

# AC PDP의 전기광학적 특성에 미치는 동작 Gas Xex+Ne1-x의 영향

論 文

56-1-22

## The Effect of Working Gas Xex+Ne1-x on the Electro-optical Characteristics of AC PDP

朴正后\*\*·俞壽福<sup>†</sup>·李敦揆\*·李海準\*\*·李昡駿\*\*·金在聲\*\*\*

(Chung-Hoo Park · Su-Bok Yoo · Don-Kyu Lee · Hae-June Lee · Ho-Jun Lee · Jae-Sung Kim)

**Abstract** - Nowadays, it is inevitable trend to use high Xe gas contents for increase luminous efficiency and luminance in plasma display panel. However, the increase of Xe gas contents causes the driving voltage, although the brightness is increase. In this paper, we study the characteristics of electro optical according to Xe gas contents and gas pressure. Electro-optical characteristics were investigated by the discharge voltage, luminance and luminous efficacy measurements, respectively. With some increasing Xe gas contents and pressure, the electro-optical properties increased. However, the characteristics of electro-optical begin to be saturated, when too high increased Xe gas contents and pressure.

**Key Words** : PDP, Working Gas, Gas contents, Luminous efficiency, Luminance

### 1. 서 론

최근 디스플레이 시장에서는 종래 CRT의 단점을 극복한 얇고 대화면이면서 화질이 우수한 디스플레이가 많이 등장하고 있다. 그 대표적인 것으로 PDP와 LCD TV가 있다. 앞으로도 이와 같은 대형 벽걸이 TV는 종래 CRT TV 시장을 대부분 석권할 것으로 예상되고 있다[1-3].

PDP와 LCD의 동작원리는 크게 다르다. PDP가 자체 발광형인데 비하여 LCD는 수광형으로 PDP가 동작 Gas 내에서 주전극을 방전에 의해 발광하지만 LCD는 Backlight 라는 광원을 설치해 놓고 이 광을 액정에 의해 ON/OFF시켜 발광하게 된다[4]. 그 결과 PDP의 전력손실과 효율은 방전에 의한 동작 Gas의 자외선 발생과 형광체의 자외선을 가시광으로 변환시키는 효율에 의존하지만 LCD의 경우는 주로 Backlight의 성능에 의존하고 있다. 그 결과 PDP 및 LCD의 최대 단점은 [lm/W] 단위로 나타나는 효율이 CRT나 일반 형광등보다 현저히 낮다는데 있다[5]. 현재 50인치급 PDP나 LCD TV의 소요전력은 대략 300W 급으로 앞으로 200W급으로 개선해야 할 필요가 있다. 특히 PDP의 경우는 주전극의 전압 Glow 방전 시 동작 Gas에서 방출되는 자외선 양의 다소에 의해 그 휘도와 효율이 결정되기 때문에 저기압 방전에서 자외선을 많이 방출할 수 있는 동작 Gas의 확립이 무엇보다도 중요하다고 볼 수 있다. 현재 PDP의 동작 Gas로 채택되고 있는 저기압 방전 Gas로는 진공 자외선을 가장

많이 방출하는 희가스인 Xe Gas이다[6]. 그러나 100% Xe Gas 중에서 방전을 시키면 방전개시전압이 상승하게 된다. 이 방전전압의 상승은 PDP의 구동회로 cost 상승에 기인하게 되므로 현재는 Xe+Ne 등의 혼합 Gas를 사용하고 있다. 이 때 Ne Gas는 Buffer Gas로서 방전전압을 저하시키고 방전시 표면 Sputtering 등을 억제하는 역할을 한다. Xe은 현재 대략 10~20% 사용되고 있다. 그 외에도 He, Kr, N2 Gas 등을 첨가하여 3원 혹은 4원 Gas의 혼합 Gas가 채택되고 있다. 그러나 PDP의 휘도 및 효율에 가장 중요한 역할을 하는 각종 동작 Gas와 PDP의 전기광학적 특성의 상호관계에 관한 체계적 보고는 되지 않고 있다.

본 연구에서는 먼저 현재 가장 많이 채택되고 있는 Xe+Ne의 2원 Gas에 대하여 동작 Gas의 압력 및 Xe 분압을 기준으로 하여 이들 동작 Gas와 PDP 전기광학적 특성에 관한 체계적 연구를 수행하였다.

