

AC PDP의 전기광학적 특성과 동작 Gas $Xe_x + Ne_y + He_{1-y}$ 의 상관관계에 관한 연구

論 文

56-9-17

A Study on the Relationships Between the Electrooptical Characteristics and Working Gas Xe+Ne+He

朴正后* · 俞壽福** · 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 - The gas mixture ratio of PDP discharges plays a very important role in the discharge characteristics of a plasma display panel. The increase of Xe contents results in the increases of luminance and luminous efficiency while it also results in the increase of the breakdown voltage. The addition of He gas increases the brightness and the luminous efficiency. Especially, the luminance and the luminous efficiency have a maximum value when the partial pressure of He is about 10% of the total pressure for a standard plasma display panel with Xe fraction of 10~30%.

Key Words : Plasma Display Panel, Ne+Xe+He Working Gas, Luminance, Luminous Efficacy

1. 서 론

40" 이상의 대형인데도 두께는 10 cm 이하로 얇아서 벽걸이 TV로 잘 알려져 있는 자발광 Device인 PDP는 대형화하기 쉽고 시야각이 160° 이상이고 아름다운 색상을 갖고 있으며 동화상 구현에 최적일 뿐만 아니라 생산공장 건설에 드는 비용이 낮아 앞으로도 평판 Display 시장을 점유할 것으로 생각되고 있다[1]. 그러나 휘도 및 효율면에서 아직 만족할 만한 성과를 얻지 못하고 있어 금후 이의 개선이 필요한 연구 과제로 되고 있다[2-3]. 특히, PDP는 Backlight를 광원으로 사용하고 있는 LCD의 경우와는 달리 PDP의 휘도와 효율은 방전에 의한 동작가스의 자외선 발생과 형광체의 자외선/가시광 변환효율에 의해 결정되므로 저기압 방전에서 자외선을 많이 방출할 수 있는 동작 gas의 결정이 무엇보다도 중요하다고 볼 수 있다.

현재 PDP에 채택되고 있는 동작 Gas는 400~500 torr 정도의 저기압 방전에서 진공 자외선을 가장 많이 방출하는 Xe Gas이다. 그러나 100 % Xe Gas 만을 사용하면 방전개시전압이 상승하며 PDP 구동회로 cost 상승을 초래하므로 주로 $Xe_x + Ne_{1-x}$ 이원 Gas를 사용하고 있다[4-5]. 이 경우 Xe의 분압을 상승시키면 역시 방전전압의 완만한 상승, 잔상 및 어드레스 방전 지연시간이 길어지는 것을 피할 수 없기 때문에

Xe+Ne 동작가스에 제3의 Gas를 도입하여 이들 특성을 개선하려는 노력이 진행되고 있다[6-7].

본 연구에서는 Xe+Ne 2원 Gas에 제3의 Gas로서 가장 유망한 He Gas를 첨가하였을 경우 PDP의 전기광학적 특성 변화를 실험적으로 고찰하였다.

2. PDP 구조 및 실험 방법

그림 1은 3전극 구조를 가진 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 영상신호를 구분할 수 있는 어드레스 전극, 격벽, 형광체 등으로 구성되어 있다. 격벽의 높이는 대략 100~200 μ m이며 간격은 300 μ 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 내에는R, G, B 3개의 방전공간(Discharge cell)이 존재한다[8]. PDP방전에는 그림 1에서 방송극 명령에 따라 X전극과 Y전극 사이에 일어나는 예약방전(대향방전)과 예약이 완료된 Panel의 선택 cell에 대해 연속 ON 시키는 Y-Z 전극간의 방전(표면방전, 주방전)이 있다. 일반적으로 Display내에는 30만개 이상의 화소를 보유하고 있다. 준비된 상하판은 가장자리를 Sealing하고 Panel 내부 Gas를 제어할 수 있도록 약 5mm ϕ 의 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.

