

칼라 플라즈마 디스플레이 패널용 혼합 가스 최적화 시뮬레이션 및 진공 자외선 측정

박헌건, 이석현
 인하대학교 공과대학 전자.전기.컴퓨터 공학부

Gas discharge Simulation for Color Plasma Display Panel and Measurement of VUV (Vacuum UltraViolet)

Hun-Gun Park, Seok-Hyun Lee
 School of Electrical and Computer Engineering, Inha University

Abstract - This paper reports the optimal gas mixing ratio for color plasma display panel to improve luminous efficiency using gas discharge simulation which contains energy equation. We verified a simulation by measuring vacuum ultraviolet. The luminous efficiency has improved considerably (about 30%) by adding Ar (0.5%), compared with Ne-Xe(4%) mixing gas.

를 고려하기 위해서 전자 에너지식도 함께 사용했다. 고려한 입자는 Xe, Ne, Ar 기본 입자를 포함하여 여기상태 이온상태 포함 총 27개 입자들이며, 상호 입자들간의 반응식을 135개 적용했고, 전자의 에너지 방정식은 식(1)⁽¹⁾과 같으나 영차원의 경우 식(2)와 같이 표현 가능하다. 여기서 n_e 는 전자의 밀도이고, σ 는 전기 전도도, γ 는 비열, V_e 는 전자 속도, T_e 는 전자 온도, T_n 은 중성입자의 온도, Q_e 는 에너지 전달량, ν_{en} 은 전자와 중성입자 간의 충돌 주파수를 나타낸다.

1. 서 론

차세대 벽걸이 대화면 평판 디스플레이 소자로서 플라즈마 디스플레이 패널(이하 PDP)은 일본의 여러 업체들이 양산을 하고 있고 국내 업체들도 생산을 준비하고 있는 실정이지만 실용화 측면에서 기존 브라운관에 비해 발광휘도, 발광효율등이 떨어져 그 특성을 향상시켜야 할 필요성이 절실히 요구되고 있다. 문제점에 대한 개선 방법으로는 셀구조 최적화, 구동 전압 파형의 최적화, 가스종류 및 조성비 최적화등이 있으며 효과적인 개선을 위해서는 실험과 병행하여 PDP의 방전, 발광 특성을 예측할수 있고, 방전에 대한 분석이 가능한 시뮬레이션 모델의 구축이 요구 되어지고 있다.

$$\frac{n_e}{\gamma-1} \left(\frac{\partial T_e}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla T_e \right) + n_e T_e \nabla \cdot \vec{V}_e = \nabla \cdot \left(\frac{n_e T_e}{m v} \nabla T_e \right) + Q_e \quad (1)$$

$$\frac{n_e}{\gamma-1} \frac{\partial T_e}{\partial t} = Q_e - \alpha E^2 - 3 \frac{m_e}{m_n} n_e \nu_{en} (T_e - T_n) \quad (2)$$

화학 반응식을 적용시 각 반응에 대한 반응율의 계산은 식(3)과 같으며 K가 반응상수로 반응식에서 가장 중요한 상수가 되며 그 값은 식(4)⁽²⁾에 의해서 계산될 수 있다. 식(3)에서 n_a, n_b 는 a, b 입자의 밀도, v_a 는 a 입자의 속도, σ_{ab} 는 a, b 입자간의 충돌 단면적을 의미하고, 식(4)에서 단위는 eV로 계산했다.

$$R = n_a \nu_{ab} = n_a n_b \langle v_a \sigma_{ab} \rangle = K n_a n_b \quad (3)$$

$$K = \langle \sigma(v) v \rangle = \frac{1}{n} \int_0^\infty \sigma(v) v f(v) dv = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi K T} \right)^{\frac{3}{2}} \int_0^\infty v^3 \sigma(v) e^{-\frac{mv^2}{2KT}} dv \quad (4)$$

우선 전자의 탄성충돌에 대한 반응상수 값은 전자 에너지와 충돌단면적의 실험치 값⁽³⁾을 적분하여 사용하였으며, 전자와의 충돌에 의한 이온화 충돌 단면적은 적분식 식(4)로 계산 하였다. 또한, 에너지 방정식에서 충돌주파수는 제논, 네온 및 아르곤에 대한 충돌단면적 값의 적분값과 맥스웰 볼츠만 분포를 가정한 평균속도와의 곱으로 계산하였다.

