

## 표면예비전리 방식을 사용한 KrF 엑사이머 레이저의 개발

박 용 진\*, 이 주 의  
경희대학교 전자공학과

Development of KrF Excimer Laser with surface discharge preionization

Hong Jin Park, Choo Hie Lee  
Department of Electronic Engineering,  
Kyung Hee University

## ABSTRACT

We report the development of a surface discharge preionized KrF discharge Laser with a new type of high-brightness Corona preionizer using a segmented columnar BaTiO<sub>3</sub> dielectric. This Laser characteristic was higher value than that obtained with the conventional corona preionizer using a glass, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic, Kapton film, or a Teflon insulator.

## 1. 서 론

방전여기형 KrF 엑사이머 레이저는 1976 년에 D.G. Sutton 등에 의해 처음 보고[1] 된 이후 현재에 이르고 있다. KrF 레이저를 위한 예비전리 방식으로 UV-spark 예비전리, X-ray 예비전리, 코로나 예비전리가 사용되고 있는데 본 연구에서는 새로운 유형의 코로나 예비전리를 개발하였다. 코로나 예비전리된 엑사이머 레이저는 UV-spark 예비전리 엑사이머 레이저 보다 가스수명이 높다는 것과 방전영역 전면에 걸친 고른 예비전리를 얻을수있는 장점을 갖는다. 그러나 유전체로서 Glass, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic, Kapton film, Teflon을 사용한 기존의 코로나 예비전리 레이저보다 낮은 효율이 보고되었다. 본 연구에서는, 기존의 코로나 예비전리 레이저가 보여준 이 문제를 해결하기 위해 유전체로서 BaTiO<sub>3</sub>를 사용한 새로운

형식의 고휘도 코로나 예비전리를 개발해 KrF 엑사이머 레이저에 응용했다.

결과로, 유전율이 높은 BaTiO<sub>3</sub> 유전체로 사용한 새로운 형식의 고휘도 코로나 예비전리 KrF 레이저를 개발해서 낮은 유전율을 갖는 유전체를 사용하여 낮은 휘도의 코로나 예비전리를 사용한 기존의 코로나 예비전리 레이저 보다 효율을 크게 개선할수 있었다.

## 2. 설계 및 제작

## 1) 레이저 방전관

레이저 방전관은 용적 1.5(W) X 76(A) X 675(L) mm, 두께 10 mm의 SUS 304 로 구성 & atm의 압력에 견딜수 있게 제작하였다. 주 방전전극은 Anode 로 Chang profile (K=0.18)로 설계된 길이 52 cm 폭 1.5cm의 Brass를, Cathode 로 2.5 mm 두께의 Al 스크린 전극을 사용했다. 전극 갭은 1.7 cm, 방전장 50 cm, 방전폭 0.7 cm 로 하여 방전체적은 59.5 cm<sup>3</sup> 였다. 유전체로 Glass, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic, Kapton film, Teflon insulator 를 사용한 기존의 코로나 예비전리 레이저는 낮은 강도의 UV를 발생시켰다. 이는 사용된 유전체의 유전율이 낮아 유전체로 흐르는 전류가 적기 때문이다. 본 연구에서는, 실온에서 유전율 1700 의 높은 유전율을 갖는 BaTiO<sub>3</sub> 를 사용한 새로운 형태의 코로나 예비전리 레이저를 개발해서 이 문제를 해결했다. 보조전극으로 Cathode 전극 배면에 BaTiO<sub>3</sub> 유전체의 직경이 42 mm 인 커브

된 11개의 BaTiO3 ceramic capacitors 를 배치 하였다. Fig 1, Fig 2 에 레이저 방전관의 구조도와 코로나 예비전리를 사용한 전극구조도가 나타나있다.

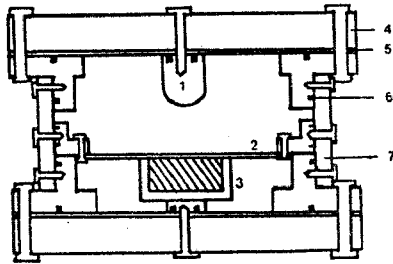


Fig 1. Laser discharge tube

- 1. Anode 2. Cathode(Screen electrode)
- 3. cutted Capacitor 4. Bocrite
- 5. Teflon 6. O-ring 7. Sus chamber

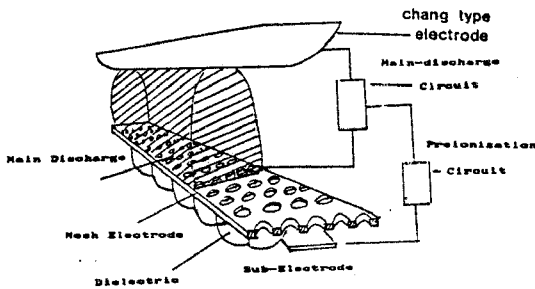


Fig 2. Corona preionizer electrodes

2. 방전 외로

레이저 방전 펌핑을 위한 여기외로서 전하이송형 외로를 사용하였다. 1 차 Capacitor C1, 2 차 Capacitor C2 그리고 예비전리를 위한 preionization coupling capacitor Cp는 각각 59.7 nF, 56 nF, 0.8-22 nF 으로 하였다. 이에 대한 것이 Fig3 에 나와 있다. 방전에 관련되는 Main Loop의 Inductance 는 14 nH였는데 이론계산을 하기위해 다음의 공식이 사용되었다.

