The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 61, No. 11, pp. 1650～1655, 2012
http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2012.61.11.1650

Xe 가스 첨가에 따른 방전 특성 시뮬레이션 분석

A Simulation Analysis of the Discharge Characteristics with the Xe Gas Contents

유 일* · 손 영 주** · 이 영 민** · 옥 정 우*** · 남 춘 우§ · 이 돈 규†
(Il You · Young-Joo Song · Young-Min Lee · Jung-Woo Ok · Choon-Woo Nahm · Don-Kyu Lee)

Abstract - AC-PDPs have recently achieved good performance and their image quality can sufficiently compete with the LCD TV. However, it is necessary more effort to improve the luminance and luminous efficacy in the PDP technology. The gas mixture ratio plays a very important role in discharge characteristics, but the mechanism of gas discharge is complex and complicated. In this paper, we investigate the mechanism of gas discharge with Ne+Xe miture ratio through zero and two dimensional fluid simulation.

Key Words : Luminance, Luminous efficacy, AC-PDP, Xe contents, Two-dimensional simulation

1. 서 론

최근 PDP, LCD, OLED TV 등 많은 디스플레이 장치들이 판매되고 있으며, 이 중 교류형 플라즈마 평판표시 장치(AC-PDP) 는 대형 평판표시 장치로서 디스플레이 시장에 성공적으로 소개되었고 여러 면에서 급속한 성장을 이루어 왔다[1]. 특히 최근 3D-TV가 출시되면서 PDP에 대한 관심이 더욱 급증하고 있다. 3D-TV는 입체감을 내기 위해 편광안경의 왼쪽과 오른쪽에 번갈아가며 영상을 전달하는데, 이때 LCD는 응답속도가 좌우 영상변환 속도를 따라가지 못해 영상이 서로 겹쳐 보이는 크로스토크(Cross-talk) 현상이 일어난다. 이를 위해 기존 주파수 60Hz에서 240, 480Hz까지 늘리고 있지만 이에 따른 가격상승은 피할 수 없게 된다. 그러나 PDP는 자체발광 디스플레이로서 응답속도가 매우 빠르기 때문에 3D-TV로 구현 시 크로스토크 현상이 일어나지 않는다는 장점이 있다. 즉, 3D-TV를 PDP로 개발하게 되면 가격 상승을 최소한으로 낮추면서 어지럼증 현상도 개선될 수 있어 피로감까지도 줄일 수 있다. 그러나 치열한 디스플레이 매체들의 경쟁에서 지속적으로 PDP가 우위를 점령하기 위해서는 보다 기초적이면서도 체계적인 연구로 PDP의 근본적인 문제인 Xe의 함유량에 따른 방전특성들의 분석이 매우 필요하다. AC-PDP의 발광원리는 Ne+Xe 혼합기체의 방전시 Xe 가스에서 방출되는 진공자외선 (VUV : Vacuum Ultra Violet)이 형광체를 들뜨게 하고, 이로부터 가시광선(visible ray)이 발광되는 원리를 이용한 것이다. 그림 1은 Ne과 Xe의 천이선을 나타내고 있으며, PDP의 방전으로부터 발생되는 진공자외선은 147nm와 173nm가 주를 이루고 있음을 알 수 있다[2]. 진공자외선의 양이 증가하게 되면 PDP의 휘도와 효율에 영향을 주기 때문에 진공자외선의 근원이 되는 높은 Xe 분압을 증가시켜 휘도, 효율의 개선을 꾀하고 있으나 근본적인 Xe 분압별 방전 메카니즘의 분석은 미흡하다[3,4].