수치해석기법은 Runge-Kutta 방법 중 가장 많이 사용되고 있는 Fourth-Order Runge-Kutta Method⁽⁴⁾를 사용하였다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션 모델과 지배 방정식

PDP 발광특성에 가장 중요하게 관여하는 제논 제 1여기상태 Xe*(1S₄ state)의 밀도가 최적이 되는 Ne-Xe에 대한 Ar의 최적 혼합비를 구했다. 구성은 기본적으로 각 입자들 간의 화학 반응식을 기초로 시뮬레이션을 구성했으며, 전자 에너지 변화

2.2 진공 자외선 측정 장비 구성

이러한 시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여 면방 전형 구조를 가지는 단면 패널을 이용 그림 1.과 같이 VUV 측정장비를 이용 네온-제논 이원가스의 경우와 아르곤이 첨가된 네온-제논-아르곤 삼원가스 각각의 혼합비에 따른 140nm부터 180nm까지의 진공자외선의 세기를 측정 하였다.

장비 구성을 보면 PDP 패널에서의 가스 방전에 의한 진공자외선의 세기를 측정하기 위한 monochromator와 방전 챔버가 focusing 챔버를 통해 연결되어 있으며, Monochromator의 grating을 조정할 수 있도록 콘트롤러가 RS-232 선을 통해 컴퓨터에 내장된 SC-1카드에 연결되어 있다.

Monochromator에는 entrance slit 및 exit slit, 두 개의 슬릿이 있고, 전자에는 focusing 챔버가, 후자에는 검출기가 부착되어 있고, 검출기는 컴퓨터와 연결되어 진공자외선의 세기를 전기적 신호로 변환해준다. 프로그램에서 scan 명령을 주면 선택된 grating을 회전시키면서 정해진 파장 대역에 대해 진공자외선의 세기를 검출기를 통해 검출하고, PMT에 의해 진공자외선의 세기가 전기적인 신호로 변환, 증폭된다. 이 전기적 신호값이 컴퓨터에 의해 방사광의 상대적 스펙트럼 세기로 출력된다. 이 때 PMT 인가전압을 조정함으로써 출력 신호의 크기를 증가시킬 수 있다. 방전챔버와 주변장비로는 패널에 방전을 발생시키는 챔버가 있고, 이를 지지하는 지지대에 가스 filling을 위한 제어 panel이 부착되어 있어 챔버에 부착된 진공 게이지로 진공도를 모니터링한다. 현재 네 종류의

가스(He, Ne, Ar, Xe)가 공급될 수 있고, 공압밸브용 air와 purge용 N₂ line이 연결되어 있다. 각각의 가스는 MFC에 의해 일정한 양을 공급할 수 있어서 원하는 혼합비에 따라 실험을 행할 수 있다. 챔버 내부에는 패널을 고정시키기 위한 zig가 설치되어 있고, 챔버 외부로 전원 단자가 노출되어 있어 패널의 유지전압을 위한 전원선이 연결된다. 방전을 관찰하고 패널을 꺼내거나 넣기 위해 문이 나있고, 이와 수직한 방향으로 진공자외선의 검출을 위한 MgF₂ window가 나있어 focusing 챔버를 통해 monochromator와 연결된다.

2.3 결과 및 고찰

그림 2. 는 네온가스에 제논이 첨가될때와 네온-제논 가스에 아르곤이 첨가될때의 전자의 온도를 나타낸 그래프로, 네온 가스에 제논이 첨가될수록 그리고 네온-제논 가스에 아르곤이 첨가될수록 전자의 온도는 감소하게 된다. 이것은 네온 입자의 크기보다 상대적으로 큰 아르곤, 제논의 첨가에 의해 셀내의 평균 이동거리가 감소하여 전자의 온도가 감소하는 것을 나타내고 있다.

