

광원을 위한 AC구동 유전체장벽 미세공음극 구조와 상한 pd 제한조건

박기완*, 이태일⁺, 제갈종필⁺, 백흥구⁺

The Dielectric Barrier micro-hollow cathode structure and its upper pD limitation in alternative current driving for flat panel light source

K. W. Park, T. I. Lee⁺, J. P. Jegal⁺, H. K. Baik⁺

Abstract

The Dielectric Barrier micro-hollow cathode structure and its upper pD limitation are investigated for determining of optimum hollow cathode discharge condition. In experiment, discharge is sustained by AC driving and investigated gas is pure Xe. From Experiment, Optimum pD range is lower than 0.72 torr.cm at pure Xe and Cu cathode.

Key Words : Micro Hollow cathode, DBD, light source

1. 서론

플라즈마는 현재 다양한 산업에서 사용되고 있다. 산업적으로는 반도체, 공해분해와 같은 다양한 분야에서 응용되고 있으며, 또한 광원으로써 플라즈마는 매우 폭넓게 사용되고 있다. 기존에 사용되고 있는 형광등은 수은 방전을 이용한 광원이며, 이는 LCD 백라이트 및 실외 실내 조명으로 사용되고 있다. 하지만, 이런 수은 방전은 인체

에 유해한 수은의 사용으로 점점 규제되고 있으며, 이에 대한 대안으로 Xe 방전이 각광 받고 있다. 하지만, Xe 방전의 경우 수은 방전에 비해 매우 낮은 효율을 보이므로 이를 높이기 위한 많은 시도들이 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 미세공음극 방전 구조를 이용한 고효율 방전 구조에 관한 연구를 진행하였다.

* 박기완, 연세대학교 금속학과 (kiki1023@yonsei.ac.kr)
주소: 서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 금속공학과
⁺ 연세대학교 금속공학과

2. 실험

전극은 일반적인 유전체 장벽 구조와 미세공음극 구조를 혼용하였다. 금속 전극으로는 구리 후막을 사용하였으며 유전체로는 알루미늄이나 판을 사용하였다. 미세공음극의 제작은 기계 가공을 통하여 제작하였으며, 전기적 방전 모식도는 Fig. 1에 나타내었다. 방전 결과의 측정을 위하여 C6830 포토다이오드를 이용하여 오실로 그래프의 I-V와 같이 측정하였다. 방전 가스로는 순수 Xe 가스를 이용하였으며 압력은 5-100 Torr 사이에서 실험을 진행하였다. 홀의 개수는 1개의 홀에서 진행한 이후 13개의 홀에서 방전 현상을 관측하였다. 관측은 디지털 사진기를 이용하였다.

3. 실험 결과 및 토의

공음극 구조의 방전의 원리는 음극 공동에 의해 생기는 전기장에 의해 전자가 진동운동을 함으로써 높은 밀도의 플라즈마를 형성하게 되는 것을 뜻한다. 이는 Pendulum motion 이라하며 이런 Pendulum motion에 의해 공동 내부에서 충분한 충돌을 함으로써 공음극 방전은 유지 된다. 이런 미세공음극 방전의 유지는 결과적으로 내부에 충분한 충돌을 가질 수 있는 충돌 거리가 필요하게 되고 미세공음극 방전에서 임계 pd 값의 범위는 다음 식에서 나타난다.

$$f_c = \exp\left(-\frac{x_c}{\lambda}\right) \Rightarrow x_c = \lambda \ln\left(\frac{1}{f_c}\right) = \frac{1}{pn_0\langle\sigma\rangle} \ln\left(\frac{1}{f_c}\right)$$

(Equation 1)

$$px_c = \frac{1}{n_0\langle\sigma\rangle} \ln\left(\frac{1}{f_c}\right) \leq pD$$

(Equation 2)

$$\frac{1}{n_0\langle\sigma\rangle} \ln\left(\frac{1}{f_c}\right) \leq pD$$

(Equation 3)

x_c : 미세공음극 방전을 위한 임계 거리

λ : Mean Free Pass

n_0 : 1 torr에서 1cm 이동시 충돌 회수

f_c : 임계 충돌 비율

σ : 평균 충돌 단면적

식 1에서 충돌 확률식에 의해 나오는 임계 x_c 값은 다음

과 같고, 임계 충돌 거리 x_c 와 충돌 단면적간에 관계식(식 2)을 통하여 임계 pd관계식이 식 3과 같이 정리된다. 또한 이런 미세공음극 구조에서 이런 방전이 유지되기 위한 최소 임계 pd는 음극 내벽에 생기는 쉬스 거리와 negative glow 영역의 거리의 합보다 작아야 함으로 다음의 식 4와 같이 표현할 수 있다.

$$D \leq 2d_{\text{sheath}} + d_{\text{negative glow}}$$

(Equation 4)

$$d_{\text{sheath}} = B^* / p + BI\sqrt{J}$$

(Equation 5)

$$pD \leq 2B^* + 2pBI\sqrt{J} + d_0p_0$$

(Equation 6)

B, B^* : 가스의 종류와 전극의 물질에 따른 상수값
 J : current density

여기서 쉬스 거리는 다음의 수식 5와 같으므로 최종적인 적정 pd 값은 수식 6으로 정리된다.