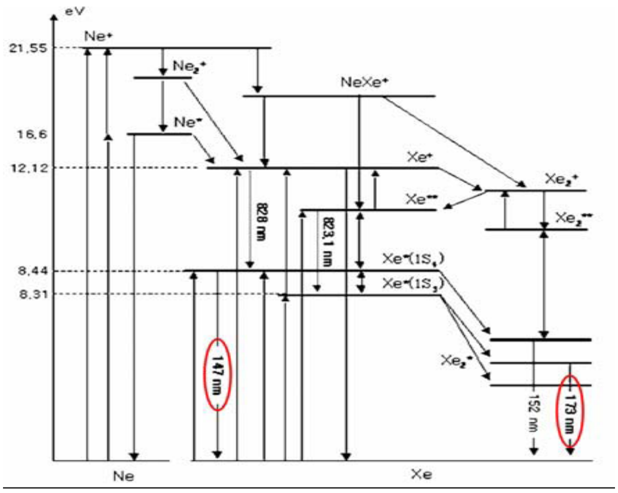


그림 1 진공자외선의 천이선 147nm, 173nm
Fig. 1 Resonance line 147nm, Molecular line 173nm

본 연구에서는 유체시뮬레이션을 통하여 Xe + Ne 비율의 변화에 따른 여러 가지 전기·광학적 특성뿐만 아니라 셀내부의 하전입자들에 분포되는 전자 에너지의 비와 그로 인해 생성되는 진공자외선의 변화량을 분석하여 Xe 분압에 따른 휘도 및 효율의 방전특성 원인을 조사해 보았다.

2. 실험 방법

본 논문에서는 실험적으로 구한 구동전압 및 휘도 효율을 바탕으로 여러 가지 방전 메커니즘을 시뮬레이션을 통해 분

* 정 회 원 : 동의대 이대 물리학과 교수
** 준 회 원 : 동의대 공대 전기공학과 석사과정
*** 정 회 원 : 부산대 공대 전기공학과 박사
§ 정 회 원 : 동의대 공대 전기공학과 교수
† 교신저자, 종신회원 : 동의대 전기공학과 조교수
E-mail : donkyu@deu.ac.kr
접수일자 : 2012년 8월 4일
최종완료 : 2012년 9월 26일

석해 보았다. 표 1은 실험과 시뮬레이션을 시행한 셀의 세부 스펙을 나타내고 있다. 방전전극간격은 60㎛, 유전체의 두께는 40㎛, 동작가스는 400 Torr, ITO전극의 폭은 245㎛ 등으로 설정하였다.

표 1 PDP 셀의 스펙
Table 1 the specification of PDP cell

Working pressure : 400 Torr			
Front glass		Rear glass	
Thickness of dielectric layer	40㎛	Width of address electrode	100㎛
Width of ITO electrode	245㎛	Thickness of Phosphor	13㎛
Width of bus electrode	80㎛		
Electrode gap	60㎛	Height of rib	125㎛
MgO Thickness	6500Å	Pitch of rib	185㎛

볼츠만 방정식에 의한 0-차원 시뮬레이션을 사용해 Xe 가스와 Ne 가스의 함유량에 따라 전자가 각각 가스의 여기와 전리를 시키는데 사용하는 에너지의 비율을 계산하여 전자와 혼합가스 사이의 충돌반응에 대해 분석해 보았다. 이 Bolsig 시뮬레이션은 상태가 변하지 않는 균일한 장이 조금 이온화된 가스에서 볼츠만 방정식의 수와 관련된 해결책을 사용하기 쉬운 코드로 잘 알려져 있다. 특히 이 코드는 E/p 값에 따라 순수한 가스 또는 혼합가스에서 전자의 생성과 각종 상태 변환에 대한 여러 가지 데이터를 알 수 있도록 디자인 되어 있다. 셀 내부의 입력 전압에 대한 휘도 및 효율 등의 각종 결과 값을 얻기 위한 2차원 PDP 시뮬레이션 모델은 다음과 같은 3개 방정식으로 구성된다.

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} + \nabla \cdot \Gamma_i = S_i \tag{1}$$

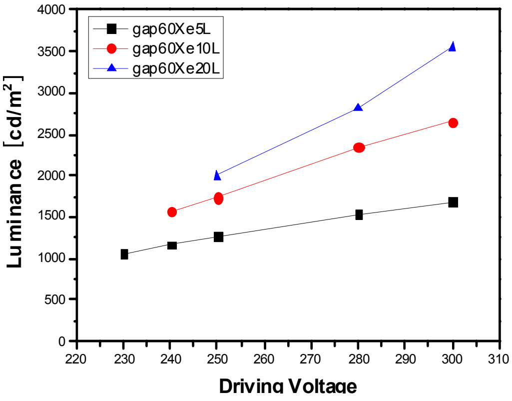
$$\Gamma_i = -D_i \nabla n_i + \mathrm{sgn}(q_i)\mu_i n_i E_i \tag{2}$$