### 2. 실험 방법

그림 1은 3전극 구조를 가진 PDP AC PDP의 일반구조의 개략도를 나타내고 있다. 두께 약 3mm인 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 $\mu$ m이며 간격은 300 $\mu$ m 정도이다. Bus 전극의 간격은 약 1mm이며 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[7]. PDP 방전에는 그림 1에서 방출극 명령에 따라 X전극과 Y전극 사이에 일어나는 예약방전(대향방전)과 예약이 완료된 Panel의

\* 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 博士課程  
\*\* 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博  
† 교신저자, 正會員 : 蔚山科學大學 電氣電子通信學部 教授  
E-mail : sbyoo@mail.ulsan-c.ac.kr  
\*\*\* 正 會 員 : LG電子 PDP事業部 責任 研究員 · 工博  
接受日字 : 2006年 9月 1日  
最終完了 : 2006年 11月 7日

선택 cell에 대해 연속 ON 시키는 Y-Z 전극간의 방전(표면 방전, 주방전)이 있다. 일반적으로 Display내에는 30만개 이상의 화소를 보유하고 있다. 준비된 상하판은 가장자리를 Sealing하고 패널 내부 Gas를 제어할 수 있도록 약 5mmφ의 유리관(Tip)을 꽂아둔다. 이 Tip을 통해 공기를 빼어내고 동작 Gas(Xe+Ne 혼합 Gas)를 필요한 압력만큼 주입한 후 Tip OFF 한 다음 사용하게 된다.

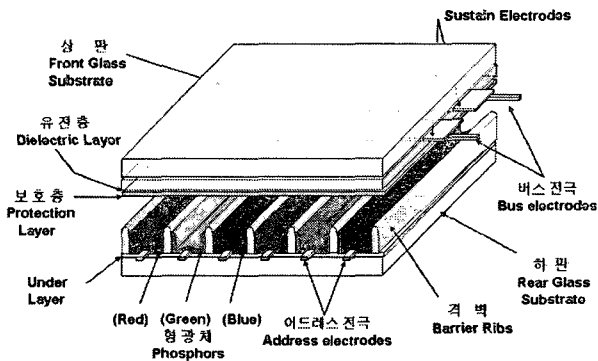


그림 1 3전극형 AC PDP 일반구조의 기본 개략도  
Fig. 1 the principle structure of a discharge cell

그림 2는 PDP Panel을 충분히 배기(10-7 torr) 한 후 각종 동작 Gas를 필요한 조건으로 주입할 수 있는 본 연구실의 실험장치를 나타내고 있다. 이 Gas 주입장치에는 진공장치(분자 Pump), 각종 Gas Source, Gas 혼합기, 분배기, 정밀 압력계, 7인치 시험용 AC PDP, PDP 구동전원, Digital Oscilloscope 등으로 구성되어 있으며, 실험에 사용한 7인치 Test Panel의 Spec.은 표 1과 같다. 본 실험에서 Xe의 분압은 5%씩 변화시키면서 각종 특성을 계측하였으며 Panel내 Gas 압력은 200~500 torr 범위로 하였다.

한편 동작 Gas 조건에 따른 PDP의 전기광학적 특성 변화를 규명하기 위하여 PDP의 방전개시전압, 방전유지전압, 방전전압 Margin, 방전전하량, 휘도 및 효율을 측정하였다. 방전개시전압 및 방전유지전압, 방전전압 Margin 측정에 사용한 구동전원은 구형파 AC 펄스로써 펄스폭은 3μs, Duty ratio 25%이며 진폭은 필요에 따라 가변 가능하도록 하였다. 방전전하량 측정은 Digital Oscilloscope (Tektronics, P6041)로서 방전전류파형을 측정하여 산정하였다.

휘도측정은 Photometer (BM7)를 사용하여 측정하였으며 Xe(%)가 증가할 경우 동작전압은 일반 구동조건과 같이 방전전압 Margin의 중간 값에 해당하는 전압으로 하였다. 광효율 η는 사용전력 P [W], 휘도 B [Cd/m<sup>2</sup>] 및 PDP 발광면적 S [m<sup>2</sup>]을 측정하여 다음과 같이 산정하였다.

