

교류형 플라즈마 평판 표시장치(AC-PDP)에서 ITO 전극 구조에 따른 Xe 여기종의 시공간 밀도 분포 연구

조석호 · 홍영준 · 손창길 · 한용규 · 정용환* · 권기청 · 홍병희 · 조광섭 · 최은하

광운대학교 전자물리학과 / PDP 연구센터, 서울 139-701

*홍익대학교 과학기술연구소 연구원, 서울 121-791

(2008년 12월 15일 받음, 2009년 1월 19일 수정, 2009년 1월 19일 확정)

3전극 면방전형 AC-PDP에서 발광효율을 높이기 위한 방법으로 새로운 구조의 ITO전극을 제안하였다. 기존에 사용하고 있는 사각형(square), T 형태의 ITO 전극구조와 새롭게 설계한 물고기뼈 형태(fish-boned type) ITO 전극 구조의 시험패널을 제작하였다. 레이저 흡수 분광법(Laser absorption spectroscopy)을 이용하여 각 ITO 전극 구조에 따라 Xe 여기종의 밀도분포를 측정하고, 고속 ICCD(Image Intensified Charge-Coupled Diode) 카메라를 이용하여 각각의 전극에 따른 750 nm ~ 900 nm 파장의 방전모습을 확인하였다. 시험패널 상판의 x, y 전극에 220V 의 사각펄스(square pulse)를 교대로 인가하여 방전시켰다. 사각형, T 그리고 물고기뼈 형태의 ITO 전극 구조에서 Xe 여기종 밀도는 각각 $2.06 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $2.66 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 와 $3.01 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 으로 물고기뼈 형태에서 가장 높게 측정되었다.

주제어 : ITO 전극 구조, 레이저 흡수 분광법, 플라즈마 평판표시 장치

I. 서 론

교류형 플라즈마 평판표시 장치(AC-PDP)는 대형 평판 표시 장치로서 급속한 성장을 이루어 왔다. 그러나 아직 낮은 휘도와 낮은 발광효율 그리고 높은 소비 전력에 대한 문제가 남아 있다. AC-PDP는 페닝효과(Penning effect)의 혼합기체 중에서 Xe에서 방출되는 진공자외선(VUV: Vacuum Ultra Violet)에 의해 들뜬 형광체로부터 가시광선(visible ray)이 발광되는 원리를 이용한 것이다. 발광 효율을 향상은 AC-PDP의에 있어서 가장 중요한 부분 중 하나이며, 현재의 수준은 1~2lm/W에 머물고 있는 실정이다. 이에 따라 셀 구조, 페닝 혼합기체의 압력과 혼합상태, MgO보호막의 최적화, 형광체 발광특성, 구동 방식 등을 통해 방전 발광효율을 향상시키고자 활발한 연구가 진행되고 있다. Fig. 1은 현재 사용하고 있는 3전극 면방전형 PDP의 구조도 이다. AC-PDP는 상판(front glass)에 ITO 유지 전극(sustaining electrode), 버스 전극(bus electrode), 유전층(dielectric layer) 그리고 MgO 보호막(MgO layer)으로 이루어져 있으며, 하판(rear glass)에 주소 전극(addressing electrode), 유전층(dielectric

layer), 격벽(barrier rib) 그리고 형광체(Phosphors)로 이루어져 있다. PDP는 방전으로 발생된 진공자외선이 형광체를 발광하여 가시광선을 생성한다. 따라서 PDP의 방전으로부터 진공자외선이 많이 발생 될수록 휘도가 높아진다 [1].

PDP의 방전으로부터 발생하는 진공자외선은 Xe의 147 nm와 173 nm 이 주를 이루고 있다. Fig. 2는 Ne과 Xe의 천이선을 보여준다. 형광체를 발광시키는 발광효율은 장파장일수록 유리하기 때문에 상대적으로 파장이 긴 173 nm의 진공자외선이 많이 발생될수록 PDP의 휘도가 높아진다. 173 nm의 진공자외선을 발생시키는 Xe 여기종의 밀도

