

창립
40주년학술대회
논문 87-K-20-7

용량이행형 방전어기 엑사이머 레이저의
전압 전류 특성

정세근*, 최부연, 이주의
경희대학교 전자공학과

The Characteristic of Voltage and Current
in Discharge-pumped Excimer Laser with Charge Transfer Type

JAE-KEUN JUNG *, BOO-YEON CHOI, CHOO-HIE LEE
Dept. of Electronic Engineering, Kyung Hee University

ABSTRACT

We calculated the discharge resistance, which is determined by plasma dynamics, of the discharge pumped excimer lasers with charge-transfer type. And investigated the characteristic of discharge voltage and current using EMTP.

1. 서론

용량이행형 방전어기 엑사이머 레이저는 최근 반도체 미세가공용 어러 분야에서 인구가 증용되고 있다[1].

효율적인 레이저 방전을 위해서는 효율적인 레이저 감지가 필수적인데 이를 위해서는 펄스 레이저 감지의 정확한 해석이 중요하다.

그러므로 본 논문에서는 플라즈마 다이내믹스에 의해 결정되는 비선형 저항인 방전 저항을 구하여, EMTP[2]를 이용하여 용량이행형 방전어기 장치의 방전 전압, 전류 특성을 고찰한다.

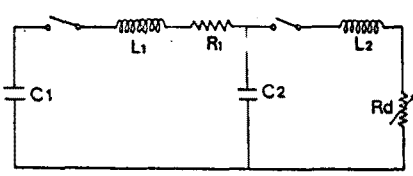


그림 1. 용량이행형 방전 어기 장치의 등가회로

II. 방전저항 및 전압, 전류 특성

그림 1은 용량이행형 방전어기 장치의 등가 회로를 나타낸다. 각 회로소자의 용량은 실험적, 이론적으로 간단히 구해지지만, 방전관 내부 저항인 Rd는 비선형 저항으로서 플라즈마 다이내믹스에 의해 계산되며 다음과 같은 수식으로 표현된다[3].

$$R_d = d / (e A \mu_e n_e) \quad \text{-----(1)}$$

여기에서 d는 전극의 간격, e는 전자의 전하(1.6 E-19), A는 방전 플라즈마의 유효 단면적, μ_e 는 전자의 이동도, n_e 는 전자의 수밀도이다. 그러므로 방전 저항 Rd는 전자의 수밀도 n_e 와 전자의 이동도 μ_e 에 의해 비선형적인 형태를 나타낸다.

방전은 주로 이온화 과정을 거쳐 전자에 의해 직접 여기되는 의가스에 의하여 좌우되며, 알로겐 도우니와 전자의 페리 부착에 의해 완화된단. 그러므로 전자 수밀도 n_e 는 다음의 식[6]으로 주어진다.

$$d n_e / dt = S + (\alpha - \beta) n_e \quad \text{-----(2)}$$

여기에서 S는 UV 에비전리에 의해 생성되는 이온-전자쌍의 생성율, α 는 2차전자에 의한 이온화율, β 는 알로겐 도우니에 의한 페리 부착율을 나타낸다.

전자의 이동도 μ_e 는 가스성분과 E/P에

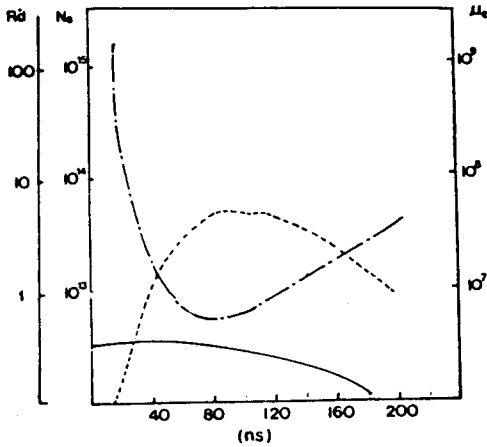


그림 2. n_e, μ_e, R_d 의 계산결과

의에 최우되는데 대부분 He 혹은 Ar을 포함하는 전형적인 레이저 혼합물에 있어서는 E/P에 약하게 의존한다. 본 실험장치[5]에서는 가스 혼합비가 $Kr / F_2 / He = 4 / 0.2 / 95.8$ 이므로 He이 95% 이상을 차지한다. 그러므로 μ_e 는 근사적으로 다음의 식[6]으로 표현이 가능하다.

$$\mu_e \text{ (cm / sec)} = 1.21 E6 \{ E(t) / P \}^{-0.3} \quad (3)$$

여기에서 E(t)는 시간에 따른 전기장(V/cm), P는 가스압력(torr)을 나타낸다.

