

AC-PDP에서 저압의 높은 Xe함량 방전기체의 진공자외선 발광특성

손창길^a · 김성환^a · 정승호^a · 한용규^a · 엄환섭^{b*} · 최은하^a

^a광운대학교 전자물리학과 / PDP 연구센터, 서울 139-701

^b아주대학교 분자과학기술과, 수원 443-749

(2009년 2월 24일 받음, 2009년 3월 23일 수정, 2009년 3월 23일 확정)

최근 3전극 면방전형 AC-PDP 효율 향상을 위해 높은 Xe 함량비의 방전기체에 대한 연구가 수행되고 있으나, Xe 함량의 증가로 인한 방전전압의 상승 문제는 여전히 해결되지 못한 실정이다. 본 연구에서는 높은 Xe 함량을 가지는 저압의 방전기체를 사용하여 기존 고압(400 Torr 이상)의 방전기체와 방전특성을 비교분석하고, 특히 진공자외선 발광특성을 분석하였다. 실험결과 Ne+Xe (30%) 200 Torr 방전기체와 Ne+Xe (15%) 400 Torr 방전기체의 방전 개시전압은 각각 354V 와 389V 로서, 방전 개시전압은 35V 정도 낮아졌으나, 140nm~200nm 영역의 진공자외선의 방출량은 유사한 경향을 보임으로써 결과적으로 Ne+Xe (30%) 200 Torr 방전기체의 진공자외선 발광효율이 약 30% 증가됨을 확인할 수 있었다.

주제어 : 방전기체, 진공자외선, 플라즈마 평판표시 장치

I. 서 론

교류형 플라즈마 평판표시 장치 (AC-PDP)는 대형 평판 표시 장치로서 디스플레이 시장에 성공적으로 소개되었고 급속한 성장을 이루어 왔다. 이러한 AC-PDP는 방전현상을 이용한 디스플레이 디바이스로서 넓은 시야각 및 빠른 응답속도, 뛰어난 암실 명암비 등의 장점을 가지고 있다. 이러한 장점에도 불구하고 AC-PDP는 다른 디스플레이 디바이스에 비해 낮은 발광효율이 단점으로 지적되고 있다. AC-PDP의 발광원리는 Ne+Xe 또는 He+Ne+Xe 등 혼합기체의 방전 시 Xe에서 방출되는 진공자외선 (VUV: Vacuum Ultra Violet)이 형광체를 들뜨게 하고, 이로부터 가시광선 (visible ray)이 발광되는 원리를 이용한 것이다. 이러한 발광원리에 의해 진공자외선의 근원이 되는 Xe의 함량비를 높은 방전기체를 이용한 효율향상에 대한 연구는 많은 곳에서 진행이 되고 있다. 그러나 Xe의 함량비를 높은 방전기체를 사용하게 됨에 따라 부가적으로 방전전압 상승의 효과가 발생되게 된다. 이러한 방전전압 상승의 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 높은 Xe 함량을 가지는 저압의 방전기체를 사용하여 높은 방전전압 문제의 해결 및 진공자외선 발광특성 비교를 통해 발광효율의 증대를

확인하고자 한다.

Fig. 1은 Ne과 Xe의 천이선을 보여주고 있다. AC-PDP의 방전으로부터 발생하는 진공자외선은 Xe의 147 nm와 173 nm 이 주를 이루고 있다 [1].

이러한 147 nm 및 173 nm 진공자외선을 측정하기 위해

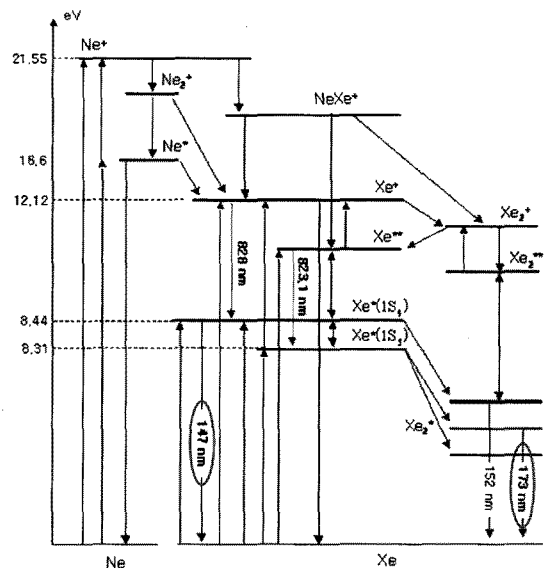


Figure 1. Resonance line 147 nm, Molecular line 173 nm and IR 828 nm, 823.1 nm.