그림 3. 은 네온 제논의 최적 혼합비에 아르곤을 첨가한 삼원가스의 Xe⁺ 입자의 밀도를 아르곤 혼합비 0.1% ~ 10%까지 나타내고 있다. 네온-제논 이원가스를 사용했을때의 밀도보다 아르곤 첨가했을 경우의 밀도 값이 아르곤 혼합비 0.5%까지 증가하다가 아르곤의 혼합비가 0.5% 보다 커지면 다시 감소하는 현상이 나타났다.

이것은 초기에는 아르곤 첨가에 의한 페닝효과의 영향이 평균 이동거리의 감소로 인한 전자의 온도

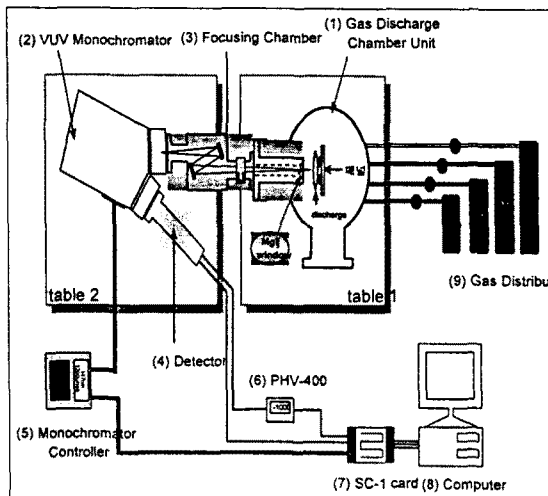


그림 1. Gas 방전 실험 장비 구성도

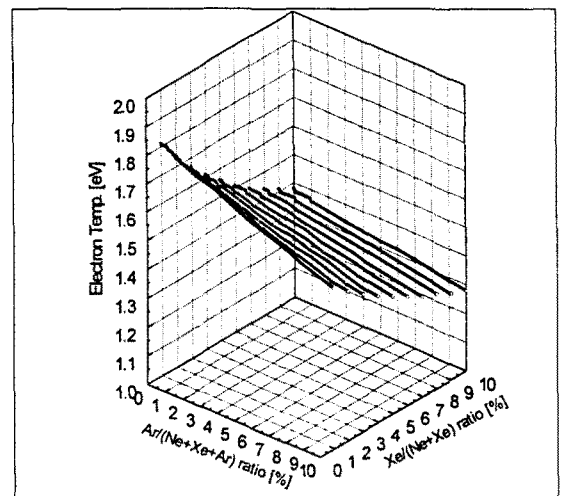


그림 2. 아르곤 혼합비에 따른 전자온도

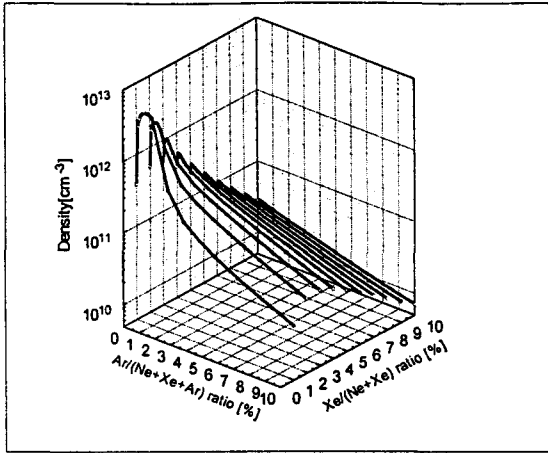


그림 3. Ne, Xe, Ar 혼합비에 따른 Xe*의 밀도

감소에 따른 전자의 밀도 저하보다 크게 나타나기 때문에 밀도가 증가하는 것이고, 아르곤의 첨가 혼합비가 더욱 증가 하게 되면 아르곤 첨가에 의한 전자의 온도 감소 효과가 페닝 효과보다 크게 나타나기 때문에 다시 밀도가 감소하게 되는 것이다. 이러한 시뮬레이션의 결과로 진공 자외선 (147nm)의 효율 또한 네온-제는 가스보다 아르곤을 첨가한 네온-제는-아르곤 삼원가스를 사용할 경우 유리할 것으로 판단 할 수 있다.

