

플라즈마 디스플레이 패널용 He+Ne+Xe 혼합가스에서 소량 Xe 함유에 대한 영 차원 수치해석과 방전특성연구

論文
51C-9-7

A Study on the 0-Dimensional Simulation of He+Ne+Xe Gas and the Discharge Characteristics in Plasma Display Panel

鄭海英* · 崔勳永** · 金根秀** · 金成益*** · 宋奉植§ · 朴憲建* · 李哲賢§§

(Hai-Young Jung · Hoon-Young Choi · Gun-Su Kim · Sonic Kim, Bong-Shik Song · Hun-Gun Park · Seok-Hyun Lee)

Abstract - Recently color AC PDP(plasma display panel) technology is rapidly improved. However, the luminous efficiency improvement is a key issue for making plasma display into a large-area flat display. In this paper, we suggest a new concentration of Xe in He-Ne-Xe gas mixture in order to achieve a high luminous efficiency of color AC PDPs. We calculated the densities of 25 species as a function of the time zero dimensional simulation using CVODE solver and we compared the results of zero dimensional simulation with a measurement of photo wave, brightness and luminous efficiency, in order to find the optimum mixing condition of He-Ne-Xe gas in color plasma display panel. We obtained a high discharge speed under Xe mixing ratio of 1% by simulation and confirmed that through measuring photo wave.

Key Words : PDP, Gas Discharge, He+Ne+Xe, Simulation, VUV

1. 서론

플라즈마 디스플레이 패널은 가스 방전을 이용한 표시 소자로서 대형화 경량화 및 평면박형 등이 구현 가능한 장점 때문에 지금까지 가장 널리 이용되고 있는 CRT(Cathode Ray Tube)를 대신할 차세대 디스플레이로 각광 받고 있다. 플라즈마 디스플레이 패널의 방전에 사용되는 가스로는 He, Ne, Ar, Kr, Xe등이 있으며 현재 주로 사용되고 있는 가스 조합에는 Xe를 첨가 가스로 하는 He+Xe, Ne+Xe, He+Ne+Xe등이 있다. 이중 He+Xe, Ne+Xe 두 가지 혼합 가스는 각각의 장단점을 가지고 있으므로 보다 효율적인 방전 특성을 위하여 He+Ne+Xe, He+Ne+Xe+Ar 등의 가스에 대한 연구가 진행되어왔다. 본 연구는 He+Ne+Xe의 3원 가스에 대해 영 차원 수치해석을 이용하여 각 입자 밀도들의 시간에 따른 변화를 계산하였으며 소수 함량의 Xe 혼합비에 따른 He+Ne+Xe 혼합가스의 방전형성 시간과 방전 효율 개선 측면에 대한 연구이다. 영 차원 수치해석 모델은 플라즈마 방전 해석을 위한 Boltzmann 프로그램과 화학 반응 해석 프로그램으로 구성되어 있다. Boltzmann 프로그램은 잘 알려진 ELENDF를 사용하였고, 미분 방정식 형태인 화학 반응식의 해를 계산하는 데는 CVODE를 이용하여 구하였다.[1-6]

2. 수치해석 모델 및 기법

2.1 수치해석 모델

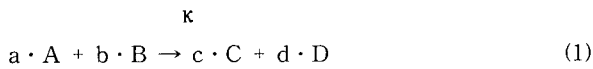
플라즈마 디스플레이 패널은 가스 방전을 이용하는 디스플레이 소자이다. He, Ne, Ar, Kr, Xe 등의 가스에 의해 조합된 혼합 가스는 방전시 이온화 과정 외에도 여러 가지 화학 반응을 동반한다. 영 차원 수치해석의 경우에는 경계 조건이 고려되지 않아 입자 밀도의 공간 변화와 확산이나 드리프트 손실 등을 고려할 수 없지만 1,2차원에서 수행하기 어려운 많은 입자들의 반응을 고려할 수 있고, 빠른 시간 내에 화학종 간의 밀도 변화를 계산함으로써 화학적 메커니즘의 경로를 쉽게 파악할 수 있는 이점이 있다. 본 논문에서는 Boltzmann 프로그램인 ELENDF를 통해 방전 해석에 필요한 전자, 이온, 라디칼의 생성을 등을 구하였고, 화학반응식을 풀기 위해 상미분 방정식의 Jacobian을 이용하여 해를 구하는 stiff-ODE solver중 하나인 CVODE 프로그램 사용하였다.[3,7]

2.2 수치해석 기법

본 연구에선 플라즈마 방전은 방전공간 전역에서 균일하게 일어난다고 가정하였으며 상술한 바와 같이 Boltzmann 프로그램인 ELENDF를 통해 전자, 이온, 라디칼의 생성을 구하였다. 대기온도는 300K, 초기 전자 밀도는 $1/\text{cm}^3$ 로 일정하게 하였고 화학반응식에서 배경가스의 밀도는 다른 생성물에 비해 크므로 일정하다고 가정하였다. 가스 압력과 E/N 값은 일정하게 400Torr 와 210Td로 하였으며 He과 Ne의 비는 7:3으로 고정시키고 Xe의 혼합비를 0.1% ~