* [전자우편] wizardog@naver.com

서 진공분광기(Vacuum Monochromator)를 사용하였다.

II. 실험장비

Fig. 2는 실험에 사용된 진공분광기의 구성을 나타내었다. 진공분광기 전면에는 실험에 사용된 테스트 패널 상판의 방전을 위한 방전 챔버가 위치되어 있고, 방전 챔버와 진공분광기 사이에 MgF_2 창을 두어 방전시 발생된 진공자외선이 진공분광기 내부로 진입이 가능하도록 하였다. 진공분광기 내부의 진공도는 3×10^{-6} Torr를 유지하였고, Grating에 의해 파장별로 분광된 빛을 광증배관(Photomultiplier Tube)을 통해 전기적 신호로 감지하도록 구성되어 있다.

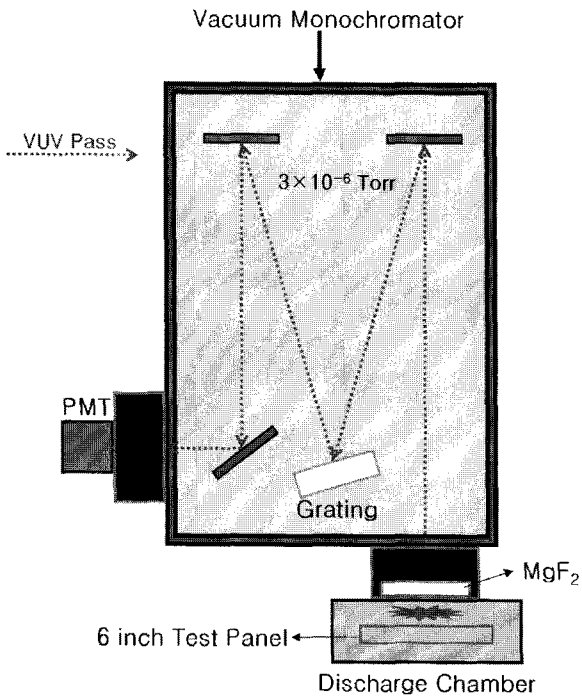


Figure 2. Schematic of Vacuum Monochromator.

실험에 사용된 6 인치 테스트 패널의 ITO 유지전극은 폭 $335 \mu m$, 전극 간격 $60 \mu m$ 이고 Bus 전극의 폭은 $90 \mu m$ 이며 ITO 및 Bus 전극을 덮고 있는 유전체의 두께는 $30 \mu m$ 로 형성되었고, MgO 보호막은 $700nm$ 두께로 형성되어 있다. 방전 시 사용된 구동파형은 주파수 $35 kHz$ 에 Duty ratio 25%의 사각펄스를 사용하였다.

III. 실험 결과

Xe의 함량에 따른 방전전압의 비교를 위하여 각각 Ne+Xe (4, 7, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35%)의 9종의 방전기체 400 Torr를 사용하여 방전개시전압 (V_{fmin}), 방전최대 유지전압 (V_{smax}), 방전최소유지전압 (V_{smin})을 측정하였다. Fig. 3의 결과에서 보이는 바와 같이 Xe의 함량이 증가할수록 방전개시전압 및 방전유지전압이 증가됨을 볼 수 있다. 한편 방전개시전압과 방전최대유지전압의 차이인 마진 중간전압 (V_{center})에서 측정된 진공자외선의 방출특성을 Fig. 4에서 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이 Xe 함량이 증가할수록 진공자외선의 발광세기는 증가하는 것을 볼 수 있고, 특히 $173nm$ 의 진공자외선의 발광세기가 증가함을 알 수 있다.

진공자외선의 전체 발광량을 인가한 전력으로 나누어준 값을 진공자외선의 발광효율로 계산할 수 있다. 이러한 방법으로 진공자외선 발광효율을 계산한 결과를 Fig. 5에서

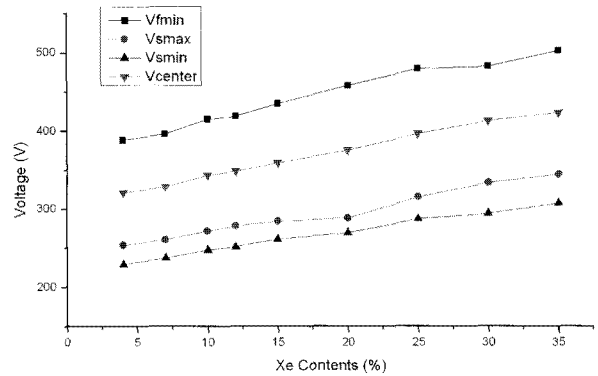


Figure 3. Discharge voltage versus Xe contents.