적절 pd값의 측정을 위해 동일한 홀 사이즈 방전 전극에서 압력을 변화시켜 가며 실험을 하였으며, 적정 pd의 평가는 포토다이오드로부터 얻어지는 광전류와 서킷에 흐르는 전류 값, 광학적 이미지를 종합적으로 평가함으로 결정하였다. 순수 Xe 가스의 실험 결과는 Fig 2 와 같다. 실험 결과 적정 pd 값은 0.72 torr/cm이다. 이를 여러 개의 홀에서 방전이 진행될시 같은 현상을 보임을 증명하였고 이는 Fig. 3에 나타내었다. 1개 실험에서와 마찬가지로 8 torr이하에서 내부에 미세공음극 방전 모드가 작동됨을 확인할 수 있었으며, 전기적 특성 또한 동일하게 나타났다.

4. 결론

유전체장벽 미세공음극 구조에서 방전 실험을 진행하였다. 이런 미세공음극 방전은 효율적인 전자의 소스로써, 광원에 응용 시 방전 효율을 높일 수 있는 수단이 된다. 이런 미세공음극 구조의 방전의 경우 실제 공음극 모드에서 방전과 stepwise 방전 구조로 나뉘는데 실제 응용을 위해서는 방전 모드가 중요하다. 이런 방전 모드의 결정은 홀의 크기와 operating 압력에 의해 결정되고 순수 제논의 경우 구리 전극을 사용한 실험에서 0.72 torr.cm이상일 경우 미세공음극 방전 모드로 전이됨을 실험을 통하여 검증하였다.

후 기

본 실험은 과제 번호 11011081의 경제적 지원을 통해 이루어졌다

Figure 1 전극 구조 및 모식도

Electrode structure

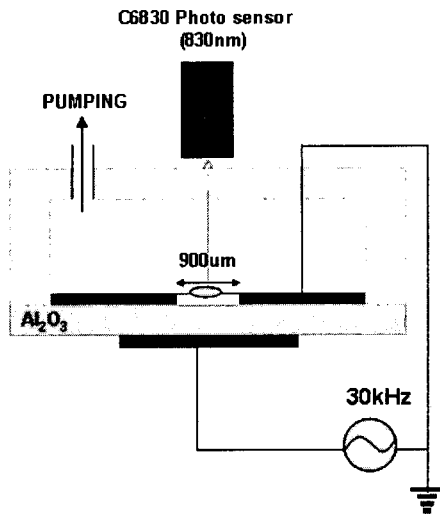


Figure 2 방전 형상

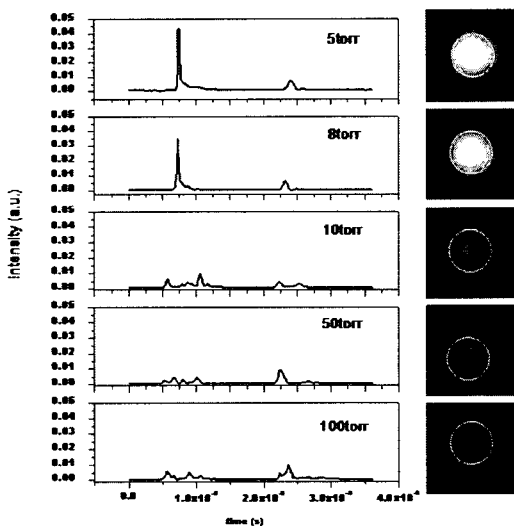
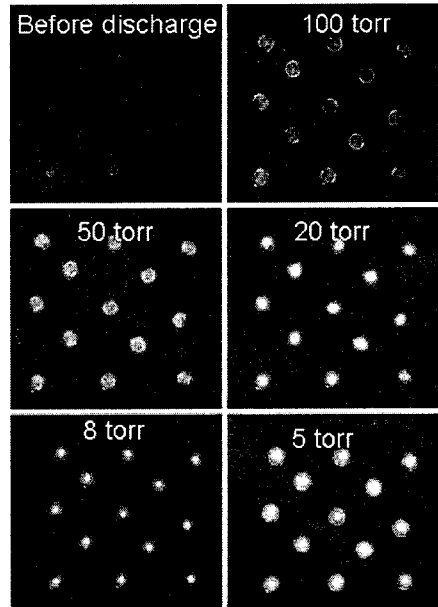


Figure 3 압력에 따른 방전 형상



참 고 문 헌

(1) Karl H Schoenbach, Ahmed El-Habachi, Wenhui Shi and Marco Ciocca, 1997, "", Plasma Sources Sci. Techno. Vol. 6, pp. 468~477

(2) Ki Wan Park, Tae Il Lee, Hae Il Park, Hong Koo Baik and Se Jong Lee, 2005, "Application of Microholes in Sustain Electrode to Improving UV Efficiency in Macroscopic Plasma Display Panel Cells" Journal of Japanese Applied Physics Vol. 44 No. 1A, pp. 394-395

(3) Helm H, 1972, "Experimenteller Nachweis des Pendel-Effektes in einer zylindrischen Niederdruck-Hohlkathode-Entladung in Argon" Nature Vol 27. pp 1812-1819

(2) A. von Engel, 1993, *Ionized Gases*, AIP Press, pp. 230~245.