

AC PDP에서 2차원 수치해석을 이용한 Ramp Reset 구동파형에 따른 방전 특성 분석

論 文
53C-12-4

The Discharge Characteristic Analysis of a Ramp Reset Waveform Using a 2-Dimensional Numerical Simulation in AC PDP

朴 爽 裁[†] · 崔 勳 永^{*} · 徐 正 炫^{**} · 李 哲 賢^{***}
 (Suk-Jae Park · Hoon-Young Choi · Jeong-Hyun Seo · Seok-Hyun Lee)

Abstract - The discharge characteristics of a ramp reset waveform in the alternating current plasma display panel(ac PDP) were studied using a 2-dimensional numerical simulation. We analyzed the wall charge variation during the reset discharge, address discharge and sustain discharge adopting a ramp reset waveform. Then we investigated the principal parameters for a successful discharge. In this paper, we suggest a new parameter, priming particles' density and its effects on the stability of the ramp discharge. The maximum current flows of the three electrodes during the ramp reset period were decreased with the increase in the priming particles's density which was explained with the wall charge characteristics and the current flow characteristics obtained by a 2-D simulation.

Key Words : PDP, 수치해석, Priming, Ramp, Reset,

1. 서 론

AC PDP(Plasma Display Panel)는 가스 방전에 의해 발생된 자외선이 형광체를 여기 시켜 발생하는 가시광을 이용하는 발광 표시기로서 LCD, 유기 EL과 함께 차세대 디스플레이로서 주목받고 있다. LCD와 유기 EL은 소형 디스플레이 시장을 PDP는 대화면의 평판 디스플레이 시장을 선점하고 시장을 나누어가질 것으로 예상되었다. 그러나, LCD의 대형화 추세로 인하여 현재 50인치급의 LCD 시제품이 생산되어 40인치급을 중심으로 한 LCD와 PDP의 경쟁이 가속화 될 것으로 본다. 이 시점에서 PDP의 경쟁력 확보를 위해서는 현재보다 더 우수한 고해상도와 고화질의 디스플레이 개발이 필수적이 되었다. PDP의 화질을 결정하는 중요한 요소로 명암비를 들 수 있고, 이는 PDP의 구동파형에 밀접하게 관련되어있다.

PDP의 구동파형은 reset 구간, address 구간, sustain 구간, erase 구간으로 나누어져있다. 그 중에서 reset 구간은 PDP의 명암비에 큰 영향을 주는 구간으로 전 subfield에서의 sustain 방전 유무에 따라 벽전하의 분포가 서로 다르기 때문에 발생하는 문제를 없애기 위해 초기화시키는 구간이다. 또한 이 구간은 address 구간의 방전 특성과 동작 마진을 결정하는 중요한 요소의 하나로 방전의 신뢰도에 큰 영향을 주는 요소이다. Reset 구간에는 여러

가지 파형들이 제안되었으나, 현재는 ramp reset 구동파형을 사용하여 보다 안정적인 벽전하를 형성하도록 하고 있다. 따라서, ramp reset 구동파형에 대한 이해는 PDP를 이해하는 데에 많은 부분을 차지하고 있다고 볼 수 있다. [1][2]

기존의 논문에서는 ramp reset 구동 파형에서 전 구간에 대한 방전 전류와 구간 종료 후의 벽전하의 분포를 검토하여 ramp reset 구동 파형의 방전 특성을 분석하였다. 또한 방전의 신뢰도에 큰 영향을 주는 ramp reset 방전의 안정성이 ramp의 기울기에 큰 영향을 받음을 확인하였다. [3][4] 그러나, 본 논문에서는 2차원 PDP 수치해석 프로그램 사용하여 ramp reset 구동 파형의 각 구간별로 X전극, Y전극, A전극의 벽전하 분포와 방전전류를 상세히 검토하여 ramp reset 구동파형의 각 구간에서 동작 특성과 방전 특성 등을 분석하였다. 특히 ramp reset 구동파형의 각 구간에서 셀 내부의 벽전하에 의한 전위차로 인하여 각 전극에 인가되어야 하는 전압을 이론적으로 규명하였다.