† 교신저자, 正會員 : 釜山大 工大 電氣工學科 博士課程

E-mail : white10@pusan.ac.kr

* 正會員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

** 正會員 : 蔚山科學大學 電氣電子通信學部 教授

*** 正會員 : LG電子 PDP事業部 責任 研究員 · 工博

接受日字 : 2007年 2月 26日

最終完了 : 2007年 6月 14日

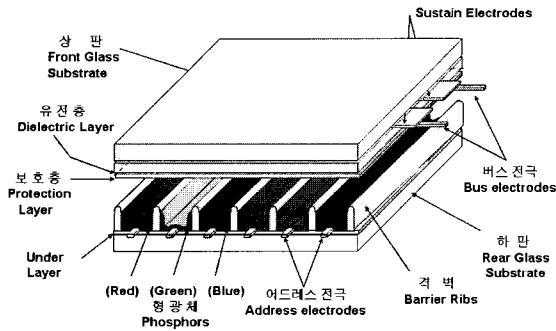


그림 1. 3전극형 AC PDP 일반구조의 기본 개략도
Fig. 1. The principle structure of a discharge cell

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 Spec은 표 1과 같다.

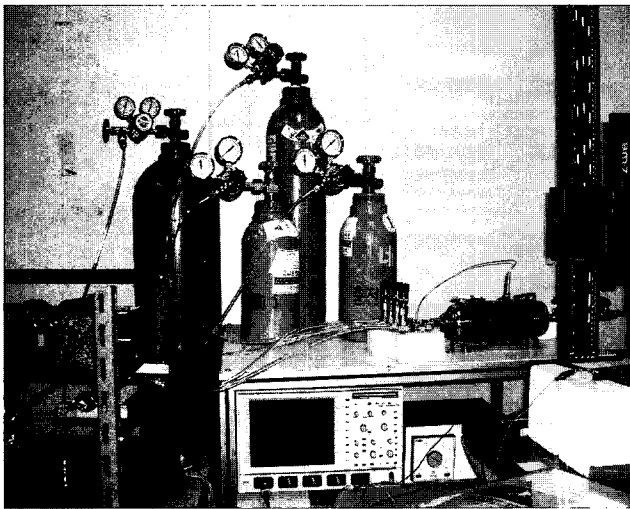


그림 2. 각종 동작 Gas를 필요한 조건으로 주입할 수 있는 실험장치
Fig. 2. The experiment equipment of gas mixture

표 1. 7인치 Test Panel의 Spec.

Table 1. The specification of test panel

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

본 연구에서 동작가스인 Xe+Ne+He의 각 분압 변화는 다음과 같이 행하였다. 현재 상용화되고 있는 Xe의 분압은 대략 10~20%정도이므로 본 연구에서는 Xe분압은 4~40% 범위로 하였다. 더욱이 Ne과 He의 분압은 기초실험에서 He 분압이 Ne 분압보다 적게 되면 일반동작 조건하에서 구동이 가능하지만 He분압이 Ne분압보다 크게 되면 방전개시 전압이 증가할 뿐만 아니라 휘도 및 효율이 저하함으로 Ne/He 분압비를 100/0 ~ 50/50 범위로 한정하여 실험하였다. 동작 Gas 압력은 400 및 500 torr로 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 펄스로서 펄스폭은 3 μ s, Duty ratio 25%이며 진폭은 필요에 따라 가변 가능하도록 하였다.

방전전하량 측정은 Digital Oscilloscope (Tektronics, P6041)로서 방전전류파형을 구하여 산정하였다. 휘도측정은 Photometer (BM7)를 사용하여 측정하였으며 Xe(%)가 증가할 경우 동작전압은 일반 구동조건과 같이 방전전압 Margin의 중간값에 해당하는 전압으로 하였다.

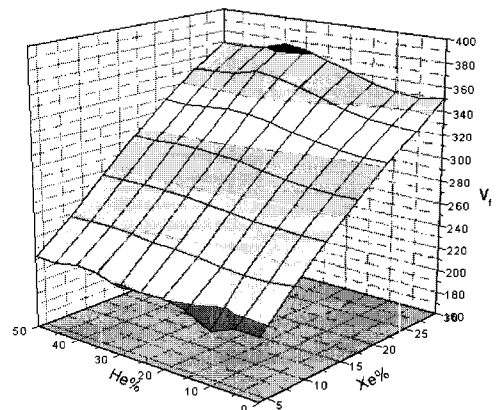
광효율 η 는 사용전력 P [W], 휘도 B [Cd/m²] 및 PDP 발광면적 S [m²]을 측정하여 다음과 같이 산정하였다.