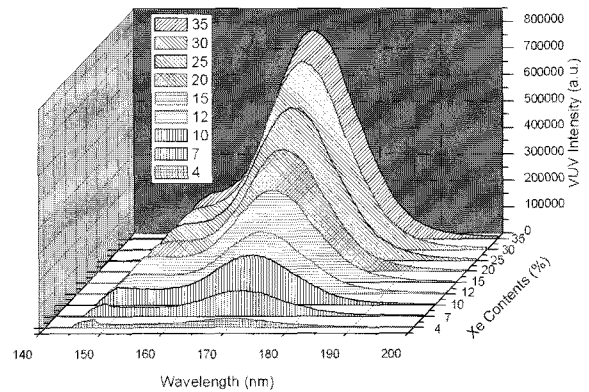


Figure 4. VUV emission intensity at center of margin voltage in accordance with Xe Contents.

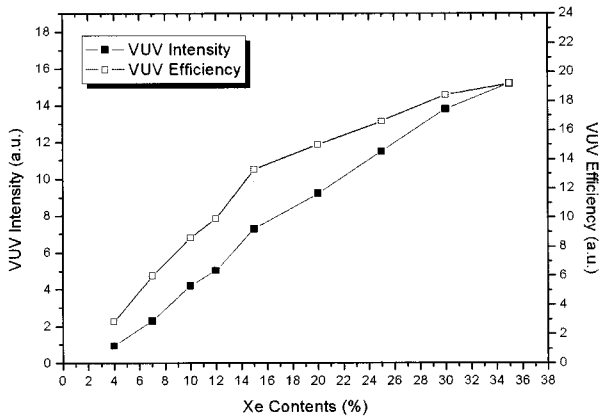


Figure 5. VUV Intensity and efficiency at center of margin voltage in accordance with Xe contents.

보여주고 있다. Fig. 5에 의하면 Xe 함량이 증가함에 따라 진공자외선의 발광세기는 직선적으로 증가함을 볼 수 있다. 그러나 진공자외선 발광 효율은 완만한 곡선을 그리게 되는데, 대략 Xe 15% 부근에서 변곡점을 보이고 있다. 이러한 발광세기와 발광효율 경향의 차이는 방전전압의 증가로 인한 인가전력의 상승에 의한 차이로 보인다. 따라서 높은 Xe 함량의 방전기체가 적용된 AC-PDP는 효율증대에 대한 이점보다 구동전압 상승의 단점을 가진다.

본 연구에서 주목한 사실은 높은 Xe 함량을 유지하면서 방전전압을 낮추는 방법에 초점을 두었고, 방전기체의 압력을 낮추는 방법을 제안하고자 한다. 본 실험에서는 방전 공간에 동일한 Xe 원자의 개수를 위해 Ne+Xe 15% 400 Torr 방전기체와 Ne+Xe 30% 200 Torr 방전기체를 선택하여 6인치 테스트 패널의 방전전압 및 진공자외선 발광특성을 분석하였다.

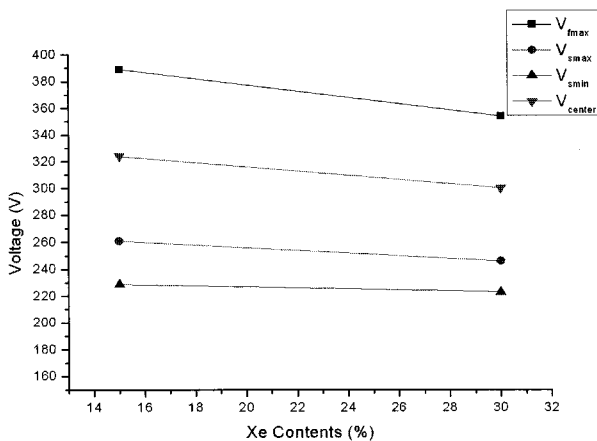


Figure 6. Discharge voltage of Ne+Xe 15% 400 Torr and Ne+Xe 30% 200 Torr.