$$\nabla \cdot (\varepsilon \nabla V) = -\sum_i q_i n_i \tag{3}$$

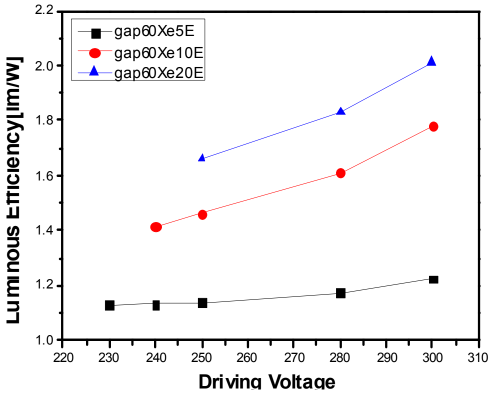
식에서 아래첨자로 사용되고 있는 i는 각각의 입자종류에 의해 달라질 수 있으며 대표적으로 이온, 전자 그리고 중성입자를 들 수 있다. (식 1) 은 연속 방정식을 표시한 식으로 n은 입자의 밀도를 나타내며 Γ 은 플럭스, Si는 생성되거나 소멸되는 이온의 양을 나타낸다. (식 2) 는 drift-diffusion에 의한 입자 흐름의 운동량 전달을 표현한 식으로, D는 diffusion coefficient를 μ는 이동도를 나타내고, sgn(q)는 하전입자의 부호에 따라 결정되게 된다. PDP 셀 내부의 압력은 400torr이상으로 매우 높기 때문에 전자와 중성기체와의 충돌이 매우 빈번하고, 따라서 운동량 보존 법칙을 사용하여 간단히 처리될 수 있다. (식 3) 은 전기장에서의 프와송 방정식을 나타낸 것이다. 시뮬레이션을 진행한 PDP 셀내부와 같이 입자간의 충돌이 빈번한 상황에서는 에너지를 흡수한 국소 영역에서 충돌에 의한 에너지 소비를 하게 되며, 이에 관련된 변수들은 전기장과 기체 압력의 비인 E/p 의 함수로 표현될 수 있는데, 이를 LFA(Local Field Application) 라고 한다. 이 근사식이 만족되는 경우에는 에너지 보존 방정식을 푸는 대신 충돌에 대한 계수들과 이동도 및 확산계수에 대해 E/p의 함수로 기술하는 근사식을 쓰게 되고, 이를 위해 위에서 언급한 0차원 볼쯔만 방정식의 해를 구하는 Bolsig 코드를 사용한다[6,7].

3. 결과 분석

그림 2는 2차원 시뮬레이션을 통해 얻어진 Xe의 양에 따른 휘도와 효율을 나타낸 것이다. 시뮬레이션을 위해 입력한 주파수는 100kHz이며 10회의 구형파를 입력시킨 후에 얻어지는 휘도와 효율 값을 표시하였다. Xe의 함유량이 5%, 10%, 20%로 증가하게 되면 방전전압은 각각 230V, 240V, 250V로 10V씩 증가되면서 구동이 가능한 것을 알 수 있고, 방전전압 및 Xe 함유량의 증가와 함께 휘도와 효율이 증가하는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션으로 나타난 방전전압의 최소값에서의 Xe 함유량에 따른 휘도는 Xe 5%일 때 1075[cd/m^2], Xe 10%일 때 1575[cd/m^2], Xe 20%일 때 2000[cd/m^2]이고, 효율은 각각 1.14[lm/w], 1.42[lm/w], 1.65[lm/w]이다. 즉, Xe의 양이 5%에서 20%로 증가되면 휘



(a) 휘도 특성



(b) 효율 특성

그림 2 Xe의 양에 따른 휘도와 휘도 효율의 특성
Fig. 2 Characteristics of luminance & luminous efficacy as a function of Xe contents

도와 효율은 각각 83%, 55%로 증가되었고, 이는 실제 Xe 가스의 분압별에 따른 실험 결과의 특성과도 잘 일치 하는 결과를 나타내었다[7]. 보통 PDP의 구동전압은 전체 구성 회로의 가격을 위하여 최대한 낮추어 결정하므로 방전전압의 최소값을 휘도 및 효율의 비교 값으로 정하였고, Xe 함유량을 증가시켜서 시뮬레이션을 진행한 결과 동일한 양상을 얻을 수 있었다.