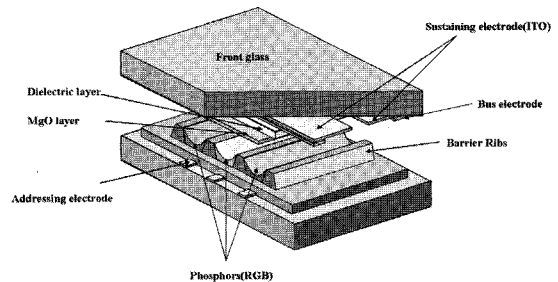


Figure 1. AC-PDP Structure

* [전자우편] lupy79@nate.com

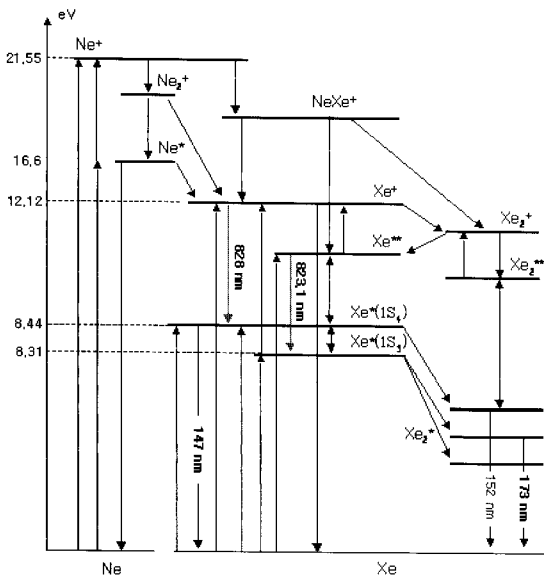


Figure 2. Resonance line 147 nm, Molecular line 173 nm and IR 828 nm, 823.1 nm

를 측정하기 위해 레이저 흡수 분광법(Laser absorption spectroscopy)을 사용하였다.

여기서 ITO 유지전극은 PDP의 주 방전에 쓰이는 전극으로써 휘도와 발광 효율에 밀접한 관계가 있다. 본 연구에서는 상판의 ITO 유지 전극의 구조를 최적화함으로써 발광 효율을 높이고자 하였다. ITO 전극의 구조에 따른 Xe 여기종의 시공간 밀도 분포 특성을 레이저 흡수 분광법을 이용하여 측정 하였다 [2,3].

II. 실험장비 및 원리

Fig. 3은 실험에 사용된 ITO 전극 구조이다. 본 실험을 위해 Fig. 3의 세 가지 형태의 ITO 전극을 갖는 시험용 4 "패널을 제작하였다. Ne-Xe (7%)의 혼합기체를 사용하였으며, 가스 압력은 400 Torr (53.3 kPa), 격벽 높이는 160 um, 방전 영역은 160 um × 440 um 이다. x, y 양전극간 거리는 세가지 형태 모두 60 um 이며, 유전층의 두께는 30 um이고 MgO 보호막의 두께는 7000 Å이다. 레이저를 통과시키기 위해 하판 유리에는 격벽만 형성하고 주소 전극, 유전층, 형광체는 제거 하였다.

이 때, 방전관을 통과하기 전 레이저 빔의 세기를 I_0 , 방전관을 통과한 빔의 세기를 I_v , 방전관의 길이를 x , 흡수계수를 k_v 라고 했을 때,