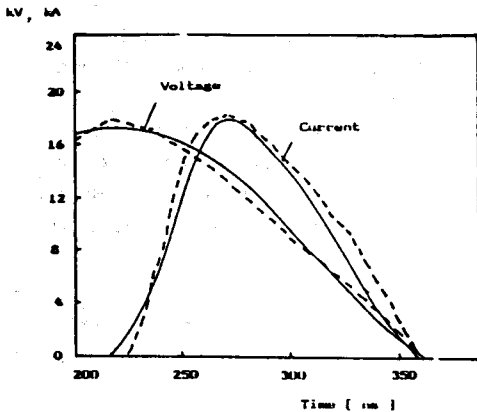


그림 3. 전압 전류 파형

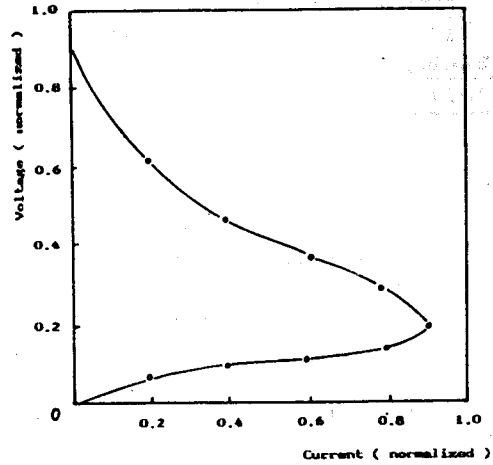


그림 4. 정규화한 전압 전류

그림 2는 앞의 식(2),(3)으로 계산한 전자의 수밀도 n_e 와 전자의 이동도 μ_e , 그리고 이를 식(1)에 대입하여 구한 Rd를 그래프로 나타낸 것이다. 전자의 이동도 μ_e 는 시간에 대해서 거의 변화가 없으나 전자의 수밀도 n_e 는 시간에 대해 급격히 변화하며 이는 그림 3에서 전류파형과 거의 유사한 모양을 나타내는 것을 알 수 있다.

그림 3은 전압, 전류 파형을 나타낸 것으로 EMTP (Electro- Magnetic Transients Program)로 계산한 것이다. 그림에서 짐작은 이론적으로 계산한 값이며 실선은 실험치를 나타내는데 이는 $CuSO_4$ 전압분압기와 보고스키 코일로 각각 40000 : 1, 3000 : 1로 측정된 것이다.

그림 4는 정규화한 전압 전류 파형으로 동일 시간에서의 방전 전압, 전류를 표시한 것이다. 전압이 낮은 상태에서 전류가 많이 흐름을 알 수 있는데 이는 방전전류가 방전전압의 피크에서 흐르기 시작하여 방전저항이 최소가 될 때 거의 피크치에 흐름을 알 수 있다. 즉 전자수밀도 n_e 에 의해서 방전저항 및 전류가 결정됨을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 방전 플라즈마에 의해 결정되는 비선형 방전 저항을 구하고 EMTP를 이용하여 방전관 내의 방전전압, 전류를 계산하여 실험치와 비교하였다. 그 결과 방전저항은

전자의 이동도와 전자의 수밀도에 의해서 비선형적인 성질을 나타내며 주로 전자수밀도에 의한다는 것을 알 수 있었으며 그림 3에서 알 수 있듯이 실험과 계산결과가 잘 일치함을 알 수 있었다. 그러나 장치의 전압, 전류 특성을 고압함에 있어서 방전관부의 인덕턴스 값이 40 nH로 크기 때문에 전류의 상승시간이 늦어지므로 본 장치로 행한 엑사이머 레이저의 발진실험에서 효율이 극히 낮은 이유를 분석할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 이 주의, 전기학회지, vol.33 (6), 10, 1984
- [2] H.W.Dommel, IEEE Trans. Power Apparatus Syst. PAS-88 (4), 388, 1969
- [3] M.Maeda, et al, Japan J. Appl. Phys., 21 (8), 1161, 1982
- [4] R.C.Sce, IEEE J. Quantum Electronics, 15 (15), 1338, 1979
- [5] 정 제근, 외 부연, 이 주의, 전기, 전자 학술대의 논문집(I), 45, 1987
- [6] 小池勇二郎, 気体放電, 84, 1960