Xe의 함유량에 따른 방전전압, 휘도, 효율 상승의 원인을 분석하기 위하여 bolsig 프로그램과 2차원 시뮬레이션을 사용해서 방전이 진행되는 메카니즘을 분석해 보았다. 먼저 방전전압과 밀접한 관련이 있는 동작가스에 대한 α계수와 γ계수의 변화를 살펴보았다[8,9]. 여기서 α계수는 전자가 양전극을 향해 진행하다가 기체분자와 충돌하여 이온화되는 비율을 나타내며, γ계수는 양이온이 음극으로 진행하면서 MgO층에 충돌하여 생성되는 전자의 수를 말한다. 그림 3은 Ne + Xe 이원가스에서 E/p의 크기에 따른 Xe 함유량에 따른 Ne과 Xe 가스의 α계수의 총합을 나타낸 것이다. Ne 가스의 α계수는 약간의 Xe 만 첨가되어도 매우 낮은 값을 가져서 Xe 가스의 α계수 그래프와 그림 3이 거의 비슷한 값을 가졌다. 특히, Xe 가스가 30% 이상만 첨가 되어도 Ne 가스의 이온화 율은 거의 0에 가까운 것을 알 수 있었다. 이는 Ne(21.56eV)의 이온화 에너지 보다 낮은 Xe(12.13eV)의 이온화 에너지 때문에 Xe이 증가함에 따라 Xe의 이온화에 대부분의 에너지를 소비하기 때문이다. 따라서 Xe의 양이 10%의 적은양만 첨가 되어도 α계수를 매우 증가시키게 된다. 순수하게 Ne 가스 혹은 Xe 가스로 시뮬레이션을 진행한 경우를 제외하고 두 가스가 혼합되어 있는 경우, 80V/cm/Torr 이하의 낮은 E/p 값에서는 α계수의 변화가 거의 없고, 80V/cm/Torr 이상의 높은 E/p값에서는 α계수가 다소 증가하는 것을 그림 3에서 알 수 있다.

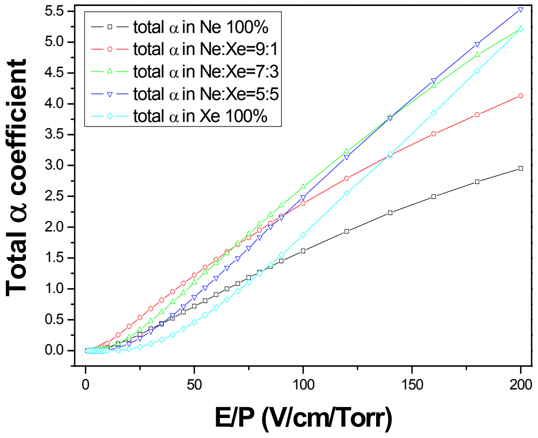


그림 3 Ne+Xe에서 Xe비율에 따른 전체 α계수

Fig. 3 total α coefficient with Ne+Xe mixture ratio

그림 4는 Ne과 Xe 가스의 함유량에 따른 전자의 이동도를 나타낸 그림이다. Xe 함유량이 증가함에 따라 γ계수가 감소하는 것은 잘 알려져 있으므로[10] 여기서는 γ계수와 밀접한 관계가 있는 이동도에 대한 특성을 조사하였다. Xe 가스의 양이 증가함에 따라 전자의 이동도는 무거운 Xe 가스의 추가로 인해 감소하게 되고 그 비율도 감소하는 것을 알 수 있다. 지면상의 이유로 그림에 나타내지는 않았지만 Xe 이온과 Ne 이온의 이동도 역시 절대값은 작지만 이동도가 감소하는 것을 알 수 있었고, Ne 이온의 이동도는 Xe 의 함유량이 증가함에 따라 조금 증가하였지만 변화율이 상대적으로 매우 작아서 그 영향은 매우 미미한 것을 확인할 수 있었다. 가벼운 Ne 이온의 이동도는 Xe 이온 보다 3~5배 정도 컸고, 전자의 이동도는 Ne 이온 보다 100~300배 더 큰 것을 확인 할 수 있었다.