* 正會員 : LG 電子 研究員
 ** 正會員 : 仁荷大 電氣工學科 博士課程
 *** 準會員 : 仁荷大 電氣工學科 碩士課程
 § 正會員 : 京都大 工學研究科 博士課程
 §§ 正會員 : 仁荷大 電氣工學科 教授 · 工博
 接受日字 : 2002年 6月 4日
 最終完了 : 2002年 7月 22日

90%까지 변화시켰다. 화학반응에 대해서는 일반적인 화학반응식은 다음과 같다.



여기서 a, b, c, d는 화학반응 차수이며 A, B, C, D는 화학반응에서의 반응물과 생성물을 나타낸다. 식(1)로부터 아래와 같은 식(2) ~ (5)에 해당하는 네 개의 상미분 (Ordinary Differential Equation) 방정식을 얻을 수 있다.

$$\frac{d[A]}{dt} = -a \cdot x [A]^a [B]^b \quad (2)$$

$$\frac{d[B]}{dt} = -b \cdot x [A]^a [B]^b \quad (3)$$

$$\frac{d[C]}{dt} = c \cdot x [A]^a [B]^b \quad (4)$$

$$\frac{d[D]}{dt} = d \cdot x [A]^a [B]^b \quad (5)$$

여기서 [A], [B], [C], [D]는 A, B, C, D에 대한 몰농도를 나타낸 것이다.

식(2), (3)에서 ‘-’ 부호는 반응물의 소멸과정을 의미하며 식(4), (5)는 생성과정을 의미한다. 상미분 방정식을 푸는 대표적인 수치해석기법으로는 Runge-Kutta법이 있으나 화학반응식으로부터 유도된 상미분 방정식은 일반적으로 stiff-ODE로 각 화학종의 생성과 소멸시간이 서로 달라 수치해석시 필요한 시간 간격을 정하는데 어려움이 있고 각 화학종의 밀도차가 심하여 계산된 해는 에러를 많이 내포하고 있다. 본 논문에서는 이러한 이유 때문에 상미분 방정식의 Jacobian을 이용하여 해를 구하는 stiff-ODE solver중의 하나인 CVODE 프로그램을 사용하였다. CVODE는 non-stiff 와 stiff한 상미분 방정식에 적용할 수 있는 solver로 Jacobian행렬을 사용하여 밀도를 계산한다. 본 시뮬레이션에서 적용된 입자는 He, Ne, Xe, 및 전자를 비롯하여 Ne^{*}, Ne₂^{*}, Ne^{**}, Ne₂^{**}, NeXe^{*}, Xe^{*}, Xe₂^{*}, Xe₃^{*}, Xe₂^{**}, Xe^{*}, Xe^{**}, Xe₂^{*}, Xe²⁺¹, Xe²⁺³, He^{*}, He₂^{*}, He^{*}, He^{**}, He₂^{*}, HeNe^{*} 총 25개의 입자이며, 117개의 화학 반응식에 대한 Stiff상미분 방정식의 농도를 시간에 따라 계산하였다. 화학 반응식에 대한 입자는 표 1에 정리하였다.

본 연구에 있어서 영차원 시뮬레이션의 흐름도는 그림1과 같다.

표 1 수치해석에 사용된 원자 및 전자, 이온 입자, 여기입자
Table 1 Atom, electron, ion and excited particles in 0-D simulation

원자 및 전자	He, Ne, Xe, electron
이온 입자	He [*] , He ₂ [*] , HeNe [*] , Ne [*] , Ne ₂ [*] , NeXe [*] , Xe [*] , Xe ₂ [*] , Xe ₃ [*]
여기 입자	He [*] , He ^{**} , He ₂ [*] , Ne [*] , Ne ^{**} , Ne ₂ [*] , Xe ₂ ^{**} , Xe [*] , Xe ^{**} , Xe ₂ [*] , Xe ²⁺¹ , Xe ²⁺³

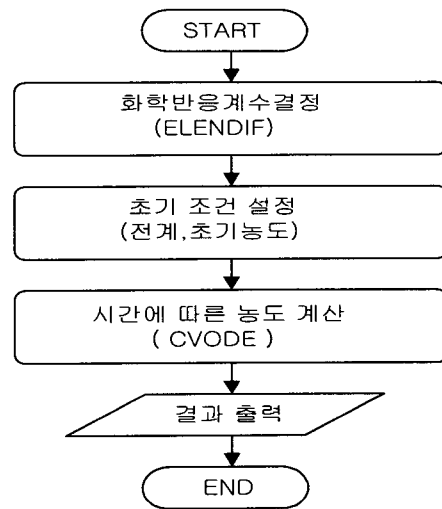


그림 1 영차원 수치해석의 흐름도
Fig. 1 Flow chart of 0-dimensional simulation

3. 수치해석 결과

3.1 Xe 조성비에 따른 방전 특성

플라즈마 디스플레이에 사용되는 혼합가스의 조성은 방전 특성에 매우 큰 영향을 준다는 것은 잘 알려진 사실이다.