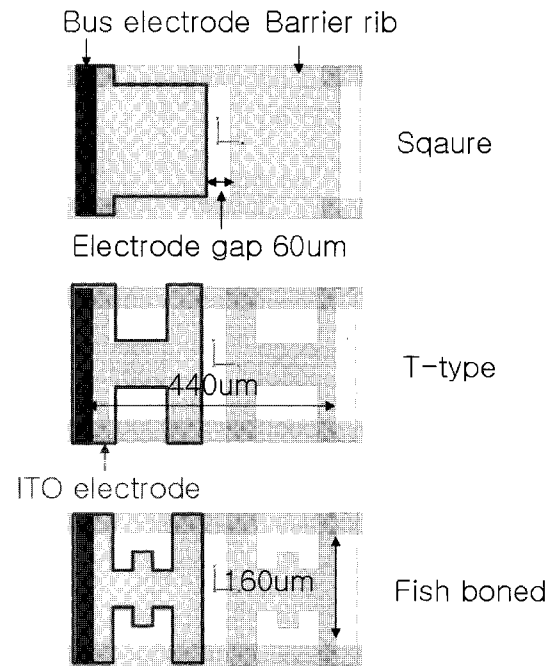


Figure 3. Various ITO electrode structure

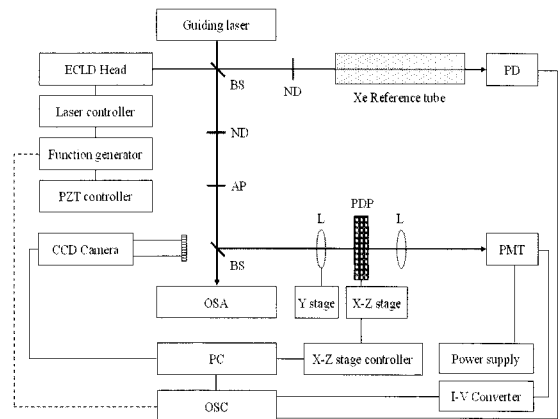


Figure 4. Experimental setup for laser absorption spectroscopy

$$I_v(x) = I_0 e^{-k_v x} \quad (1)$$

(1) 식의 Beer의 법칙을 이용하여, 흡수계수 k_v 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$k_v = -\frac{1}{x} \ln\left(\frac{I_v}{I_0}\right) \quad (2)$$

특정한 흡수선의 관측을 위해서는 2 Torr의 저압상태인

Xe 기준방전관에서 흡수가 최대가 되도록 동조시킬 필요가 있다. 최대 흡수를 일으키는 레이저 파장을 맞춘 후에 시험용 패널을 방전 시키고 레이저를 통과 시킨다. 이때 시험용 PDP 패널을 통과시키는 레이저의 직경은 40 um로 집중시켰다. 시험용 PDP 패널의 방전 영역을 4 × 11 point 로 분할하여 각 위치별 시간에 따른 레이저의 흡수 시그널을 측정한다. 패널을 통과한 레이저는 PMT (Photomultiplier) 를 이용하여 신호를 증폭시킨다. PMT를 통과한 레이저 신호는 디지털 스코프로 처리하여 얻는다.

시간 변화에 따른 Xe 여기종의 밀도변화를 구하는 식은 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$N_1(t) = \frac{k_0'(t)}{H} \frac{\Delta v_D}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\ln 2}} \frac{8\pi g_1}{\lambda_0^2 g_2} \tau \quad (3)$$

여기서 $k_0'(t)$ 는 압력이 큰 방전기체에 대한 시간에 따른 흡수계수, Δv_D 는 도플러 퍼짐 (Doppler broadening), λ_0 는 중심 파장, g_1, g_2 는 각각 하준위와 상준위의 축퇴도 (degeneracy), τ 는 여기종(metastable state)의 쇠퇴 시간(decay time)이다. 그리고 보정 계수 H는 다음과 같이 구해진다 [4,5].

$$H = \frac{k_0'}{k_0} \quad (4)$$

여기서 k_0 는 압력이 작은 (비충돌) 방전기체에서의 흡수 계수이며, 다음과 같이 주어진다 [4,5].

$$\int_{-\infty}^{\infty} k(v) dv = k_0' S = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\ln 2}} k_0 \Delta v_D \quad (5)$$

III. 실험 결과

방전 영역의 위치별 시간에 따른 Xe 여기종 밀도 분포를 조합하여 1개의 방전 셀의 Xe 여기종 시공간 밀도 분포를 조사하였다. Fig. 5는 각 ITO 전극에 따른 Xe 여기종의 시공간 밀도 분포를 보여준다. 이 때, 시험용 PDP 패널의 방전 유지 전압은 200 V 이고, 주파수는 40 kHz, 듀티 (duty) 는 30%에서 방전을 시켰다. 물고기뼈 형태의 ITO 전극 구

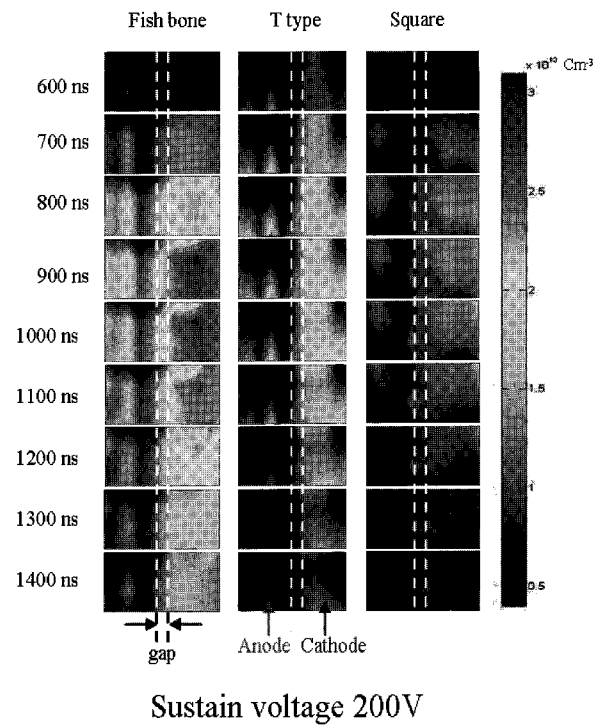


Figure 5. Spatiotemporal distribution of excited Xe atoms density in the 1s5 state in accordance with various ITO-shapes in AC-PDP