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

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

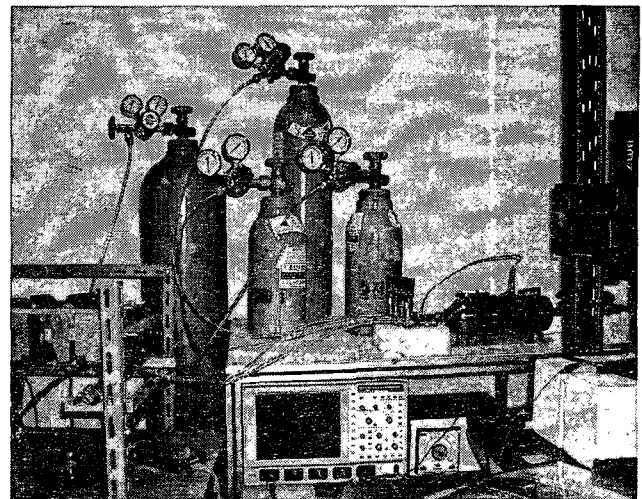


그림 2 각종 동작 Gas를 필요한 조건으로 주입할 수 있는 실험장치  
Fig. 2 the experiment equipment of gas mixture

표 1 17인치 Test Panel의 Spec.

Table 1 the specification of test panel

Front panel		Rear panel	
ITO width	270μm	Address electrode width	100μm
ITO gap	60μm	White back thickness	15μm
Bus width	70μm	Rib height	130μm
Dielectric thickness	40μm	Rib pitch	220μm
MgO thickness	8000 Å	Rib width	90μm
Ne+Xe	압력 및 분압 변화	Phosphor thickness	20μm

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 3은 Xe+Ne 혼합 Gas에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 PDP의 방전개시전압( $V_f$ ) 특성을 나타내고 있다. 그림에서 Xe 약 30% 이하에서는 압력이 증가하면  $V_f$ 값은 단조증가 하는 특성을 나타내지만 30% 이상이 되면 압력이 높은 부분에서  $V_f$ 값은 포화하는 특성을 나타내었다. 먼저 압력이 증가하거나 Xe %가 증가할 경우  $V_f$ 가 상승하는 것은 Paschen 법칙에서 알 수 있는 바와 같이 일반적 경향이지만 포화하는 원인은 다음과 같이 생각할 수 있다. 일정 압력 하에서 Xe %가 증가하거나 일정 Xe %하에서 압력이 증가하게 되면 어느 경우든 Panel 내 Xe의 상대적 간격은 좁아지게 된다. 더욱이 Xe의 충돌 단면적이 Ne Gas에 비해 크기 때문에 Xe의 상대적 간격이 어느 이상 더 좁아지더라도 충돌 전리 단면적은 변화 없으므로 방전 현상은 같아지기 때문으로 볼 수 있다[8]. 또 하나의 가능성은 방전전압이 상승하면서 Y-Z간 면방전과

Floating되어있는 X전극과 Y전극간의 대향방전이 동시에 발생하여 면방전전압 상승을 억제하기 때문에 추정되며 특히 실험 중  $V_f$ 가 높아질 경우 이러한 현상이 발견되고 있다.

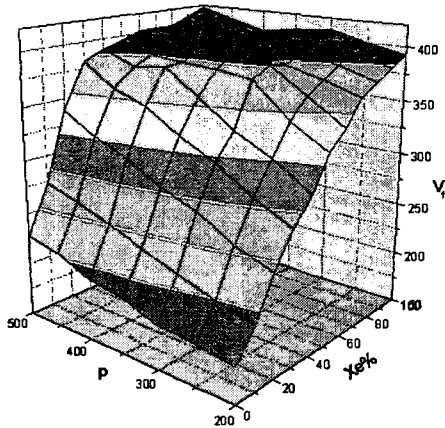


그림 3 Xe+Ne 혼합 Gas에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 PDP의 방전개시전압( $V_f$ ) 특성  
Fig. 3 the characteristics of firing voltage on Xe-Ne gas

그림 4는 그림 3과 동일한 조건하에서 측정된 방전유지전압( $V_s$ ) 특성을 나타내고 있다. 그림 3과 같이 Xe 분압과 동작 Gas 압력이 증가할수록  $V_s$ 값은 단조 증가하는 특성을 나타내었다.  $V_f$  경우와 다른 점은 그 증가율이 낮아서  $V_f$ 의 약 30% 정도였다. 더구나 Xe 분압 및 Gas 압력이 증가하더라도  $V_s$ 값은 포화하지 않았다. 그 이유는 다음과 같이 생각할 수 있다. PDP와 같은 Glow 방전의 경우 방전개시전압은 방전공간에 하전입자가 전혀 없는 경우의 방전전압이므로 상당히 높은 값을 나타낸다. 그러나 일단 방전이 개시되고 나면 방전공간에 충분한 하전입자가 존재하게 되고 방전유지에 필요한 전압 즉, 유지전압( $V_s$ ) 값은  $V_f$ 보다 상당히 낮은 값으로 되기 때문이다. 일반적으로  $V_f$ 와  $V_s$ 값의 차이를 방전전압 Margin이라고 하며 정상동작 상태에서 약 50V 이상 되는 경우도 많다. 더구나  $V_f$ 의 경우에 논한 바와 같이 낮은 전압 하에서는 면방전만이 유지되며 대향방전은 발생하지 않기 때문에 생각된다.

