

AC PDP의 전기 광학적 특성과 동작 가스 Xe+Ne+Kr의 구성비와의 상관관계에 관한 연구

(A Study on the Relationships between the Electrooptical Characteristics and Working Gas Xe+Ne+Kr)

박정후 · 유수복* · 이돈규

(Chung-Hoo Park · Soo-Bok Yoo · Don-Kyu Lee)

요 약

Plasma display panel(PDP)의 동작전압, 밝기, 방전늦음 시간, 광 효율, 수명, 잔상 등의 방전특성은 PDP내부의 동작가스의 혼합비율에 영향을 많이 받기 때문에, 높은 비율의 Xe 가스가 첨가된 PDP의 연구가 최근에 활발히 진행되고 있다. 그러나 high Xe이 패널에 주입되더라도 방전 개시전압과 유지전압의 상승 등의 문제점 들이 발생하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 Ne+Xe+Kr 3원 가스에서의 가스혼합비율에 따른 방전 전압과 마진, 휘도, 광 효율을 연구하였다.

Abstract

Recently, in order to improve the characteristics of operating voltage, brightness, discharge time lag, luminous efficacy of ac PDP, the PDP with high Xe partial pressure has been investigated. However, the serious problems in this case is to increase the operating voltage of ac PDP. In this study, in order to meet this problem the influences of kr gas in Ne-Xe-Kr ternary gas system is investigated for wide range of Xe partial pressure in terms of operating voltage, driving margin, luminance and luminous efficacy.

Key Words : Plasma display panel, Ne+Xe+Kr, High Xe

1. 서 론

최근 PDP는 아름다운 화면과 대형, 경량화, 10[cm] 이하로 얇은 두께의 벽걸이 TV로서 종래 CRT TV

시장을 급속히 잠식하고 있다[1-3]. 특히 동화상 대응에 필요한 응답속도가 [μ s] order로 빠르기 때문에 순간적 영상을 쉽게 표현할 수 있고 장시간 시청을 하더라도 눈의 피로가 적어 앞으로 각 분야에 폭넓게 적용되리라고 생각된다. 그러나 아직도 CRT나 형광등에 비해 광효율이 낮아 소비전력이 큰것이 결점으로 지적되고 있다.

PDP는 밀폐된 공간내에 주로 Ne+Xe 2원 혼합가스를 400~500[torr] 정도 주입하고 이 방전공간 내

* 주저자 : 울산과학기술대학교 전기전자통신학부 교수
Tel : 052-279-3144, Fax : 052-279-3152
E-mail : sbyoo@mail.uc.ac.kr

접수일자 : 2006년 9월 8일
1차심사 : 2006년 9월 18일, 2차심사 : 2006년 11월 22일
심사완료 : 2006년 12월 4일

에서 방전을 일으켜 자외선을 발생시키고 형광등과 같은 원리로 적, 녹, 청의 3원색의 가시광선을 얻고 있다[4-5]. 최근에는 동작 가스의 측면에서 Ne+Xe 2원 가스에 제3의 가스로서 Kr 혹은 He 가스를 첨가하여 PDP의 효율을 향상 시키려는 연구가 진행되고 있다[6-8]. 본 연구에서는 PDP 동작 가스로서 Ne+Xe 2원 가스에 Kr 가스를 첨가하였을 경우 PDP의 방전특성, 휘도특성 및 효율특성을 실험적으로 연구하여 Kr 가스의 첨가 특성을 규명하고자 노력하였다.

2. 실험 방법

그림 1은 3전극 구조를 가진 AC PDP의 일반구조의 개략도를 나타내고 있다. 두께 약 3[mm]인 상판 Glass 기판에는 주전극인 ITO 유지전극과 유지전극의 전압강하를 저감하기 위한 Bus 전극 그리고 주전극을 보호하기 위한 유전층 코팅 및 유전체 보호층(MgO 박막)으로 구성되어 있다. 같은 두께인 하판에는 방출극의 명령 Signal을 받아들일 수 있는 어드레스 전극, 격벽, 형광체 등으로 구성되어 있다. 격벽의 높이는 대략 100~200[μm]이며 간격은 300[μm] 정도이다