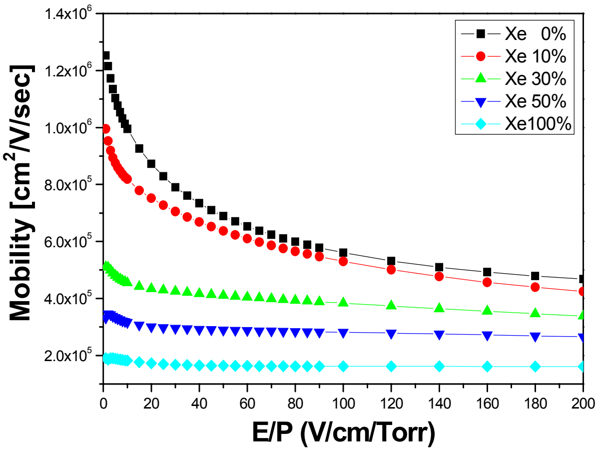


그림 4 전자의 이동도 특성

Fig. 4 characteristics in electron mobility

그림 5의 (a), (b), (c), (d)는 Xe 가스의 함유량이 0%, 10%, 30%, 100% 일 때의 E/p의 값에 따라 전자가 Ne과 Xe의 가스를 여기 및 전리 시키는데 사용하는 에너지의 비율을 각각 나타낸 그림이다. Xe 가스의 양이 10%인 소량만 첨가되어도 Xe의 여기와 전리에 사용되는 전자에너지가 Ne 가스의 전리 및 여기에 사용되는 에너지 보다 상당히 많이 분포 되는 것을 알 수 있고, 30% 이상의 가스가 함유될 경우 Ne의 전리 및 여기에는 거의 전자에너지가 소비되지 않는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 시뮬레이션을 진행한 PDP 셀은 전극사이의 간격을 60㎛, 압력을 400Torr로 설정하였고, 구동전압은 그림 2에서 측정된 방전전압의 최소값인 240V (Xe 10%) 와 260V (Xe 30%) 로 설정하였으므로, Xe 가스의 양이 10% 일 때 E/p의 값은 100 [V/Cm/Torr] 이 되고, Xe의 양이 30% 일 때는 108 [V/Cm/Torr] 로 결정된다. 따라서 Xe 10%에서 전자에너지 분포는 100 [V/Cm/Torr]의 E/p 값에서 Xe의 여기화와 이온화에 각각 22.4%, 52.6%의 전자에너지가 투입되고, Xe 30%에서는 108 [V/Cm/Torr]에서 Xe의 여기화와 이온화에 각각 39.7%, 55.5%가 투입되는 것을 그림 5에서 확인할 수 있다. 즉, Xe 가스가 10%에서 30%까지 증가하게 되면 여기화에 사용되는 전자에너지의 양은 77.2% 증가하고 이온화에 사용되는 에너지의 투입양은 거의 변화가 없게 되므로 발광 휘도가 증가하게 되고 이에 따라 효율이 상승하게 된다.