본 수치해석에서는 Xe 혼합비율에 대하여 각 하전 입자 밀도의 시간변화를 구하였다. 그림 2는 Xe 혼합비율에 따른 전자밀도의 시간변화를 나타내고 있다. Xe의 혼합비가 증가할수록 전자밀도의 상승시간이 길어짐을 알 수 있는데 이것은 분자 크기가 상대적으로 큰 Xe의 혼합비가 많아질수록 계 내의 평균이동거리가 짧아짐으로 인한 전자의 에너지가 감소했기 때문이다. 그림 2의 결과에 의하면 전자 밀도의 상승시간은 Xe 혼합 비율이 상승할수록 전자 밀도의 상승 및 하강 시간이 큰 영향을 받고 있음을 명확히 보여주고 있다.

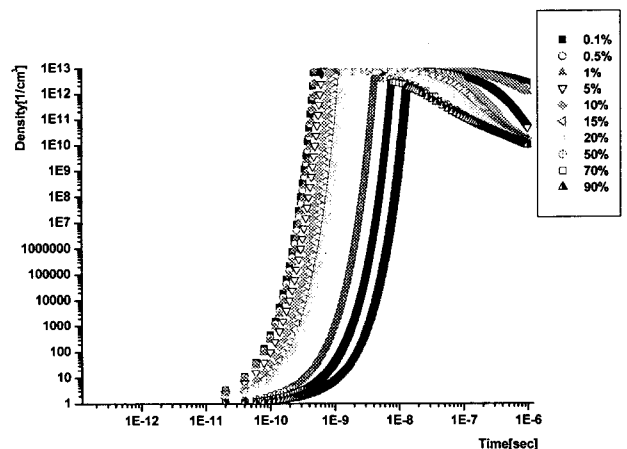


그림 2 전자밀도의 시간변화(Xe: 0.1~90%)
Fig. 2 Electron density as a function of time (Xe:0.1~90%)

PDP는 방전에 의해 여기 된 원자나 dimer가 안정한 상태로 천이 하는 과정에서 발생하는 자외선이 형광체에 흡수되었을 때 나오는 가시광을 이용하는 Photo luminescence 발광 메커니즘을 이용하고 있으며 형광체의 특성상 Xe의 atomic resonance line인 147nm나 dimer로부터 나오는 173nm근방의 연속선을 이용한다. 형광체를 여기 시키는 과정인 진공자외선 147nm와 173nm를 발생시키는데 직접적인 영향을 주는 입자는 Xe^{**} , Xe^* , Xe_2^* 등으로 Xe^{**} 입자는 자외선인 828nm와 823nm를 방출하면서 147nm를 방출시키는 Xe^* 입자를 생성시키고 Xe^* 입자는 연속선인 173nm를 방출하는 Xe_2^* 입자를 생성한다.

Xe^{**} 입자와 Xe^* 입자는 대부분 전자와의 직접적인 충돌에 의해 여기 되어 생성되므로 이들 입자의 시간에 따른 밀도 분포는 그림 3에서 보여지는 Xe^* 입자처럼 전자 밀도 분포와 거의 유사한 분포를 형성하고 있다. 특히 Xe 혼합 비율이 1%이하에선 상대적인 Xe입자가 적기 때문에 Xe^* 의 밀도 역시 상대적으로 적은 밀도 분포를 하고 있으며 1%이상에서 20% 정도의 Xe 혼합 비율에서는 Xe^* 입자의 밀도 분포 형태가 상승 시간의 차이를 보이지만 유사한 밀도 분포를 가지고 형성하고 있다. 그 이상의 과대한 Xe 혼합 비율에 대해서는 Xe^* 의 상승 속도가 상대적으로 느림을 보이고 있다. 결국 방출되는 147nm는 전자 밀도가 최대일 때 가장 효과적으로 방출한다는 것을 알 수 있다. 반면에 전자의 밀도가 감소하면 이로 인해 Xe^* 입자밀도와 더불어 147nm 세기가 감소한다는 것을 알 수 있다.