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

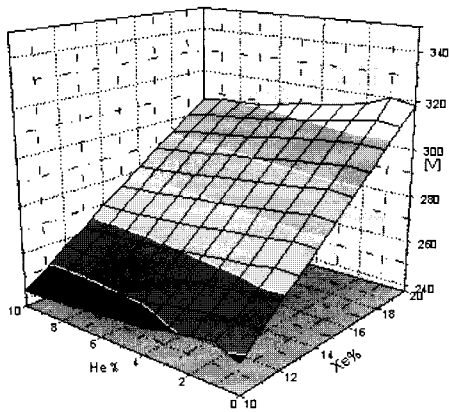
$$\eta = \frac{\pi \times B \times S}{P} \tag{2}$$

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3과 4는 Xe+Ne+He 동작 Gas 압력을 400 및 500 torr로 일정하게 유지하고 Xe의 분압과 He 분압을 변수로 하였을 경우 PDP의 방전개시전압 (V_f)의 특성을 나타내고 있다.



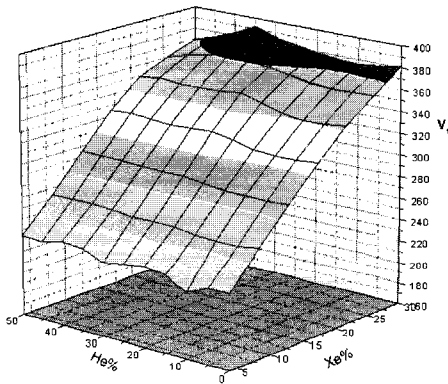
(a) Xe과 He의 분압변화



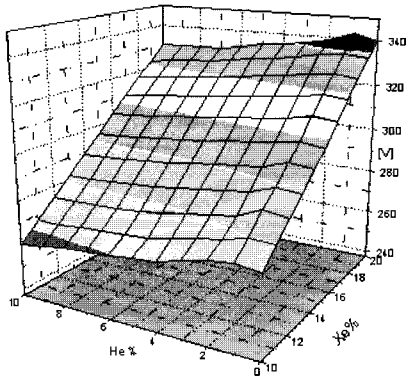
(b) He 0~10% 변화

그림 3. Xe+Ne+He 동작 Gas 압력을 400 torr로 일정하게 유지하고 Xe의 분압과 He 분압을 변수로 하였을 경우 PDP의 방전개시전압 (V_f)의 특성

Fig. 3. The characteristics of firing voltage on Ne+Xe+He gas at 400torr



(a) Xe과 He의 분압변화



(b) He 0~10% 변화

그림 4. Xe+Ne+He 동작 Gas 압력을 500 torr로 일정하게 유지하고 Xe의 분압과 He 분압을 변수로 하였을 경우 PDP의 방전개시전압 (V_f)의 특성

Fig. 4. The characteristics of firing voltage on Ne+Xe+He gas at 500torr

이 두 그림에서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다. 먼저 압력이 증가하면 V_f 값은 증가하며 400 ~ 500 torr로 변화할 경우 약 20 V 증가하였으며 전체적인 경향은 비슷하였다. 그러므로 이 후 400 torr 경우를 중심으로 설명하고자 한다. 또한, Xe 분압이 25% 이상이 되면 V_f 값은 포화하는 경향을 나타내었다. 이들 결과에서 특히 지적해야 할 점은 동작가스의 압력변화에 관계없이 He의 분압이 약 10%에서만 V_f 값이 감소하는 특이한 현상을 나타낸다는 것이다. 이러한 현상은 (b) 그림들에서 잘 나타나 있다.

그림 5는 Xe+Ne+He 동작 Gas에서 동작가스압이 400 torr인 경우 Xe 및 He 분압이 변화할 경우 방전유지전압(V_s) 특성을 나타내고 있다. Xe 및 He의 분압이 증가할수록 V_s 값은 증가하였으며 그 증가율은 V_f 경우의 약 30%정도였다. 특히 V_f 와는 달리 포화하는 영역은 나타내지 않았다. 이러한 결과는 다음과 같이 생각된다.