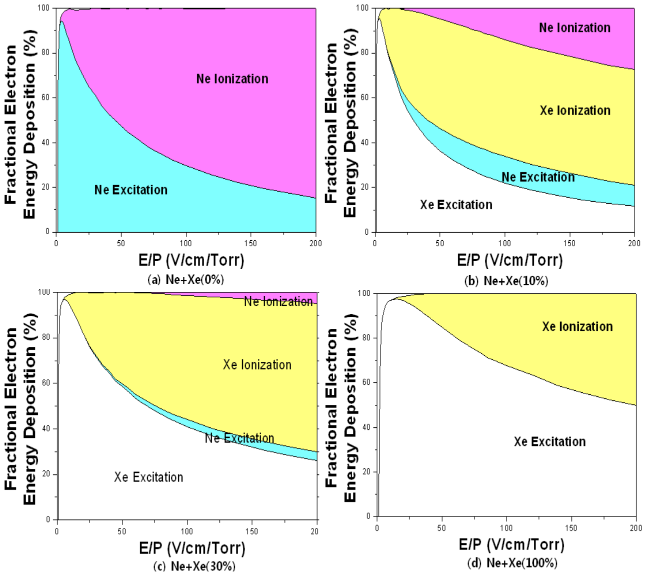


그림 5 Xe 양에 따른 전자 에너지 비율

Fig. 5 Fractional electron energy deposition as a function of Xe contents

그러나, 그림 5에서의 결과는 E/p의 값이 항상 고정되어 있는 경우이고 실제 셀 내부에서는 방전의 ON/OFF가 진행되므로 E/p가 계속적으로 변화하기 때문에 정확한 값이 아니게 된다. 따라서 실제 방전시의 E/p의 변화를 조사하여 그림 6에 나타내었다. 그림 6은 방전이 진행 될 때 E/p의 값이 변화하는 정도를 알기위해 시뮬레이션을 진행한 지점을 나타내었다. A지점은 방전이 활발하게 진행되는 방전 Path의 중간지점을 나타내었고, B, C지점은 각각 방전이 개시되는 전극의 중간 부분으로 정하여 시뮬레이션 하였다. 그림 7은 그림 6에서 지정한 A, B, C 지점에서의 시간에 따른 E/p의 변화량을 나타낸 것이다. 그림 (a)는 Xe 함유량이 10%에서 동작전압을 240V로 구동한 경우의 변화량을 나타내었고, 그림 (b)는 30%에서 동작전압을 260V로 구동한 경우의 변화량을 나타내었다. (a), (b) 모두 300 nsec 까지 동작전압을 인가시키다 500 nsec 까지 휴지기를 두고 다시 800 nsec 까지 양극과 음극을 반대로 하여 동작전압을 인가시키다 휴지기를 주었다. Xe 10% 에서 A 지점의 최대 E/p 값은 102 [V/Cm/Torr] 이고, B, C 지점의 최대 E/p 값은 150 [V/Cm/Torr] 로 나타났고, Xe의 양이 30% 에서 A지점의 최대 E/p 값은 127 [V/Cm/Torr] 이고, B, C지점의 최대 E/p값은 178 [V/Cm/Torr] 로 나타났다. 즉, 그림 5에서 얻을 수 있었던 E/p의 결과 값에 비하여 방전이 진행될 때 높은 값을 가지는 것을 알 수 있었고, 이에 따라 방전이 활발히 진행될 때 Xe 10%에서 여기에 투입되는 에너지의 비율은 22%~15.4%, 이온에 투입되는 에너지는 52.6% 이었고, Xe 30%에서 여기에 투입되는 에너지는 35.3%~28.6%, 이온에 투입되는 에너지는 58.5%~63.9% 이었다. 이는 실시간으로 방전을 일으키게 되면 여기에 투입되는 전자에너지 비율이 그림 5의 결과에 비해 조금 감소하기는 하였으나 거의 동일한 결과를 얻을 수 있었고, Xe이 30% 까지 증가함에 따라 여기에 사용되는 에너지의 양이 10% 에 비해 70% 이상 증가하여 휘도의 상승을 일으키는 것을 알 수 있었다.

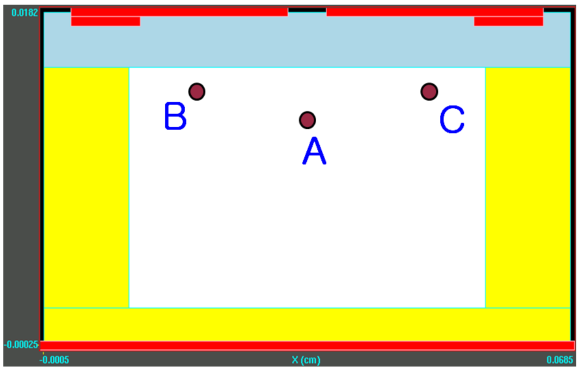
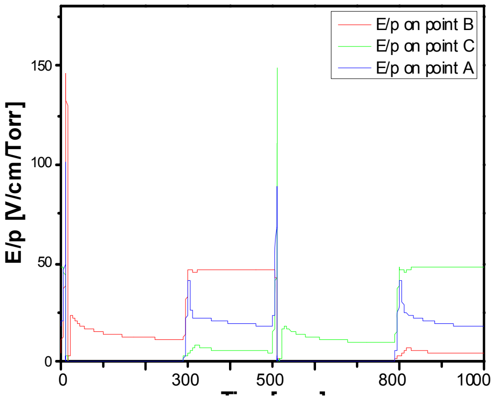
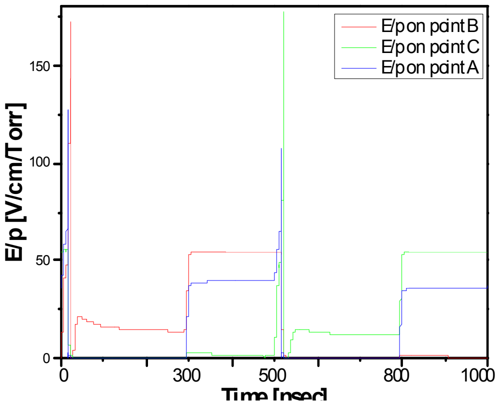


그림 6 PDP 셀에서의 시뮬레이션을 통한 E/p계측지점

Fig. 6 Detection point of E/p in the PDP cell



(a) E/p on Xe 10% panel (driving voltage = 240V)