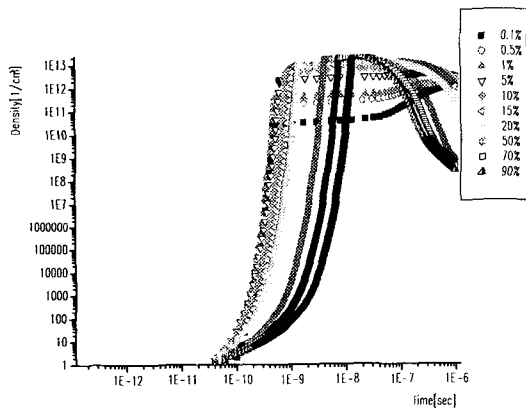


그림 3 Xe^* 밀도의 시간변화(0.1%~90%)
Fig. 3 Xe^* density as a parameter of time(Xe; 0.1~90%)

그림 4에서는 173nm를 방출하는 Xe_2^* 입자가 최고 밀도 값에 도달하는 시간이 Xe^* 입자보다 느린 것을 알 수 있는데 이는 Xe_2^* 입자는 주로 전자의 충돌에 의해 생성된 Xe^* 입자가 3체 충돌과정을 거치면서 형성되기 되기 때문에 상대적으로 천천히 증가하는 것이다. 또한 Xe^* 입자보다 밀도값이 상당히 작은 것을 볼 수 있다.

이상의 결과를 토대로 Xe 혼합비에 따른 방전특성을 분석한 결과 He+Ne+Xe 3원 가스에 대하여 Xe 혼합비는 각 입자밀도의 상승 및 하강 시간에 영향을 주는 중요한 파라미터로 작용하고 있으며 방전 형성 시간인 delay time과도 밀접한 관계가 있을 수 있음을 알 수 있다.

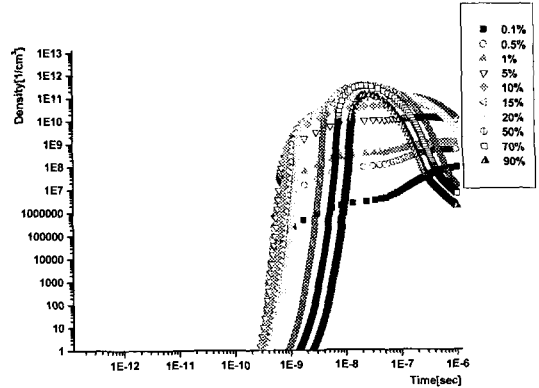


그림 4 Xe_2^* 밀도의 시간변화(0.1%~90%)
Fig. 4 Xe_2^* density as a parameter of tim (Xe; 0.1~90%)

그림 5는 He:Ne(7:3) Xe 4%에 대한 여기 입자밀도의 변화를 그림 6은 이온 및 전자 입자의 밀도를 나타낸 그림이다.

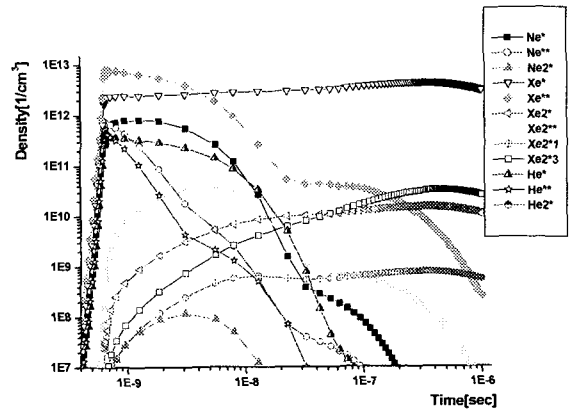


그림 5 He:Ne(7:3) Xe 4% 여기 입자 밀도변화
Fig. 5 Density of excited particle by 0-dimensional analysis

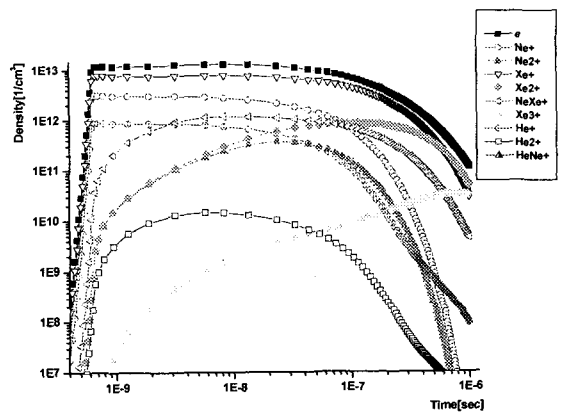


그림 6 He:Ne(7:3) Xe 4% 이온 입자 밀도변화
Fig. 6 Density of ionized particle by 0-dimensional analysis

본 시뮬레이션을 토대로 방전 실험을 수행하여 Xe 혼합 비율에 따른 sustain 구간에서 방전 형성 시간을 광 파형 측정을 통하여 알아보았다.