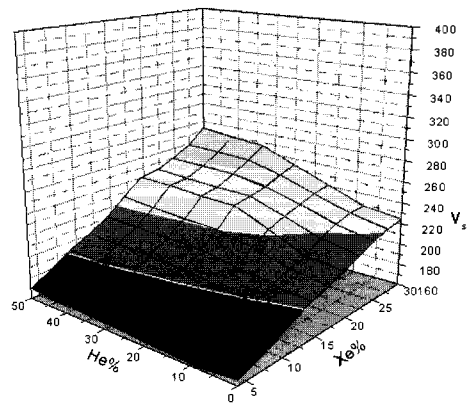
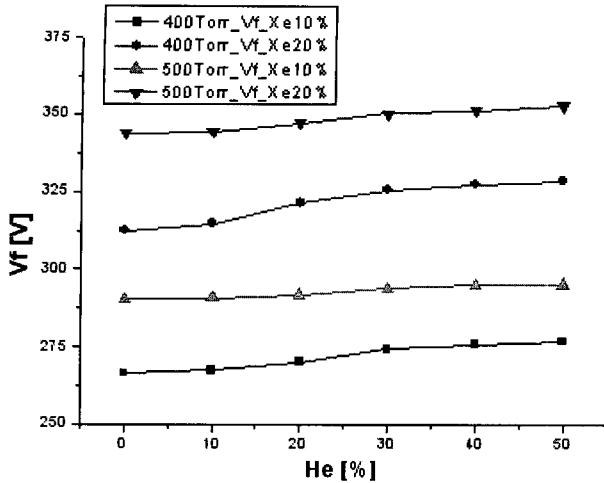


그림 5. Xe+Ne+He 동작 Gas에서 동작가스압이 400 torr인 경우 Xe 및 He 분압이 변화할 경우 방전유지전압 (V_s) 특성

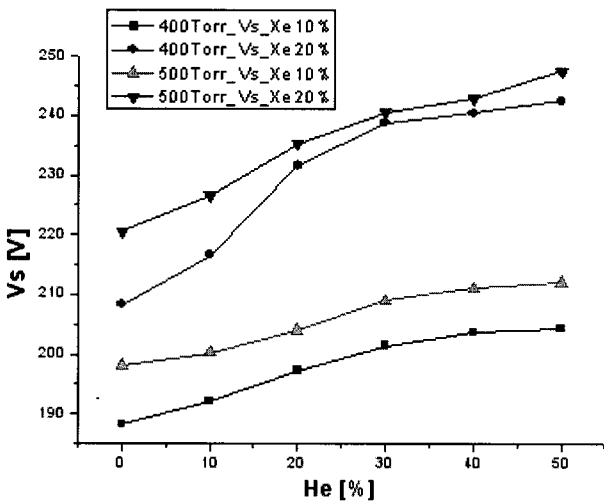
Fig. 5. The characteristics of sustain voltage on Ne+Xe+He gas at 400torr

PDP와 같은 Glow 방전의 경우 방전개시전압은 방전공간에 하전입자가 전혀 없는 경우의 방전전압이므로 상당히 높은 값을 나타낸다. 이 높은 전압값으로 생성되는 강한 e-field는 하판의 어드레스전극과 먼저 방전을 일으키게 되어 방전개시전압이 Xe의 함유량이 증가하여 포화되게 된다. 그러나 방전유지전압(V_s)은 방전이 일어난 후에 생성된 충분한 하전입자와 벽전하가 때문에 V_f 보다 상당히 낮은 값을 가지게 된다. 이런 낮은 전압으로 가능한 방전 때문에 어드레스전극과의 대향방전은 생성되지 않고 면방전만으로 충분히 방전이 이루어지고, Xe의 함유량이 증가할수록 방전유지전압은 포화되지 않고, 선형적으로 증가하게 된다.

그림 6은 그림 4와 5의 3차원 그래프를 특정부분 (Xe 10%, 20%, 압력 400torr, 500torr)에서의 방전개시전압(a)과 방전유지전압(b)을 2차원 그래프로 나타낸 그림이다. Xe 10%에서 He gas첨가에 따라 방전개시전압은 5-10V 상승하고, Xe 20%에서 8-15V상승한다. 방전유지전압은 Xe 10%에서 14-16V상승하고, Xe 20%에서 27-34V 상승으로 방전개시전압보다 전압의 상승률이 더 크다.