또한 priming 입자의 밀도를 임의로 조정하여 방전의 신뢰도에 큰 영향을 주는 ramp reset 방전의 안정성이 ramp의 기울기에만 의존하는 것이 아니라 priming 입자의 밀도에도 의존한다는 새로운 결과를 확인하였다.

2. 본 론

2.1 수치해석 모델 2.1.1 물리적인 모델

PDP의 물리적인 모델에 사용되는 거시적인 유체 방정식

* 교신저자, 學生會員 : 仁荷大 工大 電氣工學科 碩士
 E-mail : sigol4@naver.com
^{*} 正 會 員 : 仁荷大 工大 電氣工學科 工博
^{**} 正 會 員 : 仁川大 工大 電子工學科 助教授 · 工博
^{***} 正 會 員 : 仁荷大 工大 電氣工學科 助教授 · 工博
 接受日字 : 2004年 7月 1日
 最終完了 : 2004年 11月 23日

으로는 연속 방정식, 운동량 보존식, 에너지 보존식이 있다. 이러한 유체식을 이용해서 플라즈마를 수치해석하게 되는데, 적절한 가정과 그에 따른 지배 방정식에 의해서 LFA(Local Field Approximation) 모델과 온도 유체(Temperature Fluid) 모델로 분류된다. LFA 모델은 계산시간이 비교적 빠르고, 거시적인 입자의 밀도를 파악하는 데에 효과적이고, 온도 유체 모델은 더 많은 계산시간을 필요로 하지만 LFA 모델에 비해 상대적으로 정확한 해를 얻을 수 있다. PDP 수치해석에서는 계산량이 많아 계산시간이 비교적 빠르고 허가 정확한 LFA 모델을 많이 사용한다. 본 논문에서 사용된 수치해석 프로그램은 PDP 방전 해석에 가장 많이 쓰이는 방법인 LFA(Local Field Approximation) 모델을 사용하였다.

LFA 모델은 운동량 보존식과 에너지 보존식을 풀지 않고 해를 구한다. 각 격자점에서 전장이 구해지면, 볼츠만 식을 풀어 전자의 속도와 반응계수들을 구하고 이를 사용하여 하전입자의 연속방정식을 풀게 된다. 볼츠만 식은 전자의 분포를 맥스웰 분포로 가정하고 외부에서 인가된 힘에 의해 변화하는 입자의 에너지 분포를 계산하는 방정식으로서, 이를 계산하여 전자의 에너지와 반응계수를 구할 수 있다.

따라서, 수치해석에 사용되는 방정식은 (1)(2)(3)(4)의 전자와 이온에 관한 연속방정식과 전장을 구하기 위해 필요한 (5)의 포아송 방정식이 필요하다. 연속방정식과 포아송 방정식을 함께 풀어서 해를 얻는 것이다.[5][6]

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \nabla \cdot (n_e \bar{v}_e) = S_e \tag{1}$$

$$n_e \bar{v}_e = n_e \mu_e \nabla V - D_e \nabla n_e \tag{2}$$

$$\frac{\partial n_p}{\partial t} + \nabla \cdot (n_p \bar{v}_p) = S_p \tag{3}$$

$$n_p \bar{v}_p = n_p \mu_p \nabla V - D_p \nabla n_p \tag{4}$$

여기에서 n 은 하전입자의 밀도, \bar{V} 는 하전입자의 속도, S 는 하전입자의 생성항 및 소멸항을 나타낸다. 그리고, μ 는 이동도를 D 는 확산계수를 나타낸다. 첨자 e, p 는 전자와 이온들을 나타내고 있다.

$$\nabla \cdot [\epsilon \nabla V] = -e[n_p - n_e] \tag{5}$$

여기서 ϵ 은 유전율을 나타낸다.