그림 4. 는 지금까지의 결과를 검증하기 위한 실험 결과이다. PDP의 발광 휘도 및 효율에 가장 많이 관련된 147nm의 진공 자외선 방전 개시전압, 소거전압 및 발광효율을 측정 하였다. 방전 개시전압은 네온-제는 이원 가스에 비해 아르곤을 첨가함에 따라 혼합비가 0.5%까지는 감소하였고 그 이상의 혼합비에서는 증가 하였으며 방전 소거 전압은 계속 증가하는 경향성을 보였다. 효율의 경우는 시뮬레이션 결과와 동일하게 아르곤 혼합비가 0.5에서 최대값을 나타냈으며 네온-제는 이원가스를 사용 했을 때 보다 아르곤을 첨가한 네온-제는-아르곤 삼원가스를 사용했을 때 효율 면에서 약 30%의 증가를 보였다.

3. 결 론

1. 네온에 대해 제논의 혼합비가 증가하고, 네온-제논에 대해 아르곤의 혼합비율이 증가할수록 평균 자유 행정의 감소로 인한 효과에 의해 전자의 온도는 감소하게 된다
2. 네온 가스에 제논을 첨가하는 경우와 네온-제논 가스에 아르곤을 첨가하는 경우, 두 경우 모두

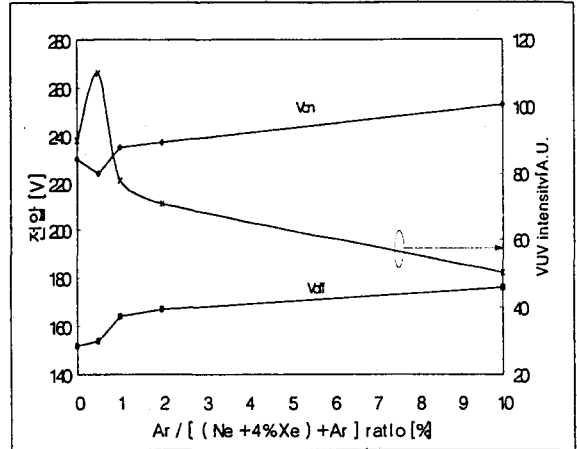


그림 4. 아르곤 혼합비에 따른 방전 전압과 효율 (측정값)

페닝효과에 의해 네온 단원기체의 밀도 보다는 네온-제는 이원기체의 밀도가, 네온-제는 이원기체의 밀도 보다는 아르곤을 포함한 네온-제는-아르곤 삼원기체의 밀도가 높게 나타났다.

3. 시뮬레이션 결과 147nm를 발생하는 제논 제 1 여기 상태인 Xe*의 밀도는 네온-제는 이원기체에 아르곤을 첨가한 삼원기체에서 아르곤이 0.5%일때 최대값을 나타냈다.
4. 실험에서는 진공자외선 147nm의 발광 효율이 네온-제는(4%)에 아르곤을 첨가한 경우, 아르곤 혼합비 0.5%에서 최대를 나타냈다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최경철, 황기웅, "Numerical Analysis of the Microdischarge in a DC Plasma Display Panel by 2-Dimensional Multifluid Equations", IEEE Transactions on plasma science, vol. 23, No.3, pp. 399~404, June 1995.
- [2] Blake E. Cherrington, "Gaseous electronics and gas lasers", Pergamon press, pp. 49~55, 1979.
- [3] Yuri P. Raizer, "Gas discharge physics", Springer-Verlag, p 10, 1991.
- [4] Steven C. Chapra, "Numerical methods for engineers", MacGraw-Hill Company, pp. 596~606, 1996.