

## AC-PDP에서 Ne-Xe의 2원 혼합기체와 He-Ne-Xe의 3원 혼합기체의 Xe 혼합비와 가스 압력에 따른 VUV 발광 특성

유나름, 정규봉, 이준호, 이수범, 한용규, 정세훈, 이혜정, 손창길, 임정은, 오필용, 문민욱, 정진만, 고병덕  
조광섭, 엄환섭\*, 최은하  
광운대학교 전자물리학과 PDP연구센터  
\* 아주대학교 물리학과

Vacuum ultraviolet emission characteristics of binary and ternary gas mixtures with xenon concentration and gas pressure in AC-PDPs

N. L. Yoo, K. B. Jung, J. H. Lee, S. B. Lee, Y. K. Han, S. H. Jeong, H. J. Lee, C. G. Son, J. E. Lim, P. Y. Oh, M. W. Moon, J. M. Jeoung, B. D. Ko, G. S. Cho, H. S. Uhm\* and E. H. Choi

Charged Particle Beam and Plasma Lab./ PDP Research Center  
Department of Electrophysics, Kwangwoon University

\*Department of Molecular Science and Technology, Ajou University

### Abstract

AC-PDP에서 발광 휘도와 발광 효율의 개선은 매우 중요한 과제중의 하나이다. 높은 발광 휘도와 발광 효율을 위해선 VUV의 높은 발광 효율이 요구되어진다. 이 실험에서는 AC-PDP에서 Ne-Xe의 2원 혼합기체와 He-Ne-Xe의 3원 혼합기체의 VUV 발광 세기를 측정하였다. 기체 압력은 200 Torr, 300 Torr, 400 Torr, 500 Torr로 유지하였고, Xe 혼합비는 1%, 2%, 4%, 7%, 10%, 15%를 사용하였다. 진공자의선 발광 세기는 He-Ne-Xe의 3원 혼합기체가 Ne-Xe의 2원 혼합기체보다 발광 세기가 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. 그리고 Xe 함량이 증가함에 따라 공명선인 147 nm의 발광 세기는 Xe 혼합비가 약 10%까지는 증가하다가 10% 이후에는 포화되고, 반면 분자선인 173 nm은 Xe 함량과 가스 압력이 증가함에 따라 발광 세기가 증가하였다.

### 1. 서 론

휘도와 효율의 향상은 교류형 플라스마 표시평판(AC-PDP)에서 가장 중요한 부분이다. 이러한 효율과 휘도의 향상을 위해 셀 구조와 구동 방법의 최적화와 함께 중요한 기술이 방전 기체의 선택과 혼합비의 최적화이다. AC-PDP의 발광 효율을 향상시키는 좋은 방법 중의 하나가 Xe 원자로부터 기인되는 진공자의선의 특성을 연구하는 것이다. 진공 자외선은 형광체에 흡수되어 가시광으로 변환되며, 휘도 및 발광 효율에 직접적인 영향을 끼친다.

### 2. 실험

컬러 AC-PDP에서 높은 발광휘도 및 발광효율을 얻기 위한 실험으로 Ne-Xe의 2원 혼합기체와 He-Ne-Xe의 3원 혼합가스를 사용하였다. 이에 따라 혼합기체 실험을 위한 분광분석 실험 장치를 그림 1에 나타내었다. 시스템은 진공단색분광기(vacuum monochromator), 진공용기(vacuum chamber), 진공시스템(vacuum system), 구동회로(driving circuit), 기체시스템(gas system) 그리고 데이터분석(data analysis) 장치로 구성되어있다. 패널은 외부에서 자유로이 부착하고 해지할 수 있는(demountable) 작은 진공용기(vacuum

chamber) 안에 PDP 상판만이 놓여지며, 진공단색 분광기 입력 측에 고정된다<sup>[1]</sup>. 본 실험에 사용된 패널의 크기는 1인치이다. 패널조건은 전극폭 300 um, 전극간격 50 um, 유전체 두께 30 um를 사용하였고 구동조건은 구형펄스의 전압 상승시간, 구동주파수와 펄스폭을 150 ns, 35 kHz와 7 us로 유지하였다. 사용된 혼합기체는 Ne-Xe(1%, 4%, 7%, 10%, 15%)의 2원 혼합기체와 He(70%)-Ne-Xe(1%, 4%, 7%, 10%, 15%)의 3원 혼합기체이다.