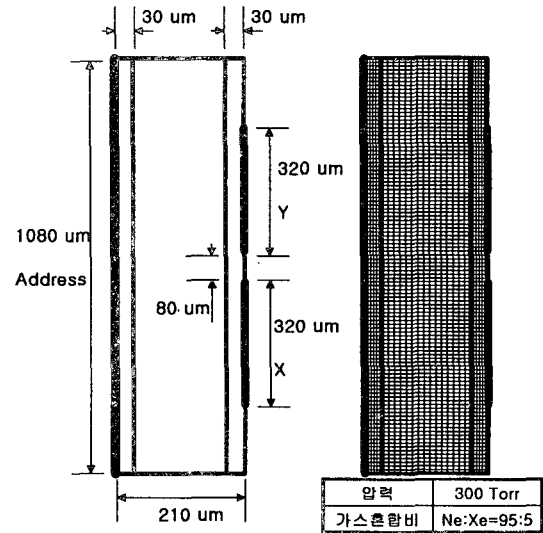
2.1.2 수치해석 방법

그림 1은 수치해석 프로그램에 사용된 모델을 보여주고 있다. 2차원 PDP를 모델로 하였으며 직사각형 형태의 모델에 유용한 정렬격자망을 사용하였다.

연속방정식은 유체의 이동을 해석하는 유체법을 이용하였다. 그리고, 하전입자의 연속방정식의 해는 계산이 용이하고 속도가 비교적 빠른 SG(Schafetter-Gummel) 기법과 ADI(Alternating Direction Implicit) 기법을 사용하여 구하였다. [7][8][9][10]

수치해석 프로그램에 사용된 가스 반응식은 표 1에서 보여주고 있다.[3] 그리고, 2차 전자 방출계수는 MgO막이 도

포된 상판에서는 Ne이 0.5, Xe이 0.05를 사용하였고, 형광체가 도포된 하판에서는 Ne이 0.167, Xe이 0.0167을 사용하였다. 수치해석에 사용된 조건은 가스 압력은 300Torr, 가스 혼합비는 95%의 Ne과 5%의 Xe을 사용하였다.



(a)수치해석 모델 (b)사용된 정렬격자망

그림 1. AC PDP의 2차원 수치해석 모델
Fig. 1. 2-D numerical simulation model in AC PDP

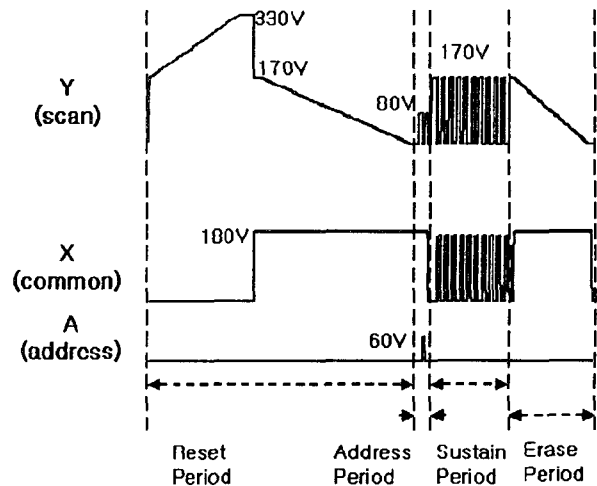


그림 2. 수치해석에 적용한 ramp reset 구동파형
Fig. 2. Applied Ramp reset waveform

2.2 Ramp Reset 구동파형 동작원리

수치해석 프로그램에 사용된 Ramp Reset 구동파형은 그림 2와 같다. 330V의 reset 전압과 60V의 address 전압을 사용했으며, sustain 전압으로는 170V의 전압을 X전극과 Y전극에 교번으로 인가하였다.