그림 5는 그림 3과 동일한 조건하에서 측정된 방전전압 Margin 특성을 나타내고 있다. 그림 4의 고찰에서 언급한 바와 같이 방전전압 Margin은  $V_f - V_s$ 로서 나타내며 이 값이 클수록 동작전압은 안정되어 전원 및 방전조건에 따른 오방전 발생이 없게 된다. 그림 5의 결과는 그림 3과 그림 4의 결과에서 얻어진 것으로  $V_f$ 는 Gas 압력과 Xe 분압이 증가할수록 급격히 증가한 후 포화하는 특성을 나타내지만  $V_s$ 값은 Gas 압력과 Xe 분압이 증가할수록 다소 증가하는

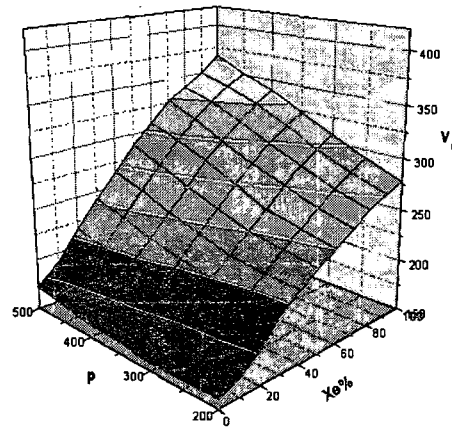


그림 4 Xe+Ne 혼합 Gas에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 PDP의 방전유지전압( $V_s$ ) 특성  
Fig. 4 the characteristics of sustain voltage on Xe-Ne gas

특성을 나타내었다. 그 결과 그림 5에서와 같이  $V_f$ 값이 될 때까지 방전전압 Margin이 증가한 후  $V_f$  값이 포화될 시점부터 감소하는 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러므로 충분한 Margin을 확보하면서 방전 자외선을 많이 얻을 수 있는 최대 Xe 분압값은 30% 정도가 됨을 알 수 있다. 그림 6은 그림 3과 동일한 조건하에서 측정된 PDP의 휘도특성을 나타내고 있다. 주어진 압력조건하에서 Xe 분압이 증가할수록 휘도는 단조증가 하였으며 포화현상은 나타나지 않았다. 더구나 동작 Gas 압력이 증가할수록 높은 휘도값을 나타내었다. 여기서 지적해두어야 할 점은 Xe 분압이 증가할수록  $V_f$ 는 증가하며 동일한 전압 하에서 Xe 분압을 증가하면 휘도는 당연히 감소하게 된다. 그러나 Xe 분압이 증가하는데도 불구하고 동일한 전압을 사용한다는 것은 구동 관점에서 불가능하므로 본 연구에서는 기초실험에서 얻어진 결과로서 평균동작 전압은 Xe 분압이 10% 증가할 때마다 동작전압을 20V씩 증가시키면서 실험을 행하였기 때문에 Xe 분압이 증가 시 휘도도 증가함을 밝힌 것이다. 그러므로

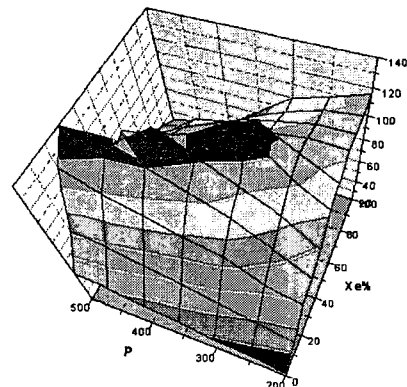


그림 5 Xe+Ne 혼합 Gas에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 PDP의 방전전압 Margin 특성  
Fig. 5 the characteristics of voltage margin on Xe-Ne gas