Bus 전극의 간격은 약 1[mm]이며 Red(R), Green(G), Blue(B) 3가지 형광체와 Bus 전극으로 둘러싸이는 공간이 Display의 1개 화소(picture cell)로 되며 1개 화소 내에는 R, G, B 3개의 방전공간(Discharge cell)이 존재한다. PDP방전에는 그림 1에서 방출극 명령에 따라 X전극과 Y전극 사이에 일어나는 예약방전(대향방전)과 예약이 완료된 패널의 선택 cell에 대해 연속 ON시키는 Y-Z 전극간의 방전(표면방전, 주방전)이 있다. 일반적으로 Display 내에는 30만개 이상의 화소를 보유하고 있다. 준비된 상하판은 가장자리를 Sealing하고 패널 내부 Gas를 제어할 수 있도록 약 φ5[mm]의 유리관(Tip)을 꽂아둔다. 이 팁을 통해 공기를 빼어내고 동작 Gas(Xe+Ne 혼합 가스)를 필요한 압력만큼 주입한 후 팁 OFF한 다음 사용하게 된다.

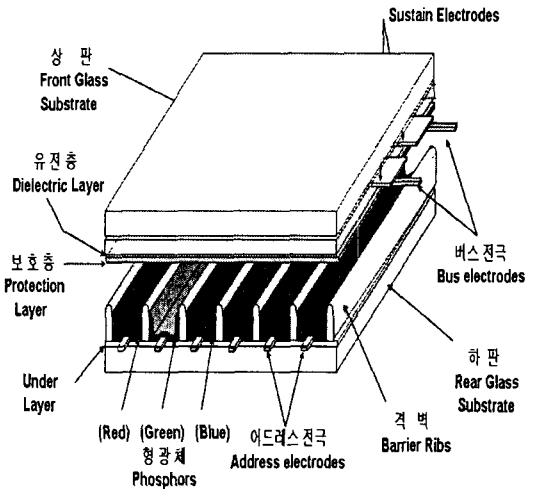


그림 1. 3전극형 AC PDP 일반구조의 기본 개략도
Fig. 1. The principle structure of a discharge cell

그림 2는 PDP 패널을 충분히 배기(10^{-7} [torr]) 한 후 각종 동작 가스를 필요한 조건으로 주입할 수 있는 본 연구실의 실험장치를 나타내고 있다. 이 가스 주입장치에는 진공장치(분자 Pump), 각종 가스 Source, 가스 혼합기, 분배기, 정밀 압력계, 7인치 시험용 AC PDP, PDP 구동전원, Digital Oscilloscope 등으로 구성되어 있으며, 실험에 사용한 7인치 Test 패널의 사양은 표 1과 같다.

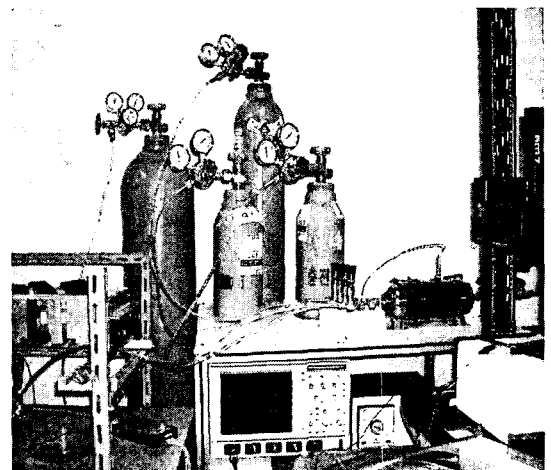


그림 2. 각종 동작 가스 주입장치
Fig. 2. The experiment equipment of gas mixture

표 1. 7인치 테스트 패널의 사양
Table 1. The specification of test panel

상판 패널		하판 패널	
ITO 폭	270[μm]	어드레스전극폭	100[μm]
ITO 갭	60[μm]	유전체두께	15[μm]
Bus 폭	70[μm]	격벽높이	130[μm]
유전체두께	40[μm]	격벽간격	220[μm]
MgO 두께	8000[Å]	격벽 폭	90[μm]
		형광체 두께	20[μm]

한편 동작 가스 조건에 따른 PDP의 전기광학적 특성 변화를 규명하기 위하여 PDP의 방전개시전압, 방전유지전압, 방전전압 마진, 방전전하량, 휘도 및 효율을 측정하였다. 방전개시전압 및 방전유지전압, 방전전압 마진 측정에 사용한 구동전원은 구형과 AC 펄스로써 펄스폭은 3[μs], Duty ratio 25[%]이며 진폭은 필요에 따라 가변 가능하도록 하였다. 방전 전하량 측정은 Digital Oscilloscope(Tektronics, P6041)에서 방전전류파형을 적분하여 구하였다. 휘도측정은 Photometer(BM7)를 사용하여 측정하였으며 동작가스의 분압비가 달라질 경우 동작전압은 일반 구동조건과 같이 방전전압 마진의 중간 값에 해당하는 전압으로 하였다. 광효율 η 는 사용전력 P [W], 휘도 B [cd/m²] 및 PDP 발광면적 S [m²]을 측정하여 다음과 같이 산정하였다.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i(t)v(t) dt [W] \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\pi \times B \times S}{P} [lm/W] \quad (2)$$