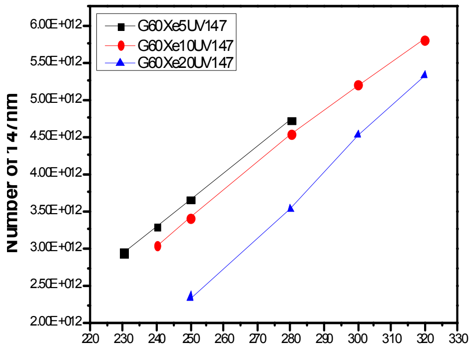
(b) E/p on Xe 30% panel (driving voltage = 260V)

그림 7 PDP Cell에서 방전동안의 E/p의 변화량

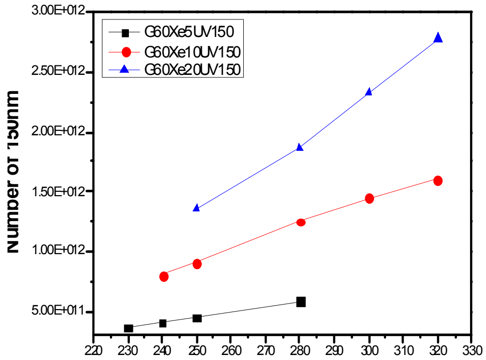
Fig. 7 Change of E/p during discharge in PDP cell

그림 8은 Xe의 함유량과 동작전압에 따른 진공 자외선양의 변화를 나타낸 것이다. 그림 8의 (a), (b), (c)는 각각 147nm, 150nm, 170nm 의 진공자외선 변화량을 나타내었다. Xe이 5% 함유된 경우 방전전압의 최소값에서 147nm, 150nm, 173nm의 양은 각각 $2.94*10^{12}$, $3.63*10^{11}$, $3.31*10^{12}$ 으로 생성되는 총 진공자외선에서 147nm가 차지하는 비율은 45%이고, 150nm와 173nm은 각각 5%와 50% 씩 차지하지만, Xe이 20% 까지 증가하게 되면 147nm, 150nm, 173nm

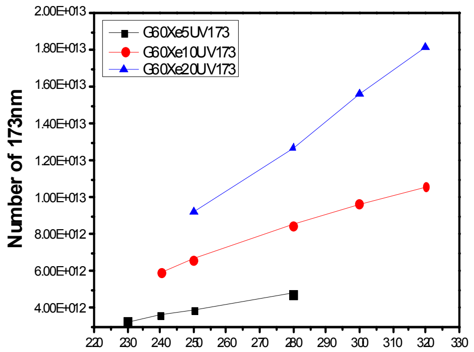
의 양은 각각 $2.35*10^{12}$, $1.35*10^{12}$, $9.28*10^{12}$ 으로 생성되는 총 진공자외선에서 147nm가 차지하는 비율은 20% 까지 감소하고 150nm와 173nm가 차지하는 비율은 각각 10%와 70% 까지 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, Xe의 함량이 증가하면서 Xe_2*의 양이 증가하게 되어 $^3P_2$의 양은 줄어들게 되고, $^3P_2$의 양이 증가하면서 각각이 생성하는 147nm는 줄어들게 되고, 173nm는 증가하게 된다. 특히, PDP를 구동시키게 되는 방전전압의 최소값에서 Xe 함유량이 5%에서 20% 까지 증가하게 되면, 147nm의 양은 25~35% 정도 감소하지만 150nm와 173nm는 각각 200~220%와 135~165% 정도 증가하여 휘도와 효율의 상승을 얻는 것을 확인할 수 있다.



(a) 147nm VUV



(b) 150nm VUV



(c) 173nm VUV

그림 8 Xe양에 따른 VUV양의 변화량

Fig. 8 Change of VUV quantity as a function of Xe contents.

4. 결 론

본 논문에서는 Xe 가스의 함유량이 증가함에 따라 발생하는 방전전압의 상승과 휘도 및 효율의 메커니즘을 분석하기 위하여 0차원 및 2차원 유체 시뮬레이션을 통하여 α계수와 γ계수의 변화, 전자에너지의 분포정도와 그로 인해 생성되는 진공자외선의 변화를 조사해 보았다. 방전전압의 증가원인은 α계수의 영향 보다는 이온 및 전자의 이동도 감소로 인한 γ계수의 감소 때문이었다. 휘도와 효율의 증가원인을 알아보기 위해 E/p의 값에 따라 Xe 과 Ne 의 여기 및 전리에 사용 되는 전자에너지 비율을 알아본 결과, Xe 함유량이 증가할수록 이온에 투입되는 에너지는 거의 변화가 없고, 여기에 투입되는 에너지가 증가하게 되는 것을 확인 할 수 있었고, 방전이 진행되는 순간의 E/p 의 변화량을 조사하여 분석해 보아도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이에 따라 Xe 분자의 여기종에서 생성되는 173nm의 진공자외선 양이 급격히 증가하면서 휘도와 효율이 증가하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2012학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음 (과제번호 2012AA162)