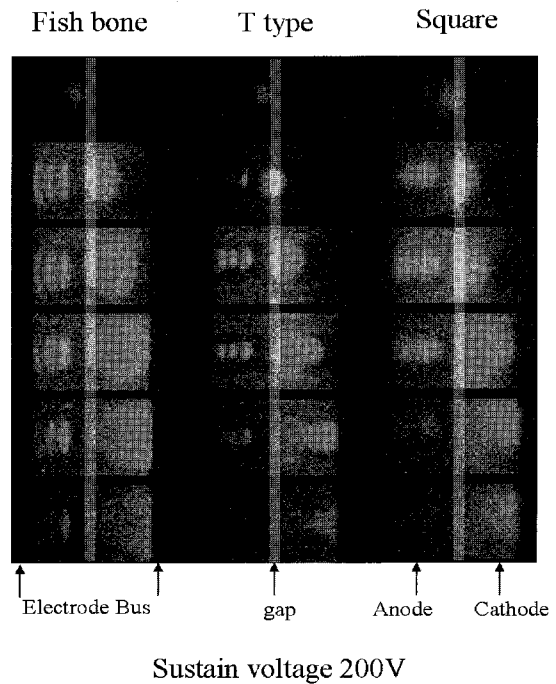


Figure 6. Discharge image by high speed ICCD camera

조에서 $3.01 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 의 밀도로 가장 높은 밀도를 보이고 있으며, 다른 ITO 전극 구조와 비교하여 비교적 넓은 영

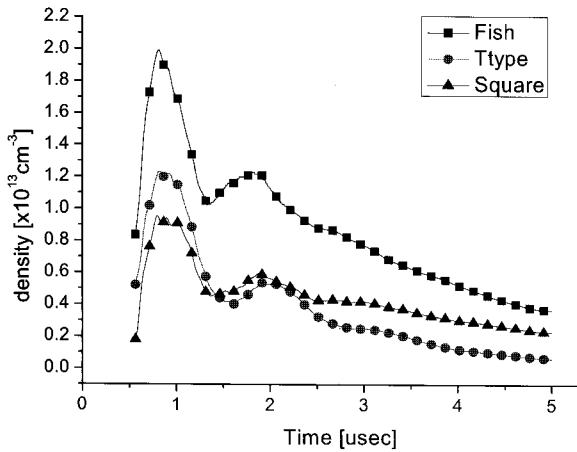


Figure 7. Excited Xe (1s₅) atoms averaged density in accordance with discharge time

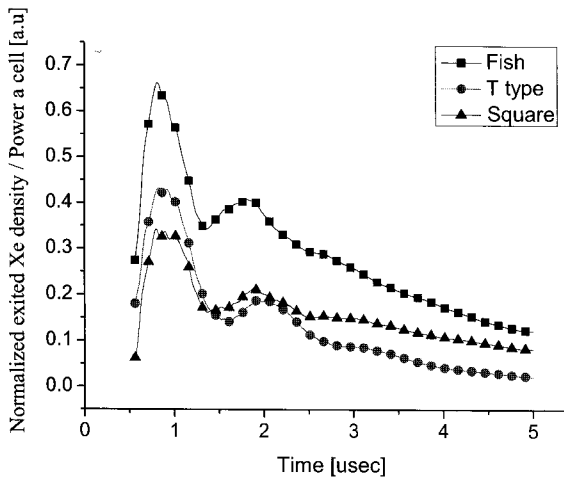


Figure 8. Excited Xe (1s₅) atoms averaged efficiency in accordance with discharge time

역에서 높은 Xe 여기종 밀도 분포를 보이고 있다.

Fig. 6은 고속 ICCD camera를 이용하여 750~900 nm 파장의 적외선 이미지를 촬영한 것이다. Fig. 6에서 보여진 것과 같이 물고기 뼈 형태의 ITO 전극 구조에서 가장 넓은 적외선 분포를 가지고 있으며 높은 적외선 세기를 보여주고 있다.