3. 실험결과 및 고찰

그림 3은 PDP의 동작 가스로서 Ne+Xe+Kr 3원 동작 가스를 사용하였을 경우 방전개시전압(Vf) 특성을 나타내고 있다. 이 경우 동작 가스 압력은 500 [torr]로 일정하게 유지하고 Xe 및 Kr 가스의 분압을 변수로 하였다. 400[torr] 경우에도 특성이 유사하여 500[torr] 경우를 설명하기로 한다. 그림에서 Xe 분압과 Kr 분압이 증가할수록 Vf 값은 증가하고 있음

을 알 수 있다[9]. 그러나 그 증가율은 차이가 있으며 Xe 및 Kr의 분압이 1[%] 증가하면 Vf 값은 약 6[V] 및 2[V]씩 각각 증가하였다. 즉 Xe의 경우는 Kr 경우의 3배 이상 빠르게 Vf 값이 증가하고 있음을 알 수 있다.

그 결과 예로서 표 2에서 나타낸 바와 같이 Kr이 첨가되지 않았을 경우 Xe 분압 10[%]인 경우 Vf 값이 288[V]였으며 Xe 분압 30[%]인 경우는 395[V]였다. 그러나 Xe 분압을 10[%]로 유지하고 Kr 분압을 20[%]로 하여 Xe+Kr 분압을 30[%]로 하면 Vf 값은 316[V]였다.

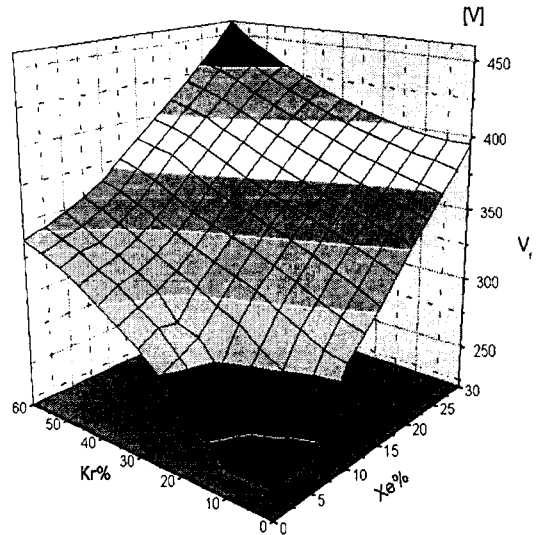


그림 3. Ne+Xe+Kr 가스의 방전개시전압(Vf) 특성
Fig. 3. The characteristics of firing voltage on Ne+Xe+Kr gas

이와 같이 Kr 가스의 Vf 값 상승률이 낮은 이유는 다음과 같이 생각된다. Ne의 준안정 전압은 16.6[V]이며 Xe 및 Kr의 전리 전압은 각각 12.1[V]와 14.0[V]이다. 이들 가스의 고속전자가 충돌 시 Ne이 준안정 준위로 여기하거나 Xe 및 Kr이 전리하는 비율은 거의 비슷하게 된다. Ne 및 Kr이 전리하는 또 다른 하나의 수단은 준안정 준위에 있는 Ne과 Xe 혹은 Kr이 충돌할 경우 Ne은 기저상태로 돌아가고 남는 에너지를 Xe 혹은 Kr이 얻어 전리하는 것이다. 이 경우 준안정 준위의 Ne이 방출하는 16.6[V]와 차

이가 적은 Kr(14.0[V]) 쪽이 전리할 수 있는 확률이 높기 때문에 Kr 가스의 Vf 값 상승률이 Xe보다 낮아졌다고 생각된다[7,10].