참 고 문 헌

[1] Cha-Soo Park, Min Seok Choi, Joon-Young Choi, Dong-Hyun Kim, Ho-Jun Lee, and Chung-Hoo Park, "The Effect of MgO Rate Preparing Conditions and Xe Partial Pressre on the Relative Life time of an AC Plasma Display Panel", KIEE International Transactions on EA, Vol.3-C, No.2, pp.35-42, 2003.

[2] 손창길, 김성환, 정승호, 한용규, 엄환섭, 최은하 "AC-PDP에서 저압의 높은 Xe 함량 방전기체의 진공자외선 발광특성", 한국진공학회지, Vol.18, No.2, pp.85-91, 2009

[3] J.S.Kim, J.H.Park, T.J Kim, K.W.Whang "Comparison of Electric Field and Priming Particle Effects on Address Discharge Time Lag and Addressing Characteristics of High-Xe Content AC PDP", IEEE Trans. ED, Vol.31, No.5, 2003.

[4] K.C. Choi, B.J. Kim, J.H. Lee, S.M. Hong, B.J. Shin "Improvement of the Efficiency and the Addressability by Using the Auxiliary Pulses in an AC PDP" IDRC'03, pp129-132, 2003.

[5] P. J. Drallos, V. P. Nargony, and W. Willianmson, Jr. "A kinetic study of the local field approximation in simulations of ac plasma display panels", Plasma Sources Sci. Technol. Vol.4, pp.576 (1995)

[6] The Siglo Database, CPAT and Kinema Software, http://www.csn.net /siglo (1998)

[7] 박정후, 유수복, 이돈규, 이해준, 이호준, 김재성, "AC

PDP의 전기광학적 특성에 미치는 동작 Gas Xex+Ne1-x의 영향", 대한전기학회 논문지 제56권 1호 pp142-146, 2007

[8] D.K. Lee, C.H. Park, H. J. Lee, J.Y. Choi "The effect of a Si-doped protective layer on the discharge characteristics of an alternating current plasma display panel", Physics of Plasma, Vol.14, No.10, pp.1035051-6, 2007

[9] D.K. Lee, C.H. Park, H.J. Lee, W.S. Choi "Electro-optical characteristics of plasma display panel with Mg1-xSixO protecting thin films deposited by an electron-beam evaporation method", Applied Physics Letters, Vol.89, No.19, pp.191501, 2006

[10] H.S. Uhm, E.H. Choi, J.Y. Lim, "Secondary electron emission in a mixed gas for application to the plasma display panel", Appl. Phys. Lett. 80(5), 737, 2002

저 자 소 개

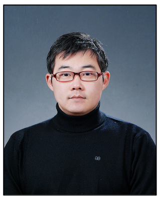
유 일 (劉 一)

1961년 2월 18일생. 1987년 동의대학교 물리학과 졸업. 1989년 연세대학교 대학원 물리학과졸업(석사). 1996년 KEIO대 대학원 졸업(박사). 현재 동의대 자연대 물리학과 교수

Tel : 051-890-1499

Fax : 051-890-2620

E-mail : 0324yu@deu.ac.kr



손 영 주 (孫 榮 啁)

1982년 12월 30일생. 2010년 동의대학교 전기공학과 졸업. 2012년 동 대학원 전기공학과 석사 졸업. 현재 (주)씨앤켐 기술연구소 재직중

이 영 민 (李 永 民)

1984년 11월 7일생. 2011년 동의대학교 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사 재학중

옥 정 우 (玉 政 于)

1976 년 7월15일생. 2004년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국기초과학지원연구원 첨단장비개발사업단 재직중

남 춘 우 (南 春 祐)

1976 년 10월15일생. 1982년 울산대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 연산대 공대 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업 (박사). 현재 동의대 교수

이 돈 규 (李 敦 揆)

1976 년 10월15일생. 2002년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업 (박사). 현재 동의대 조교수

E-mail : donkyu@deu.ac.kr

Tel : 051-890-1666

Fax : 051-510-1664