4. 실험 장치 및 결과

4.1 실험장치 및 방법

앞에서 전술한 수치해석의 결과를 분석해보면 플라즈마 디스플레이 패널에서 Xe의 함유량에 따라 하전 입자밀도의 형성시간이 영향 받음을 알 수 있었다. 특히 Xe의 함유량이 소량인 경우 하전입자의 형성 속도가 다량의 Xe 함유량에 비해 빨리 형성되고 있어 플라즈마 디스플레이 패널의 구동에 있어서 고속구동이 가능함을 알 수 있었다. 따라서 본 실험은 He+Ne+Xe 3원 혼합가스에 대하여 Xe 혼합비율이 1% 이하인 경우에서의 광 파형을 측정하고 또한 휘도와 소비전력을 측정하여 발광효율을 계산하여 1% 이상인 Xe 혼합비율의 경우와 비교하였다.

우선 He : Ne = 7 : 3으로 고정하고 Xe의 혼합비율을 변화 시켰으며 가스 혼합은 소량인 Xe gas를 먼저 챔버에 주입하고, 다음 Ne을 그리고 마지막으로 He을 주입하였다. 이는 소량인 가스를 나중에 주입할 경우 골고루 섞이지 못하는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 패널과 챔버는 rotary pump로 4.0×10^3 torr로 배기 후 turbo molecular pump로 3×10^6 torr 까지 배기 하였다. 실험에 사용된 패널은 전극 폭 $60\mu\text{m}$, 전극간 거리 $320\mu\text{m}$, RGB 형광체가 모두 도포 되어진 7.5인치 완성 패널을 사용하였다. 전류 측정은 멀티미터를 이용하고 BM7을 통해 휘도를 측정하였으며 photo detector를 사용하여 광 파형을 측정하였다. 그림7과 그림8은 실험 장치의 개략도와 PDP구동에 사용된 구동 파형이다.

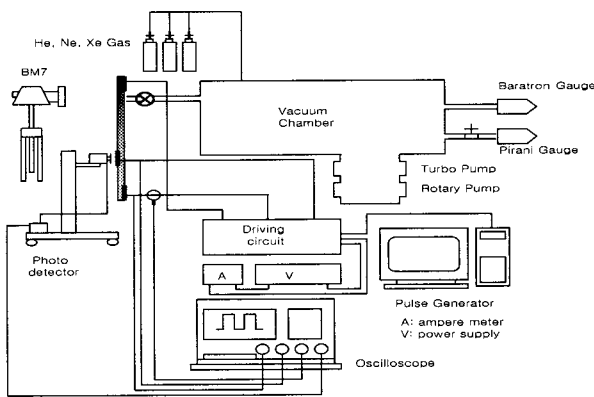


그림 7 실험 장치 구성

Fig. 7 The schematic diagram of measurement system

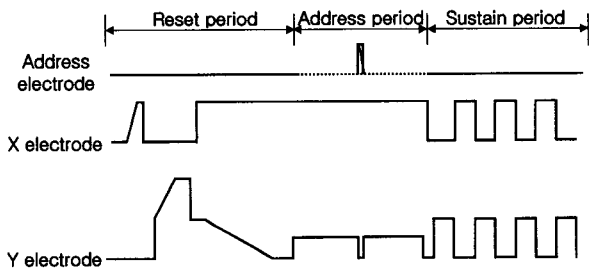


그림 8 구동 파형

Fig. 8 The schematic diagram of waveform for driving

4.2 실험 결과

실험은 먼저 He : Ne = 7 : 3으로 고정하고 혼합 가스의 압력을 400Torr로 한 후 5kHz의 구동 주파수를 갖는 회로를 동작시켜 Xe 혼합 비율이 0.1%, 0.5%, 0.7, 1%, 3%, 4%등에 대한 실험을 수행하였다. 방전개시 전압(firing voltage)과 방전유지 전압 (sustain voltage), 동작마진 (voltage margin) 값에 대해서는 10번 측정한 후 평균값을 취하였으며 방전 효율 계산을 위해 BM7을 통해 휘도를 측정하고 멀티미터를 통해 전류를 측정하였다.

그림 9는 혼합가스의 압력이 400Torr, 전압이 220V이고 구동 주파수가 5kHz 일 때 Xe 혼합비율이 0.1%, 0.5%, 0.7%, 1%, 3%, 4%로 변화에 따른 전압 파형, 전류 파형, 광 파형을 보여 주는 그림으로 Xe 혼합비율이 증가할수록 광 파형이 늦게 형성되었는데 이는 수치해석의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 결국 Xe 혼합비율은 방전 형성 속도에 큰 영향을 주며 특히 Xe 함유량이 1%이하의 소량인 경우 광 파형은 함유량이 1%대인 경우에 비해 대략 $0.5\mu\text{s}$ 정도나 빠른 결과를 얻을 수 있었다.