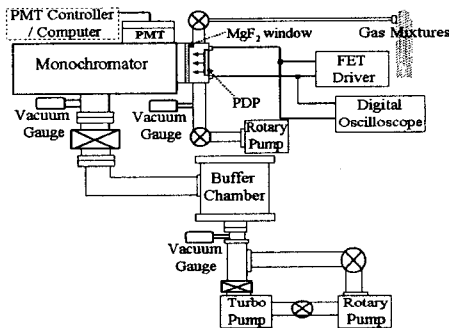


그림 1. 실험장치 구성도

신호감지 시스템은 광전자증배관(PMT, photomultiplier tube)로 연결되어 computer로 데이터를 분석한다. 진공시스템은 로타리펌프(rotary pump)로 저진공 영역을, 터보펌프(turbo pump)로 고진공 영역을 위해 사용하였다. 진공계이지는 혼합기체 종과 혼합비에 상관없이 측정 가능한 다이아프램 마노미터(diaphragm manometer)를 사용하였다. 진공단색분광기 아래쪽에 부착되어있는 진공계이지는 이온계이지를 사용하였으며 진공자외선을 측정하기위한 진공조건은  $10^{-5}$  Torr 이하에서 실험하였다. PDP에 사용하는 가스 중에 Xe 원자로부터 생성되는 진공자외선은 147 nm, 173 nm으로 진공자외 영역(< 200 nm)에 있기 때문에, 패널의 유리를 통과하여 측정하는 것이 불가능하다. 그래서 진공 용기 내에 패널을 설치하고, 진공자외선 영역을 통과 할 수 있는  $MgF_2$  창(window)을 패널에 부착하였으며, 이때  $MgF_2$  창을 통과한 진공자외선의 방사 강도를 측정하였다. 이때 출력 슬릿의 광증배관에는 진공자외선의 검출기(detector)의 발광체인 살리실산(酸)소다(sodium salicylate)가 코팅된 렌즈를 사용하였다. 광증배관 출력측에 위치한 슬릿에서는 진

공자외선을 통과할 수 있는 창(window)을 장착해 진공자외선을 측정 가능하도록 하였다. 분광기의 입구 슬릿과 패널사이에는 고무링인 O 링을 사용하여 직접 부착하는 방법으로 진공자외선의 영역의 측정을 가능하게 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

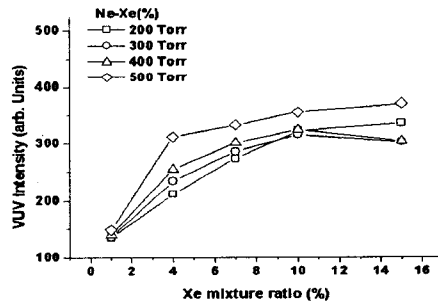
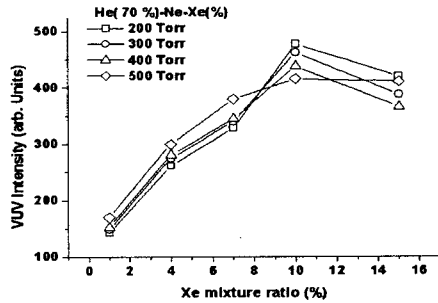


그림 2. 기체 압력에 따른 진공자외선 147 nm 발광세기 (a) Ne-Xe, (b) He(70%)-Ne-Xe

그림 2는 기체압력에 따른 진공자외선 147 nm 발광 세기를 Xe 혼합비에 대하여 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 Ne-Xe의 2원 혼합기체의 147 nm 발광 세기이고 그림 2(b)는 He(70%)-Ne-Xe 3원 혼합기체의 147 nm 발광 세기이다. 기체 압력은 200 Torr, 300 Torr, 400 Torr와 500 Torr로 유지하였고, Xe 혼합비는 1%, 4%, 7%, 10% 와 15%로 사용하였다. 진공자외선 147 nm 발광세기는 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체가 Ne-Xe의 2원 혼합기체보다 발광 세기가 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. 그리고 Xe 혼합비가 약 10% 까지는 증가하다가 10% 이후에는 포화되는 이유는 자기흡수(self absorption)현상<sup>[2],[3]</sup> 라고 한다. 이는 기체방전에 의해 생성된 진공자외선이 셀 내에 존재하는 하전입자(전자, 준안정상태 입

자)들과 충돌하여 에너지를 잃거나 이온화되어 버리는 현상이다. 자기흡수현상은 충돌로 인한 진공 자외선의 소멸현상이라고 볼 수 있는데 기체압력이 증가함에 따라 효율이 증가하다가 포화되는 현상을 이러한 것으로 설명할 수 있다.