Ramp reset 구동파형에서 reset 구간에서는 address 구

표 1. 가스 반응식 테이블

Table 1. Gaseous reaction

Process	Rate coefficient	Ref.	Process	Rate coefficient	Ref.
Direct ionization			Electron-ion recombination		
$e+Xe \rightarrow Xe^+ + 2e$	Boltzmann Eq.		$Ne_2^+ + e \rightarrow Ne^* + Ne$	$3.7 \times 10^{-8} Te^{-0.43} cm^3 s^{-1}$	[12]
$e+Ne \rightarrow Ne^+ + 2e$	Boltzmann Eq.		$Xe_2^+ + e \rightarrow Xe^{**} + Xe$	$2.7 \times 10^{-7} Te^{-0.5} cm^3 s^{-1}$	[13]
Stepwise ionization			$NeXe^+ + e \rightarrow Xe^{**} + Ne$	$8 \times 10^{-8} Te^{-0.5} cm^3 s^{-1}$	[12]
$e+Xe^*(^3P_2) \rightarrow Xe^+ + 2e$	Boltzmann Eq.		Charge exchange		
$e+Xe^*(^3P_1) \rightarrow Xe^+ + 2e$	Boltzmann Eq.		$Ne_2^+ + Xe + Ne \rightarrow Xe^+ + 3Ne$	$4.0 \times 10^{-30} cm^6 s^{-1}$	[12]
$e+Xe^{**} \rightarrow Xe^+ + 2e$	Boltzmann Eq.		$NeXe^+ + Xe \rightarrow Xe_2^+ + Ne$	$5.0 \times 10^{-12} cm^3 s^{-1}$	[12]
$e+Ne^*(^3P_0-^3P_2) \rightarrow Ne^+ + 2e$	Boltzmann Eq.		$NeXe^+ + Xe \rightarrow Xe^+ + Ne + Xe$	$5.0 \times 10^{-10} cm^3 s^{-1}$	[12]
Penning ionization			Neutral kinetics		
$Ne^+ + Xe \rightarrow Ne + Xe^+ + e$	$7.5 \times 10^{-11} cm^3 s^{-1}$	[12]	$Xe^{**} + Ne \rightarrow Xe^*(^3P_2, ^3P_1) + Ne$	$2.0 \times 10^{-12} cm^3 s^{-1}$	[16]
$Ne^+ + Xe \rightarrow NeXe^+ + e$	$2.3 \times 10^{-11} cm^3 s^{-1}$	[12]	$Xe^{**} + Xe \rightarrow Xe^*(^3P_2, ^3P_1) + Xe$	$1.0 \times 10^{-10} cm^3 s^{-1}$	[16]
Excitation			$Xe^*(^3P_1) + Ne \rightarrow Xe^*(^3P_2) + Ne$	$3.11 \times 10^{-14} cm^3 s^{-1}$	[14]
$e+Xe \rightarrow Xe^*(^3P_2) + e$	Boltzmann Eq.		$Xe^*(^3P_2) + Ne \rightarrow Xe^*(^3P_1) + Ne$	$1.62 \times 10^{-16} cm^6 s^{-1}$	[14]
$e+Xe \rightarrow Xe^*(^3P_1) + e$	Boltzmann Eq.		$Xe^*(^3P_1) + Xe \rightarrow Xe^*(^3P_2) + Xe$	$2.18 \times 10^{-14} cm^3 s^{-1}$	[15]
$e+Xe \rightarrow Xe^{**} + e$	Boltzmann Eq.		$Xe^*(^3P_2) + Xe \rightarrow Xe^*(^3P_1) + Xe$	$1.26 \times 10^{-16} cm^6 s^{-1}$	[15]
$e+Xe \rightarrow Xe^{***} + e$	Boltzmann Eq.		$Xe^*(^3P_1) + 2Xe \rightarrow Xe_2^*(O_u^+) + Xe$	$1.55 \times 10^{-31} cm^6 s^{-1}$	[14]
$e+Ne \rightarrow Ne^*(^3P_0-^3P_2) + e$	Boltzmann Eq.		$Xe^*(^3P_2) + 2Xe \rightarrow Xe_2^*(^3\Sigma_u^+) + Xe$	$8.53 \times 10^{-32} cm^6 s^{-1}$	[14]
Dimer ions formation			$Xe^*(^3P_1) + Xe + Ne \rightarrow Xe_2^*(O_u^+) + Xe$	$4.07 \times 10^{-32} cm^6 s^{-1}$	[14]
$Ne^+ + 2Ne \rightarrow Ne_2^+ + Ne$	$4.4 \times 10^{-32} cm^6 s^{-1}$	[12]	$Xe^*(^3P_2) + Xe + Ne \rightarrow Xe_2^*(^3\Sigma_u^+) + Xe$	$1.35 \times 10^{-32} cm^6 s^{-1}$	[14]
$Ne^+ + Xe + Ne \rightarrow NeXe^+ + Ne$	$1.0 \times 10^{-31} cm^6 s^{-1}$	[12]	$Xe_2^*(O_u^+) + Xe \rightarrow Xe_2^*(^1\Sigma_u^+) + Xe$	$2.6 \times 10^{-10} cm^3 s^{-1}$	[18]
$Xe^+ + 2Ne \rightarrow NeXe^+ + Ne$	$1.0 \times 10^{-31} cm^6 s^{-1}$	[12]	Spontaneous emission		
$Xe^+ + 2Xe \rightarrow Xe_2^+ + Xe$	$2.5 \times 10^{-31} cm^6 s^{-1}$	[12]	$Xe^{**} \rightarrow Xe^*(^3P_2, ^3P_1) + h\nu$	$3 \times 10^7 s^{-1}$	[17]
$Xe^+ + Xe + Ne \rightarrow Xe_2^+ + Ne$	$1.5 \times 10^{-31} cm^6 s^{-1}$	[12]	$Xe^*(^3P_1) \rightarrow Xe + h\nu (147 \text{ nm})$	$2.7 \times 10^6 s^{-1}$	[14]
			$Xe_2^*(^1\Sigma_u^+) \rightarrow 2Xe + h\nu (173 \text{ nm})$	$5 \times 10^8 s^{-1}$	[19]
			$Xe_2^*(^3\Sigma_u^+) \rightarrow 2Xe + h\nu (173 \text{ nm})$	$1.66 \times 10^8 s^{-1}$	[14]
			$Xe_2^*(O_u^+) \rightarrow 2Xe + h\nu (150 \text{ nm})$	$9 \times 10^6 s^{-1}$	[20]

