

교류형 플라즈마 표시기에서의 진공자외선 발광 및 방전에 관한 연구

전희철, 서정현, 김중균, 윤차근, 황기웅

서울대학교 전기공학부 플라즈마 실험실

I. 서론

최근 플라즈마 표시기의 수명과 발광 효율 등을 향상시키기 위한 연구가 다방면에서 지속적으로 이루어지고 있으나 한계점에 다다르고 있다. 이에 새로운 개념의 연구가 필요하고 이를 위해서는 근본적인 플라즈마 물성에 대한 이해가 요구된다. 플라즈마 디스플레이 내에 존재하는 플라즈마는 그 작은 체적으로 인하여 측정할 수 있는 물성에 한계가 있다. 그 중간접적으로나마 플라즈마 내의 특성을 보여주는 것이 진공자외선의 시간에 따른 변화 특성이다. 본 연구에서는 교류형 표면 방전형 플라즈마 표시기의 셀로부터 방출되는 진공자외선(147nm, 173nm)의 방전 셀에 인가되는 구동 파형과 혼합 가스 및 압력에 따른 진공자외선 방출의 직접적인 측정이 이루어 졌고, 플라즈마 표시기 셀에서 이루어지는 방전 경로 및 각 반응량을 해석하기 위해 다중 유체식(Multi-Fluid Equation)을 이용한 수치해석에 의해 방전 해석이 이루어 졌다. [1]-[3]

II. 실험 방법 및 결과

본 실험에서는 플라즈마 표시기의 셀에서 생성되는 진공 자외선이 R,G,B 형광체를 여기시켜 가시광을 방출하기 때문에, 셀에서 방출되는 147nm와 173nm 진공 자외선을 진공 분광 분석기와 시간 분해가 가능한 ICCD(Intensified Charged Coupled Device)를 이용하여 시간에 따라 측정하였다.

He+Xe, Ne+Xe의 혼합가스에서 혼합비 및 압력과 83.3kHz의 구동 펄스의 duty에 따른 147nm 진공 자외선의 시간에 따른 세기의 변화는 전반적으로 급격한 증가와 긴 시상수를 가지는 감쇄 특성을 보였다. 진공 자외선 세기의 최고치에 이르는 시간은 방전 유지 전압이 높을수록 짧아졌으며, 혼합 가스 및 압력에 따른 특성은 방전 유지 전압의 특성에 비해 그 다지 크지 않았다. 이 진공 자외선의 감쇄 특성은 2 개의 시정수를 갖는 특성을 보여주고 있으며, 최고치부터 시작되는 1usec 이내의 짧은 시정수는 전자에 의한 직접 충돌에 의한 $Xe^*(^3P_1)$ 의 생성과 147nm 진공 자외선의 방출에 의한 감쇄가 지배적인 반응에 의해 형성된 것으로 볼 수 있으며, 두 번째의 상대적으로 큰 값을 갖는 수 usec의 시정수는 전자의 직접 충돌에 의한 반응보다 $Xe^*(^3P_2)$ 와 dimer 종들에 의해 $Xe^*(^3P_1)$ 이 형성되는 반응이 지배적인 반응으로 볼 수 있다.

구동전압의 duty를 변화시키면서 147nm의 감쇄특성을 측정하였다. 83.3kHz 200V의 방전 유지 파형에서는 duty가 줄어들 수록 147nm 진공 자외선의 최고치가 줄어드는 현상을 보였으나 감쇄시간에서는 거의 변화가 없었다. 147nm의 최고치가 줄어드는 원인으로는 on-time이 줄어들면서 형성되는 벽전하의 양이 감소하여 플라즈마의 방전 영역에 형성되는 전장의 세기가 줄어드는 원인과 off-time이 길어지면서 방전 공간내에 존재하는 metastable의 양이 줄어들어 전압이 인가된 후에 쉽게 이온화가 되는 종들의 감소가 주요한 원인이라고 볼 수 있다.

