer Conductor의 직경  $b = 21 \text{ cm}$ , 길이 70 cm의 동축에 2nF 콘덴서를 21 cm 간격으로 8개씩 4단으로 제작해서 PFN을 걸연유 (KS 1종 2호,  $\epsilon_0 = 3$ ) 에 넣었을때 걸연유토 인해 내부도체와 외부도체 사이의  $C_s$ 가 증가해 식(1),(2)에 의해 PFN의 Impedance는 작아지고 Electrical transit time은 증가하는 효과가 얻어지도록 했다. 제작된 Coaxial PFN이 Fig.2에 있다.

PFN이 동축형으로 제작되어서  $C_s$ 는 다음식에 의해 계산된다.

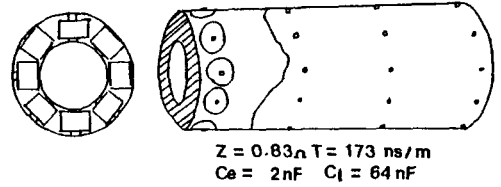


Fig.2 동축형 펄스정형 회로 (PFN)

$$C = \frac{2 \pi \epsilon l}{b \ln \frac{b}{a}}$$

2-3. 실험 회로

그림 3(a),(b)는 장 펄스 KrF 레이저의 여기를 위해 본 연구에서 실험한 회로인데, 여기 회로로 용량이형형을 사용했다.

Fig.3(a)는 2차속 콘덴서 ( $C_2$ )가 평판으로 구성되어 56nH의 인덕턴스가 부가된 회로이다. Fig. 3(b)는 2차속에 동축형 PFN이 사용된 회로로 이의 등가회로가 Fig.4에 있다.

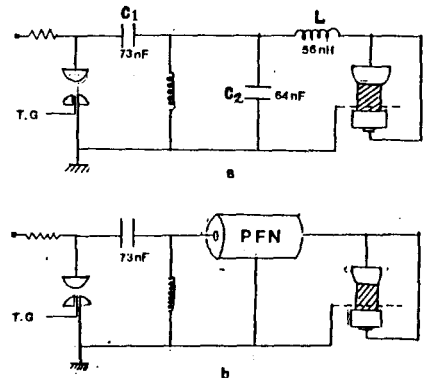


Fig.3 실험 회로

- (a) Inductance 부가형의 회로
- (b) Coaxial type PFN의 회로

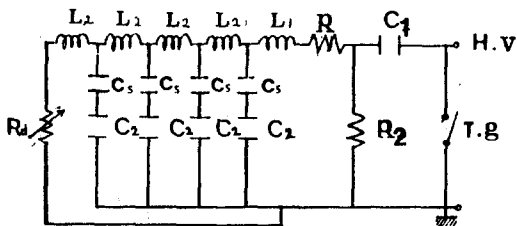


Fig.4 그림 3(b)의 동가 회로

동축 PFN이 사용된 회로의 동가 회로에서 그림 3 (a)에서 볼수없는  $C_s$ 가 존재함을 알수있다. 제작된 PFN에서 Stray Capacitance( $C_s$ )는 9nF의 큰 값을 가져 장전스화에 큰 영향을 미침을 알수있었다.

3. 실험결과 및 검토

그림 5는 실험에 의해 얻어진 전압, 전류 파형들인데, 5-(a)는 회로에 Inductance를 부가해서 측정된 방전관의 전압, 전류파형, 5-(b)는 절연유에 담기지 않은 Coaxial PFN 으로 구성된 회로로부터 측정된 전압, 전류파형, 5-(c)는 절연유에 담긴 Coaxial PFN 으로 구성된 회로로부터 측정된 전압, 전류파형을 나타내고 있는데 이들 파형은 Oscilloscope Teaktronix 2465 를 사용해서 측정하였고, 특히 전류를 측정하기 위해 rogowski coil이 사용되었다. 측정된 파형들을 비교해 보았을때 그림 5-(c)의 경우가 전류의 절스폭을 결정하는 Transit time이 가장 짧고, 특성저항이 작음을 알수있었다.

송전전압 15KV,  $N_2$  가스 압력 55 torr일때 Pulse Duration 300 ns 의 전류파형을 얻었다.

4. 결 론

오보나 예비전리에 의한 KrF 장전스파를

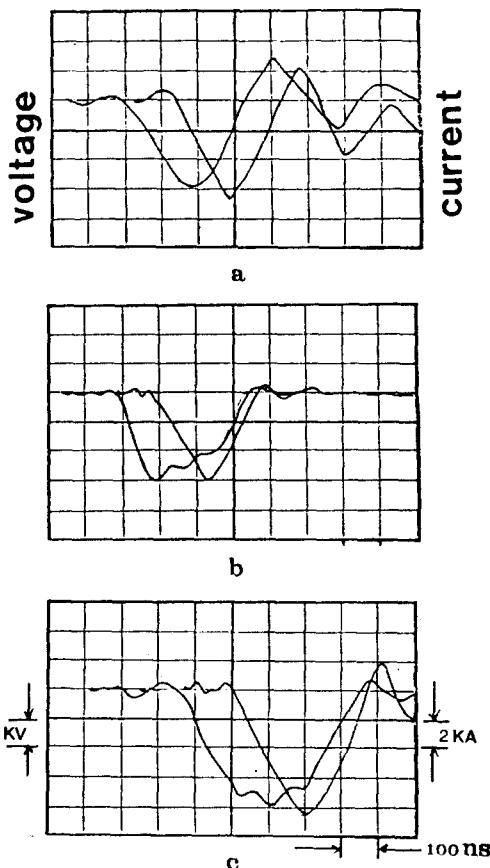


Fig.5  $N_2$ 55 torr,  $V_p$ -15KV 에서 측정된 전압, 전류미신

- (a) Inductance 부가형
- (b) 절연유에 담기지 않았을 때의 Coaxial type PFN
- (c) 절연유에 담겼을 때의 Coaxial type PFN

위해 제작된 동축형 펄스정형 회로를 유전율 (ε) 3의 절연유에 넣었을 때 콘덴서에 의한 capacitance 외에 상당히 큰 값 ( $C_s = 9nF$ )의 Stray Capacitance가 존재하게 되어 회로의 특성 임피던스가 줄어들고 Electrical transit time이 증가하게 되어 장전스파를 얻기 위한 회로로 적합함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. Shuntaro Watanabe, Masayoshi Watanabe,  
Akira Endoh, Rev. Sci. Instru., vol. 57(12),  
2970~2973(1986)
2. Hiroshi Kumagai, Minoru Obara, IEEE  
Transactions on Plasma Science.,  
Vol. 16(4), 453~458(1988)
3. J. I. Levatter, K. L. Robertson, Saho-ohi Lin  
Appl. Phys. Lett., 39(4), 297~299(1981)
4. Masakatsu Sugii, Hiroshi Hara, IEEE  
Photonics technology Letters, vol. 1(7),  
166~167(1989)
5. T. J. McKee, Gary Boyd, T. A. Znotins, IEEE  
Photonics technology Letters, vol. 1(3),  
59~61(1989)
6. C. H. Fisher, M. J. Kushner, T. E. Dehart,  
J. P. McDannel, R. A. Petr, J. J. Ewing  
Appl. Phys. Lett., 48(23), 1574~1576(1986)
7. R. S. Taylor, K. E. Leopold, Appl. Phys.  
Lett., 47(2), 81~83(1985)