(a) 방전개시전압의 변화



(b) 방전유지전압의 변화

그림 6. 특정 Xe+Ne+He 동작 Gas에서 방전개시전압(V_f)과 방전유지전압(V_s) 특성

Fig. 6. 2-dimensional characteristics of V_f and V_s

그림 7은 Xe+Ne+He 동작 Gas에서 동작 Gas압이 400 torr인 경우 Xe 및 He 분압이 변화할 경우 방전전압 Margin(V_m) 특성을 나타내고 있다. 전체적으로는 Xe분압이 증가하고, He 분압이 감소할수록 V_m 은 증가하였다. 예를 들면 Xe 4%인 경우 V_m 은 약 50V정도이며 Xe 분압이 증가하면 V_f 값은 상당히 큰 폭으로 증가하지만 V_s 값의 증가율은 V_f 의 약 30% 정도로 적어져서 V_f 와 V_s 의 차이 전압인 방전 전압 Margin V_m 값은 Xe 분압과 함께 증가하기 때문이다. 이 경우에도 Xe분압이 약 25%를 지나면 V_m 값은 포화하는 경향을 나타내었다. 그림에서 나타내지 않았으나 동작 Gas 압력이 500 torr로 증가하면 V_m 값은 약 10V 증가하였다. 더욱이 He Gas 분압이 10%까지 증가가할 때 방전개시전압의 감소로 인하여 V_m 값도 다소 감소하였다.

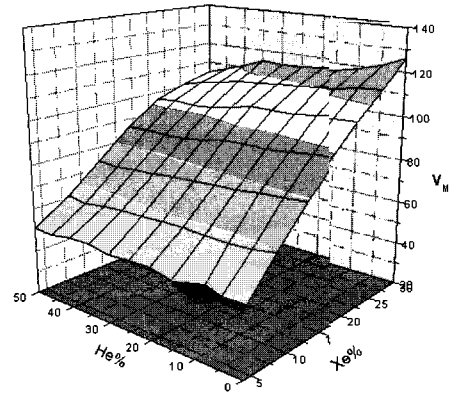


그림 7. Xe+Ne+He 동작 Gas에서 동작 Gas압이 400 torr인 경우 Xe 및 He 분압이 변화할 경우 방전전압 Margin(V_m) 특성

Fig. 7. The characteristics of voltage margin on Ne+Xe+He gas at 400torr

그림 8은 주어진 3원 동작 Gas에서 동작 Gas압을 400 torr로 일정하게 유지하고 Xe 및 He 분압이 변화할 경우 휘도 특성을 나타내고 있다. 이 경우Xe 분압이 증가 할수록 휘도가 상승함을 알 수 있으며 특히 He 분압을 증가시켜 10% 전후에 이르면 휘도가 30%이상 현저히 상승하는 특이 점을 발견할 수 있다.

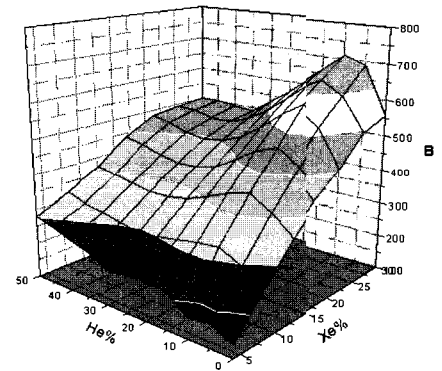


그림 8. 주어진 3원 동작 Gas에서 동작 Gas압을 400 torr로 일정하게 유지하고 Xe 및 He 분압이 변화할 경우 휘도 특성

Fig. 8. The characteristics of luminance on Ne+Xe+He gas at 400torr

동작전압이 500 torr인 경우에도 같은 경향을 나타내었다. 그러나 이 분압보다 크게 되면 휘도를 감소하였다. 먼저 Xe 분압이 증가할 경우 휘도가 상승하는 원인은 Xe 여기에서 기저상태로 돌아올 때 발생하는 147 nm의 자외선과 Xe2의 여기에서 기저상태 되돌아올 때 발생하는 173 nm의 자외선이 증가하여 형광체를 거치면서 가시광이 증가하기 때문이다 [9-10].

한편 Xe+Ne 에 He 첨가되면 휘도가 크게 향상되는 이유

는 다음과 같이 생각된다. Xe+Ne+He 혼합기체에서 He Gas는 평균자유행정이 크고 기체 확산성이 좋으므로 He이 소량 첨가되면 He+의 이동도가 증가하여 2차 전자 방출계수가 증가하게 되어 Xe 여기에 의한 휘도 상승의 원인을 제공한다. 그러나 He이 10% 이상 첨가되면 방전전압의 증가와 동시에 Xe 및 Ne의 분압비가 감소하게 되어 생성되는 플라즈마의 양이 작아지게 되어 휘도는 다시 감소하게 된다고 생각된다. He 분압 10% 정도에서 최대값을 나타내는 이유는 이후 더욱 연구하여 밝힐 예정이다.