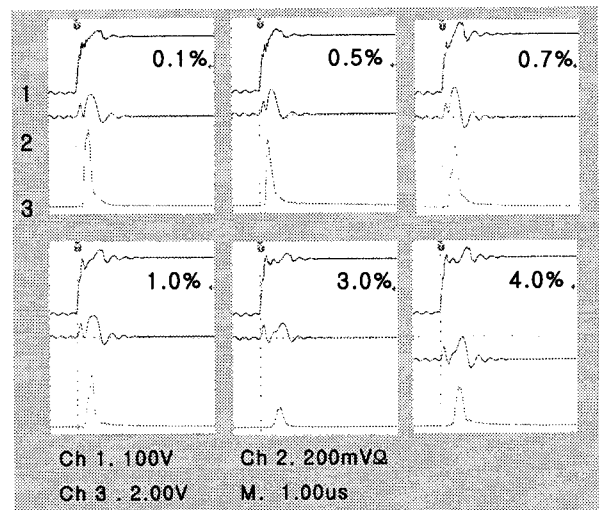


그림 9 Xe 혼합비율에 따른 광 파형 (Vs : 220V, 400Torr)

Fig. 9 Photo wave as a parameter of Xe concentration (Vs : 220V, 400Torr)

그림 10은 Xe 혼합비율을 4%로 고정시키고 압력을 300torr, 400torr, 500torr, 600torr로 증가시킬 때의 광 파형을 보여 주는 그림으로 압력이 증가함에 따라 광 형성이 늦음을 보이는데 이는 Xe 압력이 증가할수록 전자의 평균 자유행정의 감소로 인한 효과로 전자온도가 감소했기 때문으로 사료된다. 또 그림 11은 인가전압에 따른 광 파형을 보여 주는 그림으로 인가전압이 증가함에 따라 광 파형 형성이 빨라짐을 보이고 있는데 이는 전압이 증가함에 따라 전계가 증가하고 전계 세기에 의존하는 전자온도가 높아져 전자의 발생이 증가했기 때문으로 사료된다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 광 파형 형성 시간은 Xe 혼합비율, 혼합가스 압력, 인가전압 등에 의해 영향을 받음을 알 수 있었으며 이중에서 Xe 혼합비율에 의한 경우가 광 파

형 형성 시간에 가장 큰 영향을 줄 수 있었다. 특히 Xe 혼합비율이 1% 이하일 경우에는 광 파형 형성 속도가 매우 빨랐다.

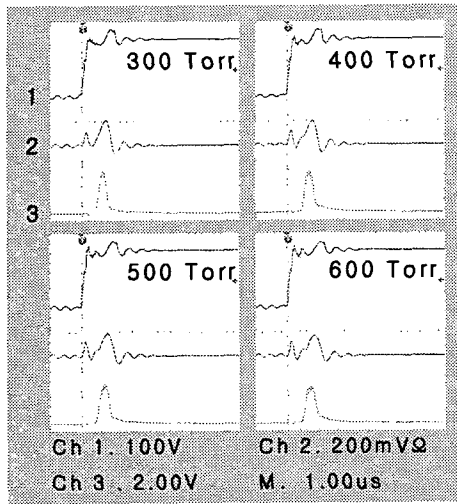


그림 10 압력에 따른 광 파형 (Vs : 220V, Xe : 4%)
 Fig. 10 Photo wave as a parameter of Pressure (Vs : 220V, Xe : 4%)

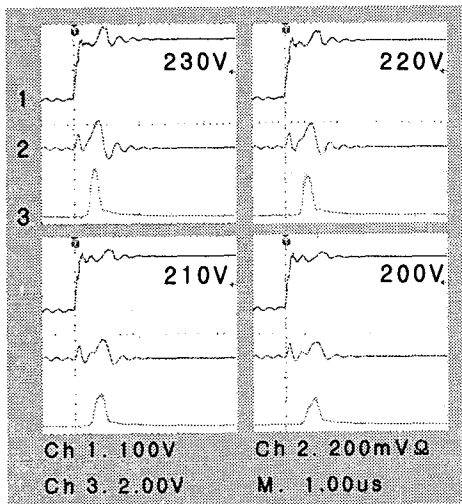


그림 11 전압에 따른 광 파형 (Xe : 4%, 400Torr)
 Fig. 11 Photo wave as a parameter of Voltage (Xe : 4%, 400Torr)

한편 각 혼합가스에 대해 전압 특성, 휘도, 효율 등을 측정한 결과를 살펴보면 그림 12에 나타난 바와 같이 Xe 혼합비율에 대한 전압 특성은 1%이하인 0.1%~0.9%경우가 혼합비율이 점점 증가한 1%나 4%에 비해 방전 개시 전압과 방전 유지 전압이 낮음을 보이고 있으며 휘도 특성에 있어서도 그림 13과 같이 0.1%의 경우에는 매우 높은 휘도 특성을 보이고 있다. 그림 14는 발광효율을 나타내고 있으며 Xe 혼합비율이 1%로 이하인 경우가 1%나 4%에 비해 효율이 좋을 수 있다. 특히 0.1%에서 매우 좋은 휘도 및 효율특성을 보이고 있다.