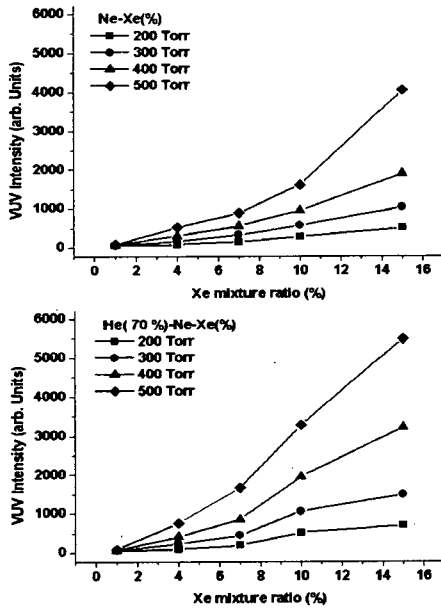


그림 3. 기체 압력에 따른 진공자외선 173 nm 발광세기 (a) Ne-Xe, (b) He(70%)-Ne-Xe

그림 3은 기체압력에 따른 진공자외선 173 nm 발광 세기를 Xe 혼합비에 대하여 나타낸 것이다. 그림 13(a)는 Ne-Xe의 2원 혼합기체의 173 nm 발광 세기이고 그림 13(b)는 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체의 173 nm 발광 세기이다. 기체 압력은 200 Torr, 300 Torr, 400 Torr와 500 Torr로 유지하였고, Xe 혼합비는 1%, 4%, 7%, 10% 와 15%로 사용하였다. 진공자외선 173 nm 발광 세기는 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체가 Ne-Xe의 2원 혼합기체보다 발광 세기가 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. 그리고 기체압력이 증가할수록 173 nm 발광 세기는 급격히 증가하였다<sup>[4]</sup>. 이러한 이유는 충돌기체 압력이 증가함에 따라, 원자들의 평균자유행정은 짧아져 전자와 Xe 원자들과 충돌가능성은 증가하여 이온화가 활발해지고, 이 결과 들뜬 Xe<sub>2</sub><sup>\*</sup>의 개수는

증가한다. 한편 낮은 기체압력에서 공명준위로부터 바닥상태로 천이 될 때 생성되는 공명선 147 nm의 발광과 발광효율은 감소하게 된다. 한편 들뜬 Xe<sub>2</sub><sup>\*</sup> 분자는 높은 기체압력에서 많이 생성되어지므로, 들뜬 Xe<sub>2</sub><sup>\*</sup> 분자선에 기인한 173 nm의 발광 세기는 높은 압력에서 증가한다. 또한 Xe 혼합비가 증가할수록 173 nm의 발광세기도 증가하였다.

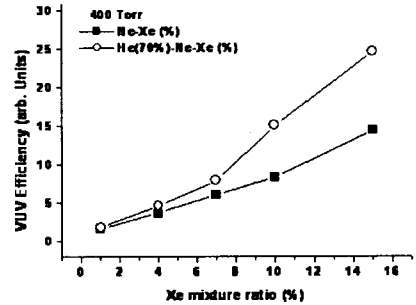


그림 4. Xe 혼합비에 따른 진공자외선 발광효율

그림 4는 Xe 혼합비에 따른 진공자외선 발광 효율을 기체 압력 400 Torr에서 나타내었다. 진공 자외선 147 nm와 173 nm의 발광효율은 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체가 Ne-Xe의 2원 혼합기체보다 훨씬 높다는 것을 알 수 있다. 또한 Xe 혼합비가 7% 이상에서 진공자외선 173 nm의 발광효율이 147 nm의 발광효율보다 급격히 증가함을 알 수 있다. 그리고 기체압력 400 Torr에서 Xe 혼합비가 7% 이상에서는 173 nm의 발광 효율이 지배적임을 알 수 있다. 따라서 Xe으로부터 나오는 진공자외선 147 nm 못지않게 진공자외선 173 nm도 고효율 혼합기체를 위해서 중요하다는 것을 알 수 있었다

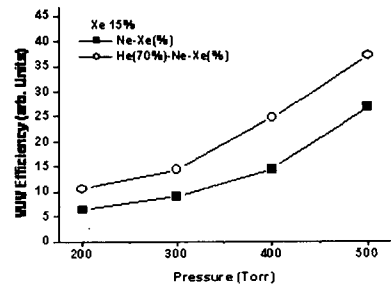


그림 5. 기체압력에 따른 진공자외선 발광효율

그림 5는 기체 압력에 따른 진공자외선의 발광 효율을 Ne-Xe(15%)의 2원 혼합기체와 He(70%)-Ne-Xe(15%)의 3원 혼합기체에서 나타내었다. 기체 압력이 200 Torr, 300 Torr, 400 Torr와 500 Torr 일때 He(70%)-Ne-Xe(15%)의 3원 혼합기체가 Ne-Xe(15%)의 2원 혼합기체보다 1.66배, 1.58배, 1.7배와 1.38배 발광효율이 높음을 실험을 통하여 알 수 있었다. 따라서 PDP의 고효율 혼합기체 최적화에 있어서 기체압력 및 Xe 혼합비가 증가할수록 방전전압도 상승하는 것을 감안하여 기체압력 400 Torr에서 He(70%)-Ne-Xe(15%)의 3원 혼합기체가 고효율 혼합기체임을 제시 할 수 있다.