간에 셀 ON, OFF에 필요한 벽전하를 형성한다. 그리고, address 구간 이후에는 address 구간에서 ON, OFF 여부에 따라 sustain 구간에 유지 방전이 결정되도록 벽전하가 형성된다. 그리고, erase 구간에서는 벽전하를 소거한다.

각각의 구간에 대해서 방전 전류로 다시 설명하면, 그림 3은 reset 구간 중 ramp 상승구간의 약방전의 모습을 보여주고 있다. 이전 방전이 없는 경우로 reset 구간 중 ramp 상승 초기에는 Y전극과 A전극 사이의 약방전이 많이 발생한다. 그리고, ramp 상승 후반으로 갈수록 X전극도 방전에 참여한다. 만약, 이전 방전이 있었다면 A전극에 이온이 쌓여있을 것이므로 Y전극과 A전극 사이의 방전은 미약하게 나타나고, Y전극과 X전극 사이의 약방전이 많이 발생할 것이다. Ramp 상승 구간이 끝난 후의 벽전하 분포는 그림 4(a)와 같이 X전극에는 약간의 양의 벽전하가 쌓여있고, Y전극에는 음의 벽전하가 많이 쌓여있게 되고, 그림 4(b)와 같이 A전극에는 양의 벽전하가 많이 쌓여있게 된다.