그림 9는 주어진 3원 동작 Gas에서 동작 Gas압이 400 torr로 일정유지하고 Xe 및 He 분압을 변수로 할 경우 방전 전하량(Q) 특성을 나타내고 있다. Xe 및 He 분압이 증가할 경우 방전 전하량은 증가하는 경향을 나타내지만 He에 대한 방전 전하량 증가율은 Xe에 대한 방전전하량 증가율의 10% 정도였다.

그림 10은 주어진 3원 동작 Gas Xe+Ne +He 에서 He과 Xe의 분압을 변수로 하였을 경우 광효율(η) 특성을 나타내고 있다. 이 특성은 그림 7의 휘도 특성과 유사하다. 즉 Xe 분압이 증가할수록 Xe과 Xe2의 여기로 발생하는 147 nm와 173 nm의 자외선이 증가하여 휘도가 증가하지만 방전전류의 증가는 적기 때문에 효율특성과 휘도특성이 유사하게 됨을 알 수 있다. He 첨가의 경우에서도 휘도 특성으로 설명할 수 있음을 알 수 있다. 특히 종래 Xe+Ne 2원 가스를 쓰던 경우에 비하여 Xe+Ne에 He Gas를 첨가하면 He 분압 약 10% 지점에서 효율이 최대 약 30% 이상 증가함을 알 수 있다. 그러나 Xe 분압이 5% 이하일 경우 효율의 상승률은 적었다.

그림 11은 그림 8과 그림 10의 3차원 그래프를 특정부분(Xe 5%, 30%, 압력 400torr, 500torr)에서의 휘도(a)와 효율(b)을 2차원 그래프로 나타낸 그림이다. Xe 5%에서 He gas 첨가에 따라 휘도는 16-23%상승하고, Xe 30%에서는 He 10%까지 19-27% 까지 상승하다 감소한다. 효율은 Xe 5%에서 27-32%상승하고, Xe 30%에서 17-24% 까지 상승하다 감소한다.

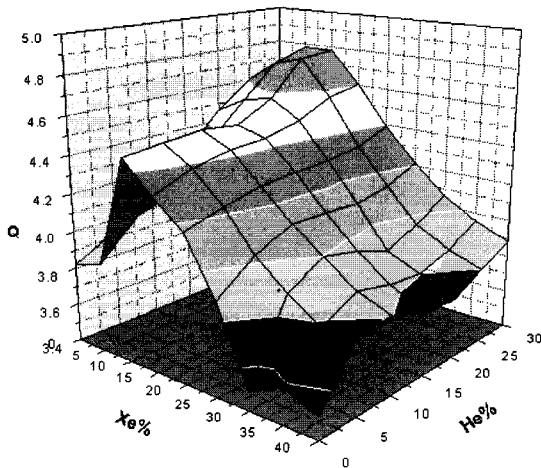


그림 9. 주어진 3원 동작 Gas에서 동작 Gas압이 400 torr로 일정유지하고 Xe 및 He 분압을 변수로 할 경우 방전 전하량(Q) 특성