Fig. 6은 Ne+Xe 15% 400 Torr 방전기체와 Ne+Xe 30% 200 Torr 방전기체의 방전개시전압 (V_{fmin}), 방전최대유지전압 (V_{smax}), 방전최소유지전압 (V_{smin}) 및 마진 중간 전압 (V_{center})을 보여주고 있다. Ne+Xe 15% 400 Torr 경우 방전개시전압은 389V, 방전최대유지전압은 261V, 방전최소유지전압은 229V, 마진중간전압은 325V이고, Ne+Xe 30% 200 Torr 경우 방전개시전압은 354V, 방전최대유지전압은 246V, 방전최소유지전압은 223V, 마진중간전압은 300V 이다. 결국 저압의 방전기체에서 방전전압이 약 35V 정도 감소되는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 플라즈마 내의 전자온도(T_e)와 관련이 있다 [4]. 일반적으로 Ne+Xe 혼합기체에서 Xe의 함량이 증가하면 전자온도는 낮아지게 된다. 그러나 방전기체의 압력을 낮추면 전자온도는 증가하게 된다. 따라서 본 연구에서 사용된 Xe 30% 200 Torr의 방전기체의 경우 Xe 함량 증가에 따른 전자온도의 감소 효과 보다 저압으로 인한 전자온도의 상승효과로 인해 방전전압이 감소하게 되었다고 생각된다. 한편 마진중간전압에서 측정된 진공자외선의 발광세기는 Fig. 7에서 보여주고 있다. 147nm 영역에서는 저압의 방전기체의 발광세기가 높았고, 173nm 영역에서는 고압의 방전기체의 발광세기가 약간 높았다. 그러나 전체 진공자외선의 발광세기에서는

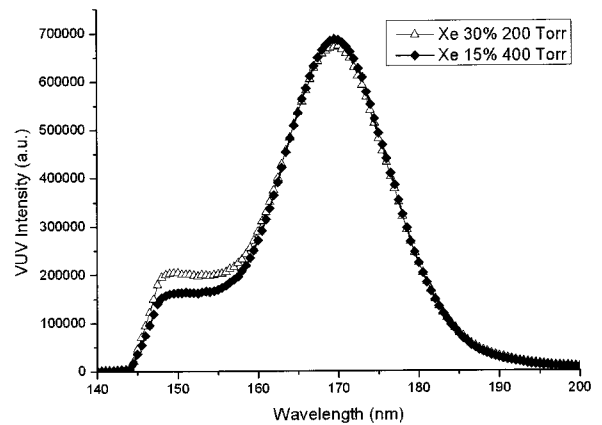


Figure 7. VUV emission intensities for Xe 15% (400 Torr) and 30% (200 Torr).

Table 1. VUV emission efficiency for Xe 15% (400 Torr) and 30% (200 Torr)

방전기체	측정전압	방전전류	진공자외선 발광세기	진공자외선 발광효율
Xe 15% 400Torr	325 V	14.5 mA	1.38×10^7	2.92×10^6
Xe 30% 200Torr	301 V	13.7 mA	1.35×10^7	3.83×10^6

유사한 발광특성을 보였다.

Table 1은 각 방전기체에서 마진중간전압에서의 방전전류 및 진공자외선 발광세기를 측정하여 계산한 진공자외선의 발광효율을 보여주고 있다. 결국 Ne+Xe 30% 200 Torr 방전기체가 Ne+Xe 15% 400 Torr 방전기체 보다 진공자외선의 발광효율이 약 31% 증가함을 볼 수 있다. 또한 Fig. 8에서 보이는 바와 같이 실제 RGB 형광체가 도포된 하판과 합착된 6인치 테스트 패널의 발광효율의 경우에서도 Ne+Xe 30% 200 Torr 방전기체가 약 44% 효율이 향상됨을 볼 수 있다. 이러한 결과는 결국 진공자외선의 발광효율과 테스트 패널의 발광효율은 직접적으로 연관이 있음을 알 수 있다.