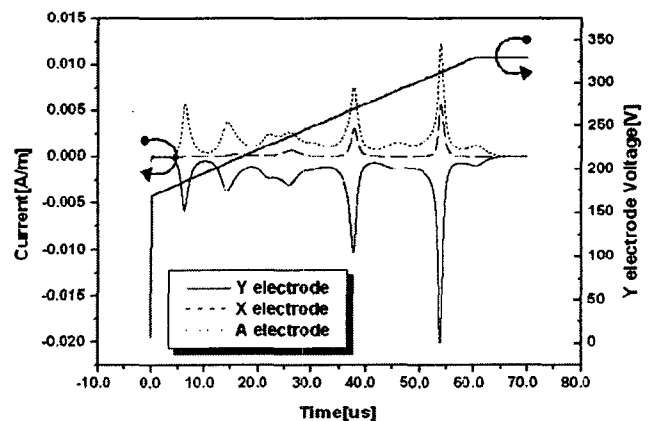
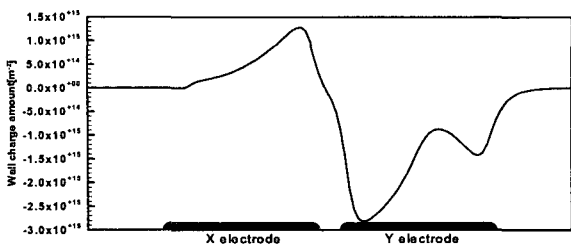
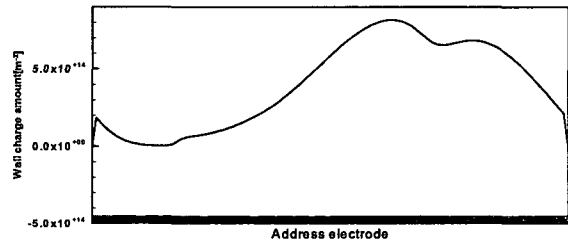


그림 3. Reset 구간 중 ramp 상승구간의 전류 파형과 Y전극에 인가되는 전압

Fig. 3. Current waveform and applied Voltage Waveform on Y electrode during ramp rising period



(a) X전극과 Y전극 위에 쌓인 벽전하 분포



(b) Address전극 위에 쌓인 벽전하 분포

그림 4. Ramp 상승 구간이 끝난 후의 벽전하 분포

Fig. 4 Wall charge distribution after ramp rising

그림 5는 reset 구간 중 ramp 하강 구간의 약방전의 모습을 보여주고 있다. Reset구간 중 ramp 상승 구간은 벽전하를 각각의 전극에 쌓아주는데 목적이 있다. 그러나, reset 구간 중 ramp 하강 구간은 셀간의 편차를 해소하여 모든 셀에서 address 방전이 잘 일어나도록 하는데 목적이 있다. Reset 구간 중 ramp 하강 초기에는 주로 X전극과 Y전극 사이의 약방전으로 X전극에는 양의 벽전하가 쌓여있는 상태에서 약간의 음의 벽전하가 쌓이게 되고, Y전극에는 약간의 음의 벽전하가 소거된다. 그리고, ramp 하강 후반으로 갈수록 A전극도 방전에 참여하여 A전극에는 약간의 양의 벽전하가 소거된다. Ramp 하강 구간이 끝난 후의 벽전하 분포는 그림 6(a)와 같이 X전극에는 음의 벽전하가 쌓여있고, Y전극에는 X전극보다 많은 음의 벽전하가 쌓여있게 되고, 그림 6(b)와 같이 A전극에는 충분한 양의 벽전하가 쌓여있게 된다. L. weber 의 논문에서 말한 것처럼 이상적인 ramp 방전 후에는 항상 V_f (방전개시전압)의 전압이 Cell 내부에 인가되므로 외부에서 인가된 X전압과 내부의 벽전하 차이 ΔQ 는 V_f 가 되도록 설정된다. [11] 물론 A전극과 Y전극 간에도 마찬가지로이다. 즉, 서로 다른 방전전압을 갖는 셀들이라도 ramp reset이 끝나고 나면 ΔQ 의 양에 따라서 셀간의 방전전압의 차이가 개선된다. X전압이 180V이므로 X전극과 Y전극의 V_f 를 감안하면, ΔQ 에 의한 전압은 20V정도 된다. 따라서, susatin 전압이 180V이하일 경우에는 어드레스 없이는 X전극과 Y전극 간에는 방전이 일어나지 않는다. 그러나, 그 이상에서는 방전이 발생할 수 있으므로 susatin 전압은 ramp 하강 구간에서 설정되어있는 X전압보다는 낮게 설정되어야 한다.