표 2. Ne+Xe+Kr가스의 방전개시전압(Vf) 특성
Table 2. The characteristics of firing voltage on Ne+Xe+Kr gas

Kr	Xe 0[%]	Xe 5[%]	Xe 10[%]	Xe 30[V]
0[%]		241[V]	288[V]	395[V]
20[%]	266[V]	276[V]	316[V]	402[V]
50[%]	326[V]	334[V]	353[V]	

그림 4는 Ne+Xe+Kr 동작 가스를 사용했을 경우 PDP의 방전전압 마진(Vm) 특성을 나타내고 있다. 그림 3의 Vf 특성과 유사한 특성을 나타내었으며 Xe 분압과 Kr 분압이 증가할수록 Vm 값은 증가하였다. 그 증가율은 Xe 및 Kr의 분압이 1[%] 증가할 경우 Vm값은 각각 약 3[V] 및 1[V]씩 증가하였다. Xe 경우의 Vm 값의 증가가 큰 것은 Xe의 Vf와 방전유지 전압 Vs 값의 차이가 Kr보다 크기 때문이다.

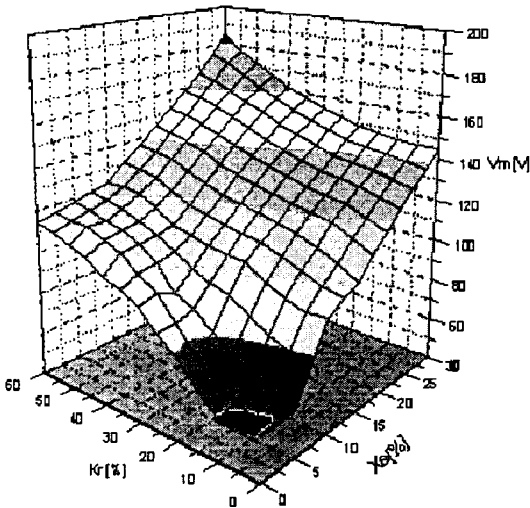


그림 4. Ne+Xe+Kr 가스의 방전전압 마진(Vm) 특성
Fig. 4. The characteristics of voltage margin on Ne+Xe+Kr gas

그림 5는 Ne+Xe+Kr 동작 가스를 사용했을 경우 PDP의 휘도특성을 나타내고 있다. 전체적으로 Xe

및 Kr 분압이 증가할수록 휘도는 증가하고 있음을 알 수 있다. 즉 Xe 및 Kr의 분압이 1[%] 증가할 때 휘도는 각각 약 27[cd/m²] 및 8[cd/m²]씩 증가하였으며 Xe 경우 휘도가 Kr 경우의 3배 정도 증가하였다. 이러한 휘도의 차이는 다음과 같이 생각할 수 있다.

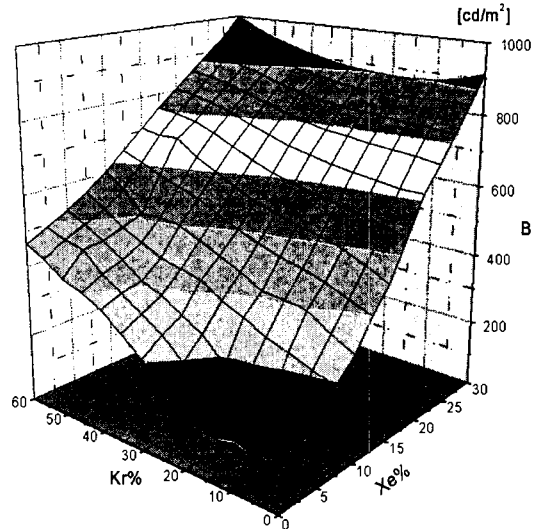


그림 5. Ne+Xe+Kr 가스의 휘도(B) 특성
Fig. 5. The characteristics of luminance on Ne+Xe+Kr gas

그림 6은 Xe과 Kr 및 Ne 혼합가스의 Energy level을 비교한 것이다. Xe, Kr 및 Ne의 전리전압은 각각 12.1[V], 14[V] 및 21.6[V]이며 Xe의 경우 공명준위 여기에서 발생하는 자외선의 파장은 147[nm]이며 Xe₂ Dimer의 공명준위여기에서 발생하는 자외선 파장은 173[nm]이다. Kr의 경우는 공명준위 및 Dimer 여기에서 발생하는 자외선 파장은 각각 124 및 146[nm]이다. 한편 형광체가 자외선을 가시광으로 변환하는 에너지 변환효율은 다음 식으로 주어진다.

$$\text{형광체 에너지 변환효율} = \frac{\text{여기광의 에너지(가시광)}}{\text{입사광의 에너지(자외선)}} \quad (1)$$

이 경우 입사자외선의 파장이 클수록 입사광의 광양자에너지는 감소하므로 에너지 변환효율은 증가한다. 그러므로 Xe 가스의 경우가 형광체 에너지 변환효율이 크게 되므로 휘도가 크게 되었기 때문으로 생각된다. 또 다른 휘도차이의 이유로는 Xegas와

Kr가스의 자외선 발생효율의 차이 때문이다. 즉 방전을 통한 자외선 방출 효율이 기체 입자의 절대 number density가 동일할 경우 Xe의 경우가 Kr 보다 자외선 변환 효율이 높으므로 휘도가 증가 하였다고 생각된다.