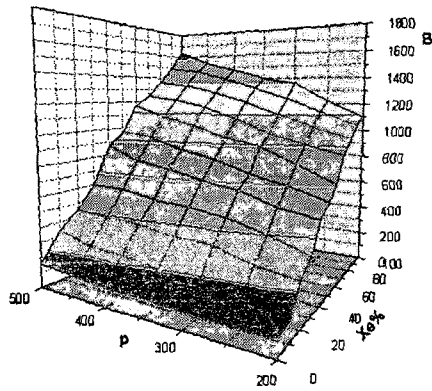


그림 6 Xe+Ne 혼합 Gas에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 PDP의 휘도특성  
 Fig. 6 the characteristics of luminance on Xe-Ne gas

휘도의 측면에서는 Xe 분압이 증가할수록 유리함을 알 수 있다. 특히 Xe 분압 증가에 따라 휘도가 감소 없이 거의 직선적으로 증가하는 이유는 Xe 분압이 적을 경우에는 주로 Xe 원자 여기 자외선인 파장 147nm가 주류이지만 Xe 분압이 증가할수록 Xe<sub>2</sub> dimer 여기자외선인 파장 173nm가 활발히 방사되어 147nm에 대한 형광체 포화부분을 보충하기 때문으로 생각된다[9-10].

그림 7은 그림 3과 동일한 조건하에서 측정된 방전 전하량 Q의 특성을 나타내고 있다. 주어진 압력에서 Xe 분압이 증가하면 방전전하량은 단조 증가한다. 그러나 주어진 Xe 분압에서 압력이 증가하여 400 torr에 이르기까지는 방전전하량은 증가하지만 400 torr 이후에는 방전전하량은 감소하였다. Xe분압이 증가하는데도 방전전하량이 증가하는 이유는 그림 6에서 설명한 바와 같이 Xe 분압이 증가함에 따라 동작전압을 상승시켰기 때문이다. 그러나 400 torr 이상에서 방전전하량이 감소하는 원인은 Gas 압력 증가에 의한 방전전압의 증가율이 설정된 동작전압의 증가율보다 크기 때문으로 생각된다.

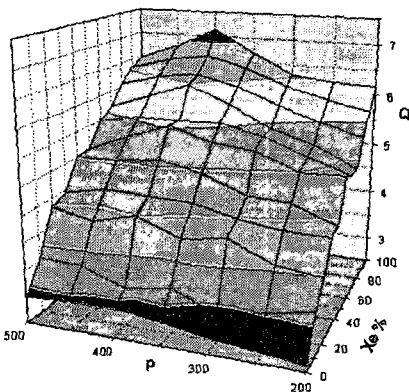


그림 7 Xe+Ne 혼합 Gas에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 PDP의 방전 전하량 Q의 특성  
 Fig. 7 the characteristics of electric charge on Xe-Ne gas

그림 8은 Xe+Ne 혼합가스에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 광효율( $\eta$ ) 특성을 나타내고 있다. 이 특성은 앞에서 논한 그림 3-7을 이용하여 (2)식에 의해 산정한 결과이다. 주어진 Gas 압에서 Xe의 분압을 증가시키면 Xe 분압 약 40% 이하에서는 광효율은 증가하지만 그 이후 점차 증가율이 둔화되어 포화하는 경향을 나타낸다. 특히 동작 Gas압이 증가할수록 주어진 Xe 분압에서 광효율이 더욱 증가하지만 표 2의 예에서 나타낸 바와 같이 광효율이 포화하는 시점이 빨라지게 된다.

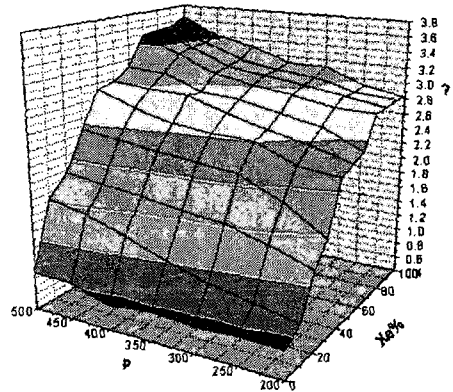


그림 8 Xe+Ne 혼합가스에서 Panel의 동작 Gas압과 Xe의 분압을 변수로 할 경우 광효율( $\eta$ ) 특성  
 Fig. 8 the characteristics of luminous efficacy on Xe-Ne gas