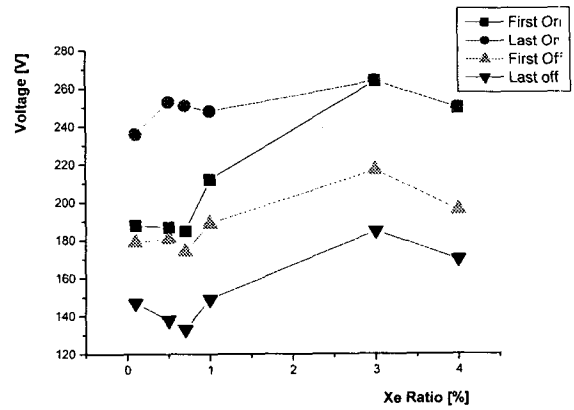


그림 12 Xe 혼합비율에 따른 전압특성 (400 Torr)
 Fig. 12 Voltage characteristics as a Xe concentration (400Torr)

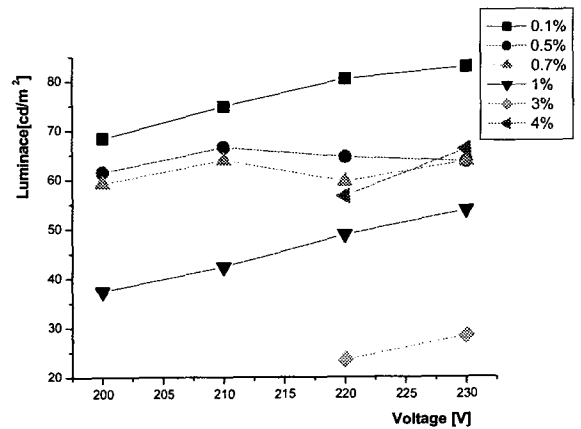


그림 13 Xe 혼합비율에 따른 휘도 특성
 Fig. 13 The brightness as a Xe concentration (400 Torr)

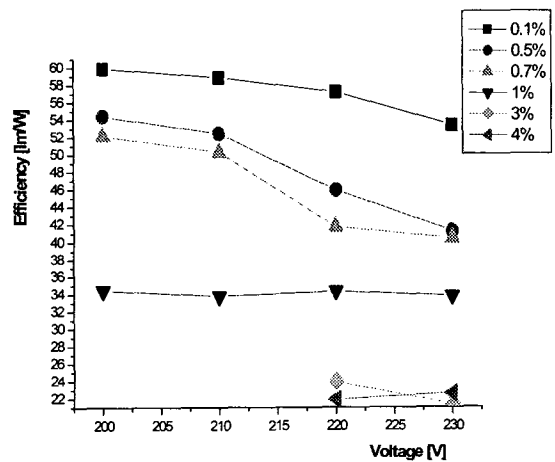


그림 14 Xe 혼합비율에 따른 효율 특성 (400 Torr)
 Fig. 14 The luminance efficiency as a Xe concentration (400Torr)

5. 결 론

본 논문에서는 플라즈마 디스플레이 패널(PDP)을 실용화하기 위해 해결해야 할 낮은 발광 휘도와 발광 효율 특성을 개선하고 고속 구동에 적합한 PDP셀을 구현하기 위한 플라즈마 디스플레이용 혼합가스의 최적화에 관한 것이다.

실험에 앞서서 플라즈마 디스플레이 패널용 He+Ne+Xe gas에 대해 영 차원 수치해석을 수행하여 시간에 따른 각 입자 밀도의 변화를 영 차원 수치해석으로 구하였고 플라즈마 디스플레이의 다양한 가스 조건에서의 전압 특성과 휘도 및 효율 특성을 실험적으로 조사하였다.

영 차원 수치해석 모델로는 Boltzmann 프로그램인 ELENDF를 사용하여 화학반응 계수를 구하였고, 화학반응식을 풀기 위해 상미분 방정식의 Jacobian을 이용하여 해를 구하는 stiff-ODE solver중 하나인 CVODE 프로그램을 사용하였다. 수치 해석 결과로는 가스 압력과 E/N 값은 일정하게 400Torr 와 210Td로 하고 He과 Ne의 비는 7:3으로 고정시켜 Xe의 혼합비를 0.1% ~ 90%까지 변화시킨 결과 Xe의 혼합비가 증가할수록 플라즈마를 생성하는 가장 중요한 입자인 전자밀도가 감소하게 되며 전자밀도의 상승시간 역시 느림을 알 수 있었다.