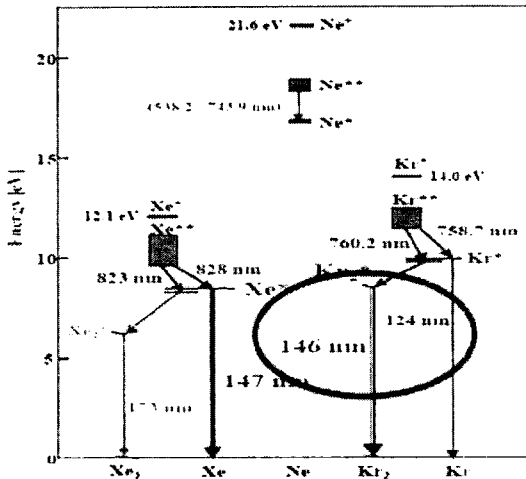


그림 6. Xe과 Kr 및 Ne 혼합가스의 Energy level 특성
Fig. 6. The characteristics of energy level on Ne+Xe+Kr gas

표 3. Ne+Xe+Kr 가스(500(torr))에서 광효율(η) 비교
Table 3. The characteristics of luminous efficacy on Ne+Xe+Kr gas(500(torr))

Kr	Xe 0[%]	Xe 5[%]	Xe 10[%]	Xe 30[%]
0[%]		2.09[lm/w]	2.78[lm/w]	3.88[lm/w]
20[%]	1.8[lm/w]	2.37[lm/w]	3.22[lm/w]	3.86[lm/w]
50[%]	2.89[lm/w]	3[lm/w]	3.63[lm/w]	

표 4. Ne+Xe+Kr 가스(400(torr))에서 광효율(η) 특성
Table 4. The characteristics of luminous efficacy on Ne+Xe+Kr gas(400(torr))

Kr	Xe 0[%]	Xe 5[%]	Xe 10[%]	Xe 30[%]
0[%]		1.93[lm/w]	2.44[lm/w]	3.54[lm/w]
20[%]	1.54[lm/w]	2.14[lm/w]	2.61[lm/w]	3.62[lm/w]
50[%]	2.58[lm/w]	2.68[lm/w]	3.26[lm/w]	

그림 7은 Ne+Xe+Kr 동작 가스에서 Xe 및 Kr 분압을 변수로 하였을 경우 광효율(η) 특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 Xe 및 Kr 분압이 증가할수록 효율은 증가한다. 그러나 Xe 분압 20[%] 및 Kr 분압 35[%] 이상에서는 증가율은 적어지면서 포화하려는 경향을 나타내게 된다. 그 이유는 Xe 및 Kr 분압이 증가하면 휘도는 증가하지만 방전전압이 휘도 상승률과 비슷하게 증가하기 때문에 전력손실이 증가하여 효율의 증가가 둔화되기 때문이다. 포화전후의 효율 값을 정리하면 표 3과 같다. 동작 가스 압력이 400[torr]인 경우에도 유사한 광효율 특성을 나타내었으며 비교하기 위해 표4와 같이 나타낸 것이 표 3이다.

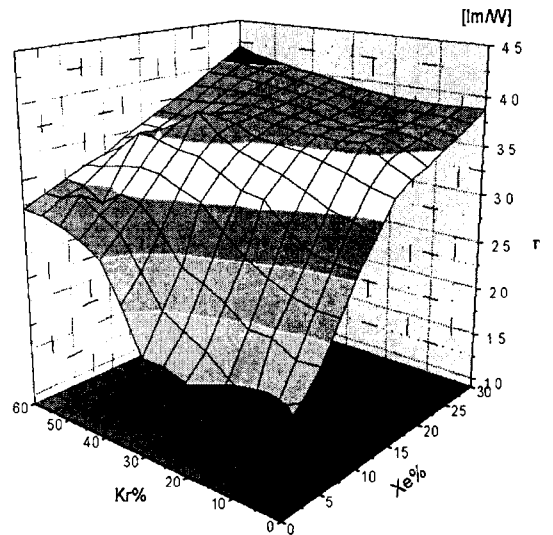


그림 7. Ne+Xe+Kr 가스의 광효율(η) 특성
Fig. 7. The characteristics of luminous efficacy on Ne+Xe+Kr gas