이와 같은 147nm 진공 자외선의 발광 특성을 이해하기 위해 2차원 다중 유체식을 사용하

여 표면 방전형 AC PDP 셀 내에서 형성되는 플라즈마 내에 존재하는 하전 입자와 여기 입자 및 벽전하들의 시공간 분포를 해석하였으며, 플라즈마 표시기 셀에서 이루어지는 방전 경로 및 각 반응량을 해석하였다. 플라즈마 디스플레이 셀에서 사용되고 있는 플라즈마는 LTE(Local Thermodynamics Equilibrium) 상태가 아니기 때문에 전자와 이온을 따로 고려해야 한다. 전자와 He^+ , He_2^+ , Xe^+ , Xe_2^+ 등의 하전입자들을 해석하기 위해 사용된 지배 방정식은 질량, 운동량, 에너지보존 식과 Poisson 식을 사용했으며, He^+ , He_2^+ , $Xe^+(^3P_1)$, $Xe^+(^3P_2)$, Xe_2^+ 등의 여기 입자의 해석을 위해 확산 방정식을 사용했다[4]-[5]. 이러한 수치해석으로부터, 하전입자와 여기입자들의 시공간 분포가 어드레스 전압과 방전유지 전극의 위치에 따라 플라즈마 파라미터 등을 제어할 수 있음을 수치해석을 통해 확인할 수 있었다. 또한, 플라즈마 표시기에서 발생하는 147nm 진공 자외선은 $Xe^+(^3P_1)$ 가 기저상태로 천이하면서 발생하며, $Xe^+(^3P_1)$ 의 밀도에 직접적으로 연관되기 때문에 $Xe^+(^3P_1)$ 의 생성 및 감소 경로와 $Xe^+(^3P_1)$ 와 직접적으로 연관되어 있는 준 안정 상태인 $Xe^+(^3P_2)$ 와 dimer 종들과의 방전 관계가 연구되었다.

III. 결론

교류형 표면 방전형 플라즈마 표시기에서 방전 셀에 인가되는 구동 파형과 혼합 가스 및 압력에 따른 진공자외선(147nm, 173nm)의 방출의 직접적인 측정이 이루어 졌고, 2차원 다중 유체식을 사용하여 표면 방전형 AC PDP 셀 내에서 형성되는 플라즈마 내에 존재하는 하전입자와 여기입자 및 벽전하들의 시공간 분포를 해석하였으며, 플라즈마 표시기 셀에서 이루어지는 방전 경로 및 각 반응량을 해석하였다.

이러한 해석으로부터 $Xe^+(^3P_1)$ 형성의 주된 반응은 전자의 직접 충돌에 의한 여기 반응으로 해석되었으며, ICCD에 의한 147nm 진공 자외선의 시간에 따른 발광 특성은 두 개의 시정수를 갖는 감쇄 특성을 나타내었다.

VI. 참고문헌

- [1] H.S.Jeong, B.J. Shin J.H. Seo, C.K. Yoon and K.W. Whang, "Study of VUV Emission Spectra from AC Plasma Display Panel", 44th National Symposium of American Vac. Soc. San Jose, CA, Oct. 20-24, 1997.
- [2] J.H. Seo, H.S. Jeong J.K. Kim K.S. Moon, J.H. Yang and K.W. Whang,"Analysis of the Discharge Mechanism of He-Ne-Xe Gas Mixture in a surface Type AC PDP", 44th National Symposium of American Vac. Soc. San Jose, CA, Oct. 20-24, 1997.
- [3] Ki-Woong Whang, Heui-Seob Jeong Jeong-Hyun Seo, Cha-Keun Yoon and Joong Kyun Kim "Characteristics of VUV Emission from an AC PDP Cell" Int'l Display Workshop, Japan. Nov. 18-20, 1997.
- [4] Kazuo Takahashi, Seishiro Hashiguchi, Yukio Murakami, Makoto Takei, Kazuhiro Itoh, Kunihide Tachibana, Tetsuo Sakai, Jpn. J. Appl. Phys. vol. 35. pp. 251-258, 1996
- [5] Kyung Cheol Choi, Ki-Woong Whang, IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 23, No.23, pp399-404, June. 1995.