이로 인해 RGB용 형광체를 여기 시키는데 효율적인 147nm와 173 nm의 주 발생입자인 Xe*와 Xe2*의 밀도 역시 비슷한 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 Xe 혼합비율이 0.1%, 0.5%, 0.7, 1%, 3%, 4%로 변함에 따른 전압 파형, 전류 파형, 광 파형을 측정하였다.

실험 결과 Xe 혼합비율이 증가할수록 광 파형이 늦게 형성되었는데 특히 Xe 함유량이 1%이하의 소량인 경우 광 파형은 함유량이 1%대인 경우에 비해 대략 0.5μs 정도 빠름을 보였다. 또한 Xe 혼합비율을 4%로 고정시키고 압력을 300torr, 400torr, 500torr, 600torr로 변함에 따른 광 파형을 측정하고 인가전압에 따른 광 파형을 측정하였는데 압력이 높을수록, 전압이 감소할수록 광 파형 형성이 느려지는 결과를 얻었다. 또한 Xe 혼합비율이 1%이하인 경우 휘도와 발광 효율의 증대를 가져왔는데 특히 0.1%의 경우에서 가장 좋은 효율을 얻었다. 결국 플라즈마 디스플레이 패널용 He+Ne+Xe 혼합가스에 대해서 Xe 혼합비율이 1%이하의 소량 함유된 실험을 진행한 결과 방전형성 속도가 빨라 고속 구동에 유리하며 효율 또한 좋은 특성 결과를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 정보통신부의 지원에 의한 ITM 2000 사업에 의하여 이루어진 연구로서, 관계 부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] 민병국, "고효율 PDP용 4원 Gas와 수치해석을 통한 방전기구의 해석에 관한 연구", 인하대학교 대학원 석사학위 논문, 2000
 [2] 서정현, "교류형 플라즈마 표시기에서의 He-Ne-Xe 혼

합가스의 방전 특성 연구", 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 2000

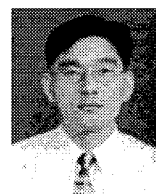
[3] 송봉식, "수치해석을 이요한 질소와 공기 중에서의 기체방전특성에 관한 연구", 인하대학교 대학원 석사학위 논문, 2001
 [4] 김근수, "교류형 플라즈마 디스플레이의 명암비 개선을 위한 새로운 리셋 파형", 인하대학교 대학원 석사학위 논문, 2002
 [5] M.Noborio, et al, "(He,Ne)-Xe Gas Mixture for High-Luminance Color ac PDP ", SID'94 Digest, pp.727~730
 [6] H. Sasaki, et al, "Discharge characteristics of Ne-Xe-Kr gas in Plasma displays", EID91. pp.63~66, 1991
 [7] Sanborn C. Brown, Basic Data of Plasma Physics - The Fundamental Data on Electrical Discharges in Gases, AIP Press, 1994

저 자 소 개



정 해 영 (鄭海英)

1970년 12월 17일생. 1999년 인하대 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 대학원 졸업(석사), 2001~현재 LG전자 PDP사업부 연구원
 Tel : 054-460-7329, Fax : 054-460-7323
 E-mail : hai02@lge.com



최 훈 영 (崔勳永)

1970년 3월 10일생. 1996년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999~ 동 대학원 박사과정
 Tel : 032-860-7402, Fax : 032-863-5822
 E-mail : g1991156@inhavision.inha.ac.kr



김 근 수 (金根秀)

1976년 3월 16일생. 2000년 인하대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002~동 대학원 박사과정
 Tel : 032-860-7402, Fax : 032-863-5822
 E-mail : kgs13152@hotmail.com



김 성 익 (金 成 益)

1971년 9월 28일생. 2000년 인하대 전기공학과 졸업. 2001년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 032-860-7402, Fax : 032-863-5822

E-mail : kimsonic@hanmail.net



송 봉 식 (宋 奉 植)

1972년 10월 10일생. 1998년 인하대 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001~교토 대학원 박사 과정

Tel : +81-75-753-5298

Fax : +81-75-751-1576

E-mail : songwiz@dreamwiz.com



박 헌 건 (朴 憲 建)

1966년 4월 21일생. 1992년 인하대 응용물리학과 졸업. 1992~1996년 LG전자 영상 Display 연구소 연구원 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~현재 LG전자 PDP사업부 선임 연구원

Tel : 054-460-7304

Fax : 054-460-7323

E-mail : inhapark@lge.com



이 석 현 (李 哲 賢)

1963년 2월 3일생. 1985년 서울대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1993년-1995년 현대전자 반도체 연구소 선임 연구원. 1995- 현재 인하대 전자 전기 공학부 부교수.

Tel : 032-860-7392

Fax : 032-863-5822

E-mail : plasma@inha.ac.kr