이들 광효율 특성에서 알 수 있는 바와 같이 효율을 개선하기 위해서는 Xe 분압 20[%], Kr 분압 35[%] 정도가 최대사용 가능량이며 그 이상이 되면 방전전압 상승 등으로 광효율 개선은 크게 기대할 수 없음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 Xe+Ne 2원 가스의 특성을 개선하기 위하여 He 가스를 첨가한 Xe+Ne+Kr 3원 가스에 대한 PDP의 전기광학적 특성에 관하여 연구하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 방전전압은 Xe 및 Kr 분압이 1[%] 증가할 때마다 각각 6[V] 및 2[V] 정도씩 증가하여 Kr의 방전전압 증가율은 Xe의 30[%] 정도였다.
2. 방전전압 마진은 Xe 및 Kr 분압이 1[%] 증가할 때마다 각각 3[V] 및 1[V] 정도씩 증가하였다.
3. 휘도는 Xe 및 Kr 분압이 1[%] 증가 할 때마다 휘도는 각각 27[cd/m²] 및 8[cd/m²] 정도씩 증가하여 Kr 경우의 휘도 증가율은 Xe의 30[%] 정도였다.
4. 광효율은 Xe 및 Kr 분압이 증가할수록 증가하였다. 그러나 Xe 분압 20[%] 및 Kr 분압 30[%] 이상에서는 그 증가율이 둔화하였다. 그러므로 Xe 20[%] 및 Kr 30[%] 이내의 적용범위에서 효율개선을 기대할 수 있음을 알 수 있다.

The work was supported for two years by Pusan National University Research Grant.

References

[1] J. P. Beouf, "Plasma display panels : Physics, recent developments and key issues." J. Phys. D : Appl. Phys. 36, R53-79, 2003.
 [2] Larry F. weber, "The promise of plasma display for HD-TV", Society for Information Display, pp402-405, 2000.
 [3] Chung-Hoo Park et al, "Improvement of Addressing Time and Its Dispersion in AC Plasma Display Panel", IEEE Trans, Electron Devices, vol.48, no.10, October 2001.

[4] Chung-Hoo Park et al, "An electrical and optaiical characteristics of the color ac plasma displays with a new cell structure", Journal of Information Display, vol.2, no.1, pp5-9, 2001.
 [5] D. K. Lee et al, "A Study of discharge characteristics of AC PDP", Japan-Korea joint symposium on ED&HVE, pp157-160, 2003.
 [6] H. J. Lee et al, "The effect of gas mixture ratio on discharge characteristics of an AC PDP cell", International Meeting on Information Display, pp171-174, 2005.
 [7] M. F. Gillies and G. Oversluizen, "Influence of the noble gas mixture composition on the performance of a plasma display panel", J. Appl. Phys., vol91, no.10, 2002.
 [8] D. K. Lee et al, "The Effect of N2 Gas Mixture Ratio on Discharge Characteristics of an AC PDP cell", EuroDisplay pp279-282, 2005.
 [9] H. S. Uhm et al, Appl. Phys. Lett. vol.80, no.5, R737, 2002.
 [10] K. S. Moon et al, J. Appl. Phys., vol86, Issue7, 4049, 1999.

◆ 저자소개 ◆

박정후 (朴正后)

1945년 4월 8일생. 1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980~1983년 일본 구주대학대학원 졸업(박사). 현재 부산대 공대 전기공학과 교수.
 Tel : (051)510-2746
 Fax : (051)513-0212
 E-mail : parkch@pusan.ac.kr

유수복 (兪壽福)

1949년 10월 10일생. 1976년2월 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동대학원 박사과정 입학. 1980년~현재 울산과학대학 전기전자통신학부 교수.
 Tel : (052)279-3144
 Fax : (052)279-3152
 E-mail : sbyoo@mail.ulsan-c.ac.kr

이돈규 (李敦揆)

1976년 10월 15일생. 2002년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004~2006년 현재 동대학원 전기공학과 공학박사과정 재학중.
 Tel : (051)510-1544
 Fax : (051)510-1498
 E-mail : white10@pusan.ac.kr