#### 4. 결론

중성 원자나 분자들이 전자 등의 입자와 충돌하여 플라즈마가 생성되며, 이 플라즈마에서는 이온화(ionization), 들뜸(excitation), 그리고 방사(radiation) 등이 수반된다. PDP는 플라즈마로부터의 방사되는 진공자외선을 이용한다. PDP에 사용하기 위한 방전 혼합기체의 선택에는 낮은 기체압력에 유리한 Xe 공명선(resonance line)인 147 nm 뿐만 아니라, 높은 기체압력에 유리한 Xe 분자선인 173 nm를 적절히 이용해야 효율향상에 기여할 수 있다. 또한 같은 혼합비를 갖는 방전기체를 사용하더라도 압력에 따라 발광효율 특성 및 구동전압이 달라지기 때문에, 전극의 수명을 동시에 고려한 자세한 연구가 요구된다. 현재 사용되는 형광체는 160 nm ~ 170 nm에서 높은 발광 효율을 가지고 있으며, 이 대역의 진공 자외선(VUV)에 의해 효과적인 발광을 하는 것으로 밝혀져 있다. 따라서 현재의 PDP에서는 형광체의 특성상 Xe 공명선(resonance line)인 147 nm나 Xe 분자선(dimer)으로부터 나오는 173 nm 근방의 연속선을 이용하는 방법이 적합하다. 공명선 방사(resonance radiation)는 전자가 최고의 들뜬 준위에서 바닥상태로 떨어질 때의 방사로서, 일반적으로 공명준위(resonance level)에 머무르는 전자는 극히 불안정하여 ~nsec의 짧은 시간에 바닥상태로 떨어진다. 반면에 준안정 준위는 매우 안정하여 msec 이상의 시간 동안 머무르는 경우가 보통이다. PDP 플라즈마로부터 생성되는 진공자외선이 이 대역의 파장을 갖도록 여러 가지경우의 방전기체와 방전 조건을 맞

춰 줘야 한다.

AC-PDP에서 Ne-Xe의 2원 혼합기체와 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체의 VUV 발광세기를 진공 단색분광기를 이용하여 측정하였다. 기체 압력은 200 Torr, 300 Torr, 400 Torr와 500 Torr로 유지하였고, Xe 혼합비는 1%, 4%, 7%, 10% 와 15%를 사용하였다. 진공자외선 발광 세기는 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체가 Ne-Xe의 2원 혼합기체보다 발광 세기가 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. 그리고 Xe 함량이 증가함에 따라 공명선인 147 nm의 발광 세기는 Xe 혼합비가 약 10% 까지는 증가하다가 10% 이후에는 포화되고, 반면 분자선인 173 nm의 발광 세기는 증가하였다. 기체 압력 400 Torr에서 Xe 혼합비에 따른 진공자외선 발광 효율은 He(70%)-Ne-Xe의 3원 혼합기체가 Ne-Xe의 2원 혼합기체보다 훨씬 높았다. 그리고 기체 압력이 400 Torr일때 진공자외선의 발광 효율은 Ne-Xe(15%)의 2원 혼합기체보다 He(70%)-Ne-Xe(15%)의 3원 혼합기체가 1.7배 발광 효율이 높음을 실험을 통하여 알 수 있었다. 따라서 기체 압력 400 Torr 이상 500 Torr이하에서 He(70%)-Ne-Xe(15%)의 3원 혼합기체가 VUV 발광 세기, 방전 전력 그리고 VUV 발광 효율의 관점으로 볼 때 플라즈마 표시 패널을 위한 고휘도와 고효율의 혼합기체임을 제시 할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] J. C. Ahn, T. Y. Kim, J. J. Ko, Y. Seo, G. S. Cho, and E. H. Choi, J. Appl. Phys. 87, 8045 (2000).
- [2] H. doyeux and J. Deschamps, SID 97 Digest, 213 (1997).
- [3] S. Mikoshiba and S. Murayama, Appl. Phys. Lett. 37, 529 (1980).
- [4] E. H. Choi, J. C. Ahn, M. W. Moon, Y. Jung, M. C. Choi, Y. H. Seo, G. S. Cho, H. S. Uhm, K. Tachibana, K. W. Whang and M. Kristiansen, Appl. Phys. Lett. 81, 3341 (2002).