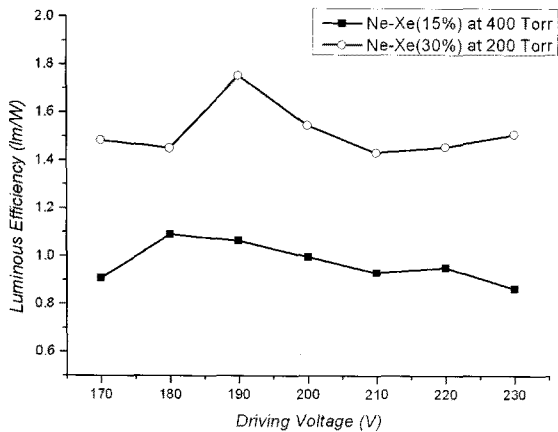


Figure 8. Luminous efficiency of Xe 15% 400 Torr and Xe 30% 200 Torr under the driving frequency of 35 kHz.

IV. 결 론

본 연구에서는 진공분광기를 이용하여 높은 Xe 함량을 가지는 저압의 방전기체를 사용하여 기존 고압(400 Torr 이상)의 방전기체와 방전특성을 비교분석하고, 특히 진공자외선 발광특성을 분석하였다. 실험결과 Ne+Xe (30%) 200 Torr 방전기체와 Ne+Xe (15%) 400 Torr 방전기체의 방전 개시전압은 각각 354V와 389V 로서, 방전개시전압은 35V 정도 낮아졌으나, 140nm~200nm 영역의 진공자외선

의 방출량은 유사한 경향을 보임으로써 결과적으로 Ne+Xe (30%) 200 Torr 방전기체의 진공자외선 발광효율이 약 30% 증가됨을 확인할 수 있었다. 또한 실제 테스트 패널의 발광효율도 약 44% 증가됨을 확인하였다. 한편, 유지방전 구간에서의 방전 효율은 AC-PDP의 성능을 대표하는 지표이지만 Jitter 특성과 같은 구동 특성도 AC-PDP의 성능에 큰 영향을 미치는 특성이다. 따라서 높은 Xe 함량을 가지는 저압의 방전기체를 사용한 테스트 패널의 구동 특성에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 결과물은 ITRC (Information Technology Research Center)의 출연금으로 수행한 대학 IT 연구센터 육성 지원 사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] S. H. Cho, Y. J. Hong, C. G. Son, Y. G. Han, Y. H. Jeong, G. C. Gwon, B. H. Hong, G. S. Cho, and E. H. Choi, *J. Korean Vacuum Soc.* **18**, 54~59 (2009)
- [2] H. S. Uhm, K. W. Whang, E. H. Choi, and S. S. Kim, *Phys. Plasmas* **9**, 706 (2002).
- [3] H. S. Uhm, *Phys. Plasmas* **6**, 4366 (1999).
- [4] H. S. Uhm, E. H. Choi, and K. B. Jung, *Phys. Plasmas* **12**, 033507 (2005).
- [5] H. S. Uhm, E. H. Choi, and K. B. Jung, *J. Korean Phys. Soc.* **47**, 242~248 (2005).
- [6] G. Oversluizen, M. Klein, D. Zwart, S. Heusden, and T. Dekker, *J. Appl. Phys.* **91**, 2403 (2002).
- [7] L. F. Weber, *IEEE Trans. Electron Devices* ED-24, 864 (1987).

Vacuum Ultraviolet Emission Characteristics on High Xenon Mole Fraction at Low Pressure in AC-PDP

C. G. Son^a, S. H. Kim^a, S. H. Jung^a, Y. G. Han^a, H. S. Uhm^{b*}, and E. H. Choi^a

^a*Department of Electrophysics / PDP Research Center, Kwangwoon University, Seoul 139-701*

^b*Department of Molecular Science and Technology, Ajou University, Suwon 443-949*

(Received February 24, 2009, Revised March 23, 2009, Accepted March 23, 2009)

Nowadays, many research groups try to achieve the high Xe mole fraction discharge gas for high efficiency in AC-PDPs. However, the high Xe mole fraction discharge gas causes the high discharge voltage, which is a serious problem in AC-PDP's for high efficiency. In this study, the discharge gas with high Xe mole fraction and the low pressures has been applied and its discharge voltage and vacuum ultraviolet emission characteristics have also been measured. It is shown that the discharge voltage is 354V and 389V at Ne+Xe (15%) with 400 Torr and Ne+Xe (30%) with 200 Torr, respectively. Their vacuum ultraviolet emission characteristics have similar characteristics to each other, in which their wavelengths are ranged from 140 nm to 200 nm. It is found in this experiment that the luminous efficiency for the discharge gas of Ne+Xe (30%) with 200 Torr is drastically increased by about 30%.

Keywords : Discharge gas, Vacuum ultra-violet, AC-PDP

* [E-mail] wizardog@naver.com