Fig. 9. The characteristics of electrical charge on Ne+Xe+He gas at 400torr

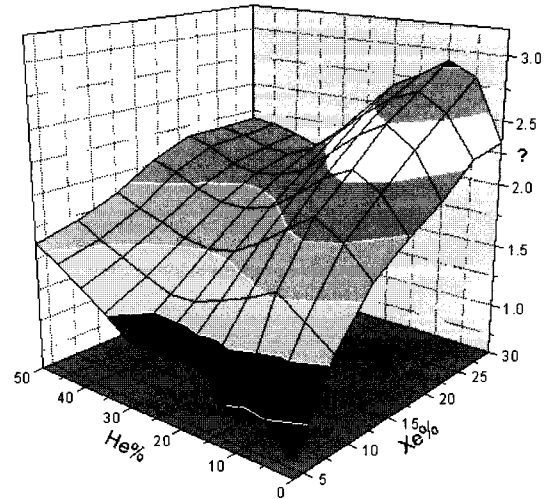
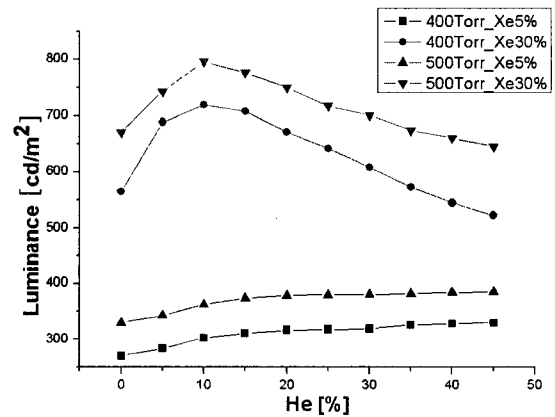
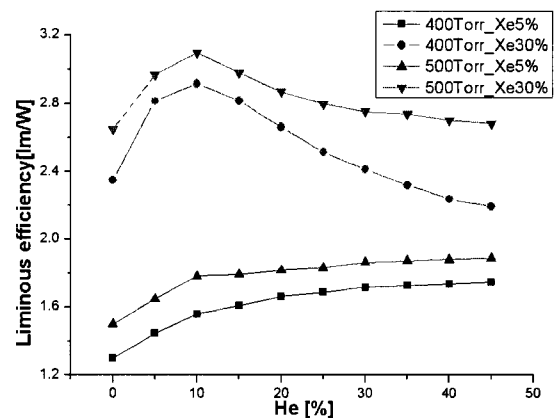


그림 10. 주어진 3원 동작 Gas Xe+Ne +He 에서 He과 Xe의 분압을 변수로 하였을 경우 광효율(η) 특성

Fig. 10. The characteristics of luminous efficacy on Ne+Xe+He gas at 400torr



(a) 휘도 변화



(b) 효율 변화

그림 11. 특정 Xe+Ne+He 동작 Gas에서 휘도, 효율 특성

Fig. 11. 2-dimensional characteristics of luminance and luminous efficacy

4. 결 론

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

1. 방전개시 전압은 Xe 분압이 25%까지는 증가하였으나 25% 이상이 되면 포화하는 특성을 나타내었다. 그러나 He 분압 10% 부근에서만 방전개시전압은 다소 감소하였다.
2. 방전유지전압은 Xe 및 He 분압이 증가할수록 증가하였으며 그 증가율은 방전개시전압의 30% 정도였다.
3. 방전전압 margin은 Xe 분압이 증가할수록, He 분압이 감소할수록 증가하였다.
4. 휘도는 Xe 분압이 증가할수록 단조 증가하지만 He 분압이 10% 전후에서 30% 이상 휘도가 현저히 상승하였다.
5. 효율은 휘도특성과 유사하며 He 분압 10% 전후에서 30%이상 휘도가 현저히 상승하였다.

참 고 문 헌

- [1] 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
- [2] J. P. Beouf, "Plasma display panels : Physics, recent developments and key issues." J. Phys. D : Appl. Phys. 36, R53-79, 2003
- [3] Larry F. weber, "The promise of plasma display for HD-TV", Society for Information Display, pp402-405, 2000
- [4] H. S. Uhm et al, Appl. Phys. Lett. vol.80, no.5, R737, 2002
- [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] M. F. Gillies and G. Oversluizen, "Influence of the noble gas mixture composition on the performance of a plasma display panel", J. Appl. Phys., vol.91, no.10, 2002
- [7] D.K.Lee et al, "The Effect of N2 Gas Mixture Ratio on Discharge Characteristics of an AC PDP cell", EuroDisplay pp279-282, 2005
- [8] 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
- [9] G.Oversluizen et al, "Improvement of the discharge efficiency in plasma displays" J. Appl. Phys., 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 4월8일생. 1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980~1983년 일본 구주대학대학원 졸업 (공학박). 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 10월10일생. 1976년2월 부산대 공대 전기공학과졸업.1983년 동 대학원 전기공학과졸업(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 10월15일생. 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)

1972년2월25일생, 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 晔 駿)

1966 10월 14일생, 1989 서울대 공대 전기 공학과 졸업 1991 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1996 서울대공대 대학원 전기 공학부 졸업 (공학박), 현 부산대 공대 전자 전기통신공학부 부교수

Tel : 051-510-2301

Fax : 051-513-0212

E-mail : hedo@pusan.ac.kr



김 재 성 (金 在 聲)

1968년 10월20일생. 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 책임 연구원.

Tel : 054-469-6071

Fax : 054-469-6034

E-mail : kimjs2@lge.com