Fig. 7은 각 ITO 전극 구조에서 시간에 따른 평균 밀도 분포 그래프이다. 물고기 뼈 형태에서 $1.99 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 로 가장 높은 평균 밀도를 보여주고 있으며, T 형태와 사각형 구조에서 각각 $1.23 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $0.97 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 의 평균 밀도의 최대 값을 보여준다. 이는 물고기 뼈 형태의 전극에서 중앙에 보강된 ITO 전극의 효과에 의해서 보강된 전극 위치에서의 전기장이 다른 전극 구조에 비해 상대적으로 높

아지기 때문이다.

Fig. 8는 각 ITO 전극 구조에서 1개의 방전 cell의 소비 전력에 따른 Xe 여기종의 생성 효율을 보여준다. 물고기 뼈 형태의 ITO 전극 구조에서 T 형태와 사각형 형태에 비해 더 높은 Xe 여기종의 생성 효율을 보여준다.

IV. 결 론

레이저 흡수 분광법을 이용하여 ITO 전극의 구조에 따른 Xe 여기종의 시공간 밀도 분포를 조사하였다. Xe 여기종의 최대밀도는 물고기 뼈 형태, T, 사각형 형태에서 각각 $3.01 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $2.66 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $2.06 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 으로 측정되었으며, 물고기 뼈 형태의 ITO 전극구조가 가장 높은 Xe 여기종의 밀도 값을 보여준다. 물고기 뼈 형태의 전극에서 중앙에 보강된 ITO 전극의 효과에 의해서 보강된 전극 위치의 전기장이 다른 전극 구조에 비해 높아지게 된다. 이러한 효과로 인해 3전극 면방전형 PDP 방전셀에서 물고기 뼈 형태의 전극이 다른 ITO 전극 구조와 비교하여 25% 향상된 Xe 여기종의 생성효율을 보여준다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] J. C. Ahn, S. B. Kim, T. S. Cho, M. C. Choi, D. G. Joh, M. W. Moon, Y. Seo, S. O. Kang, G. S. Cho, E. H. Choi, and H. S. Uhm, "Plasma propagation speed and electron temperature in surface discharged alternating current plasma display panels," *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, 2A, 860 (2002).
- [2] K. Tachibana, S. Feng, and T. Sakai, "spatiotemporal behaviors of excited Xe atoms in unit discharge cell of ac type plasma display panel studied by laser

- spectroscopic microscopy,” *J. Appl. Phys.* **88**, 4967 (2000).
- [3] Kunihide Tachibana, Naoki Kosugi, and Tetsuo Sakai, “Spatio-temporal measurement of excited Xe(1s₄) atoms in a discharge cell of a plasma display panel by laser spectroscopic microscopy,” *Appl. Phys. Lett.* **65**, 935 (1994).
- [4] T. S. Cho, Y. M. Kim, N. O. Kwon, S. J. Kim, J. G. Kang, E. H. Choi, and G. S. Cho, “Effect of electrode length on capacitively coupled external electrode fluorescent lamps,” *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 41, no. 3B, pp. L335-357, 2002.
- [5] D. H. Lee, B. S. Kim, J. H. Koo, J. Y. Lee, D. G. Yoo, C. K. Byun, E. H. Choi, Y. H. Seo, J. G. Kng, and G. S. Cho, “The center balancing operation of CCFL's for CD backlight,” in *SID Symp. Dig. Tech. Paper*, vol. 35, 2004, pp. 1335-1337.

Measurement of Spatiotemporal Distribution for the Density of Excited Xe Atoms in the $1s_5$ in Accordance with Various ITO-shapes in Ac-PDP

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

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

**Hongik University Research Institute of Science and Technology, Seoul 121-791*

(Received December 15, 2008, Revised January 19, 2009, Accepted January 19, 2009)

We have measured the spatiotemporal behavior for the density of excited Xe atoms in the $1s_5$ metastable states by laser absorption spectroscopy in accordance with various shapes of ITO electrode. The maximum density of excited Xe atoms in the $1s_5$ state in a discharge cell for fish-boned, T-shaped and squared ITO electrodes has been measured to be $3.01 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $2.66 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ and $2.06 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, respectively. Throughout this experiment, we could understand the influence of the shapes of ITO electrode of micro discharge cell on the high efficiency of AC-PDPs.

Keywords : Laser absorption spectroscopy, ITO electrode, PDP

* [E-mail] lupy79@nate.com