$$L = 12.4 \times \frac{A}{1}$$

여기서 A 는 loop가 형성하는 단면적이고 1 은 방전관의 길이이다. 본 실험에서 구성된 loop 의 단면적은 113 cm, 방전관길이는 50cm 이다

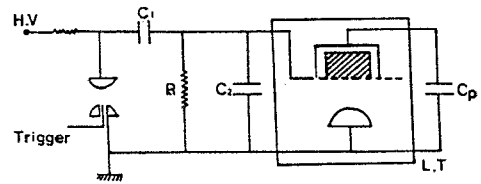


Fig 3. Laser excitation circuit

3. 레이저공진기

레이저공진기의 광학계에서 레이저 관의 창은 2 inch의 CaF2이고 거울은 2inch의 MgF2를 사용하였다. 레이저거울은 다층박막이고 전반사경 (R=∞) 과 출력경 (R=30%)로 구성되었다.

3. 실험 결과

레이저발전 실험을 하기위한 출력측정외로와 레이저매질의 배관계통은 Fig4와 같다. F 가스를 포함하는 불화물은 Soda-line trap을 거쳐서 배기하고, 가스 배관계통의 파이프 및 밸브류의 재료는 SUS-316 을 사용하였다.

본 실험에서 사용된 계속기기는 레이저 에너지를 위해 Gentec ED-500, 레이저 펄스측정을 위해 R 1193u-02의 photo tube가 사용되었고, 또 전압파형과 전류파형 측정을 위해 각각 무유도 저항으로 구성된 Voltage divider(1000:1) 와 Pulse Current Transformer(Pearson Electronics -411 M) 를 사용하였다. 실험을위해 Gas 혼합비는 F /Kr/He=0.2/4/ 95.8% 가 사용되었다. 충전전압이 27 kV일때 대표적인 방전전압 파형과 전류파형은 Fig 5 와 같다. C2Capacitor 에서 전하의

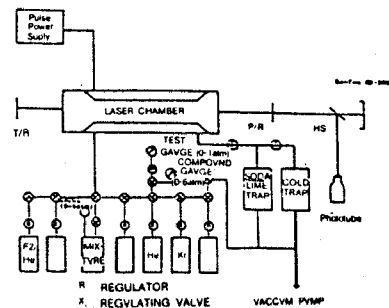
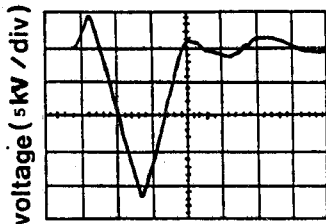
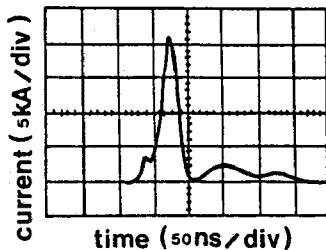


Fig 4. Gas handling system and measurement system of Laser output power.

상태를 나타내는 Laser Head의 방전전압 파형은 전압 강하시간 70 ns이다. 전압강하시간 70 ns는 방전전류의 펄스폭과 같음을 Fig 5에서 볼 수 있다. KrF 레이저의 출력특성은 레이저 가스의 혼합비, 복잡한 Kinetics방전의 전기적 특성등에 의하여 영향을 받는다. 즉  $C_1, C_2, C_1/C_2$ , 전극거리, 출력전압, 가스혼합비 및 의석가스, 가스전압등의 파라메타는 레이저 출력에 독립적이지 않고 상호의존의 관계가 있다. 더우기  $C_1, C_2, C_1/C_2$ 는 전기에너지와 함께 전극간의 전압 상승시간과 최대값을 결정하는 회로소자이다. 또, 표면 예비전리 방식을 사용한 엑사이머 레이저에서 Cathode로 사용된 mesh 전극의 hole size도 레이저 출력에 직접적인 영향을 미치는 parameter이다.



(a) Voltage waveform



(b) current waveform

fig5. discharge vortage waveform(a) and current waveform .

The gas mixture is Kr/He/F = 4/95.8/0.2 (%) of 27KV.

#### 4. 결론

KrF 엑사이머 레이저 발진을 위하여 한쪽면을 커브한 BaTiO<sub>3</sub>를 사용하는 새로운 형태의 표면 예비전리방식을 사용하여 예비전리 강도를 강하게 해 줌으로 인해 지금까지 보고된 기존의 코로나 예비전리 방식보다 훨씬 효율을 개선할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. D.G.Sutton, S.N.Suchard, O.L.Gibb, and C.P.Wang Appl.Phys.Lett. 28
2. Masakasu sugii and Hiposhi Hara, IEEE Photonics tehnology Letters, Vol.1(7),166~167(1989)
3. M.sugii, Japanese Government, International Patent pending
4. T.Y.Chang The review of scientific indtruments , Vol44(4),405~407
5. 이주의, 최부연, 전상영, 정재근, 경희대학교논문집, 제 18 집 자연, 689(1989)