### 3. 결 론

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 Xe + Ne 2원 Gas에 대하여 동작 Gas의 Gas 압력 및 Xe 분압을 변수로 이들 동작 Gas와 PDP 전기 광학적 특성에 관한 체계적 연구를 행하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 방전개시 전압은 Xe 분압이 30% 이하에서는 동작 Gas 압력에 따라 단조증가 하지만 30% 이상이 되면 고압 부분에서 포화하는 경향을 나타낸다.
2. 방전유지전압은 Xe 분압과 동작 Gas 압력이 증가할수록 단조증가 한다. 이 증가율은 방전개시전압 증가율의 약 30%이었다.
3. 방전전압 margin은 Xe 분압과 동작 Gas 압력의 증가와 더불어 증가하여 Xe 분압 약 35%에서 최대값을 나타낸 후 감소하는 특성을 나타내며 50~150 범위의 값을 나타내었다.
4. 휘도는 주어진 압력 하에서 Xe 분압이 증가할수록 단조 증가하며 포화현상은 나타나지 않았다.
5. 방전전하량은 Xe 분압이 증가하면 단조증가 하지만 400 torr 이상에서는 다소 감소하였다.
6. 광효율은 주어진 동작 Gas압에서 Xe 분압증가와 함께 증가하지만 400 torr 이상에서는 그 증가율이 저하하여 포화하는 경향을 나타내었다.

참 고 문 헌

- [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] Alfred Poor, "Liquid crystal displays: Big and Bigger," Information Display, Vol.19, No.9, pp16-19, 2003
- [5] I.Takahashi, T.Noguchi, "A New Quick-Response and High-Efficiency Control Strategy an Induction Motor", IEEE Trans on Ind. Apr. Vol. IA22, No.5, pp820-827, Sep. 1986
- [6] H.Oversluzen, T.Dekker, M.F.Gillies, and S.T. de Zwart, "High Efficacy PDP", Society for Information Display, pp28-31, 2003
- [7] Chung-Hoo Park et al, "An electrical and optical characteristics of the color ac plasma displays with a new cell structure", Journal of Information Display, vol.2, no.1, pp5-9, 2001
- [8] H. S. Uhm et al, Appl. Phys. Lett. vol.80, no.5, R737, 2002
- [9] G.Oversluizen et al, "Improvement of the discharge efficiency in plasma displays" Journal of Applied Physics, Vol.91, No.4, 2002
- [10] G.Oversluizen et al, "High Xe Content efficacy PDPs" Journal of SID, 12/1, 2004

저 자 소 개



**박 정 후 (朴 正 后)**

1945년 4월 8일생. 1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980~1983년 일본 구주대학대학원 졸업 (공학). 현재 부산대 공대 전기공학과 교수.

Tel : 051-510-2746  
 Fax : 051-513-0212  
 E-mail : parkch@pusan.ac.kr



**유 수 복 (兪 壽 福)**

1949년 10월 10일생. 1976년 2월 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동대학원 박사과정 입학. 1980~현재 울산과학기술대 전기전자통신학부 교수

Tel : 052-279-3144  
 Fax : 052-279-3152  
 E-mail : sbyoo@mail.ulsan-c.ac.kr



**이 돈 규 (李 敦 揆)**

1976년 10월 15일생. 2002년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004~2006년 현재 동 대학원 전기공학과 공학박사과정 재학중

Tel : 051-510-1544  
 Fax : 051-510-1498  
 E-mail : white10@pusan.ac.kr



**이 해 준 (李 海 準)**

1972년 2월 25일생, 1994년 서울대학교 원자핵공학과 졸업, 1996년 포항공대 물리학과 대학원 석사, 1998년 포항공대 물리학과 박사, 현재 부산대학교 공과대학 전기공학과 조교수

Tel : 051-510-3516  
 Fax : 051-513-0212  
 E-mail : haejune@pusan.ac.kr



**이 호 준 (李 晳 駿)**

1966 10월 14일생, 1989 서울대 공대 전기공학과 졸업 1991 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1996 서울대공대 대학원 전기공학부 졸업 (공학), 현 부산대 공대 전자전기통신공학부 부교수

Tel : 051-510-2301  
 Fax : 051-513-0212  
 E-mail : hedo@pusan.ac.kr



**김 재 성 (金 在 聲)**

1968년 10월 20일생. 1991년 서울대학교 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년~현재 LG전자 근무 중. 2001~2004년 서울대학교 공대 전기전자공학부 대학원 졸업(공학박사). 현재 LG전자 PDP사업부 책임연구원.

Tel : 054-469-6071  
 Fax : 054-469-6034  
 E-mail : kimjs2@lge.com