그림 7은 address 구간에서 address 펄스가 인가되어 ON 되었을 때의 방전 전류를 보여주고 있다. Address구간에서 X전극의 전압이 180V, Y전극의 전압이 80V인 상태에서 60V의 address 펄스가 인가되고 Y전극의 전압이 0V가 되면 A전극과 Y전극이 방전을 일으키기 시작한다. 따라서, A전극에는 양의 벽전하가 약간 소거되고, Y전극에는 양의 벽

전하가 쌓이게 된다. 이로 인하여 다시 Y전극과 X전극 사이에 방전이 발생한다. 그래서, address 구간 이후에는 Y전극에는 양의 벽전하가 쌓이게 되고 X전극에는 음의 벽전하가 쌓이게 된다. Address 구간이 끝난 후의 벽전하 분포는 그림 8(a)와 같이 X전극에는 음의 벽전하가 쌓여있고, Y전극에는 양의 벽전하가 쌓여있게 되고, 그림 8(b)와 같이 A전극에는 그림 4(b)에 비해 줄어들긴 했으나, 여전히 양의 벽전하가 존재한다. 그림 7에서 주의깊게 살펴볼 것은 어드레스 방전이 발생할 때 A전극과 Y전극 간에 방전이 먼저 발생하고 나중에 X전극과 Y전극 간에 방전이 유발된다는 것이다. 따라서, 어드레스 방전이 빨리 발생하는 데는 A전극과 Y전극 간의 방전이 매우 중요하게 작용하고, X전극은 보조적인 역할을 수행한다.

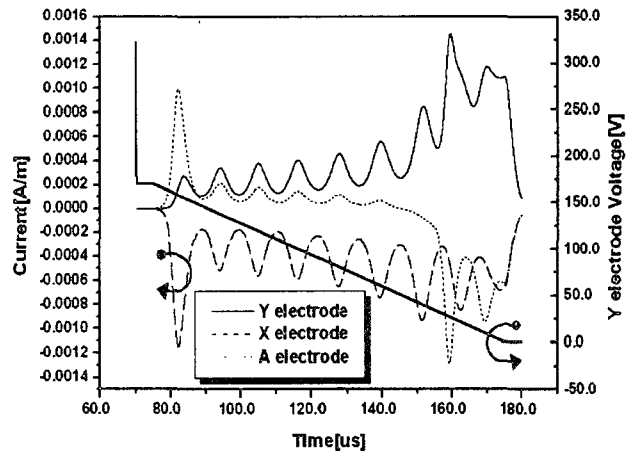
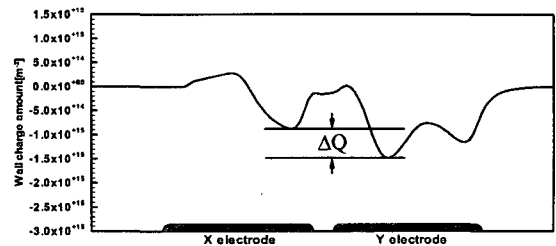
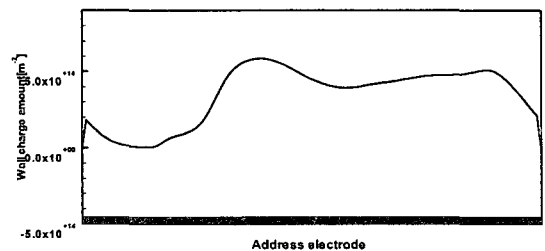


그림 5. Reset 구간 중 ramp 하강구간의 전류 파형과 Y전극에 인가되는 전압

Fig 5. Current waveform and applied Voltage Waveform on Y electrode during ramp falling period



(a) X전극과 Y전극 위에 쌓인 벽전하 분포



(b) Address전극 위에 쌓인 벽전하 분포

그림 6. Ramp 하강 구간이 끝난 후의 벽전하 분포

Fig. 6. Wall charge distribution after ramp falling

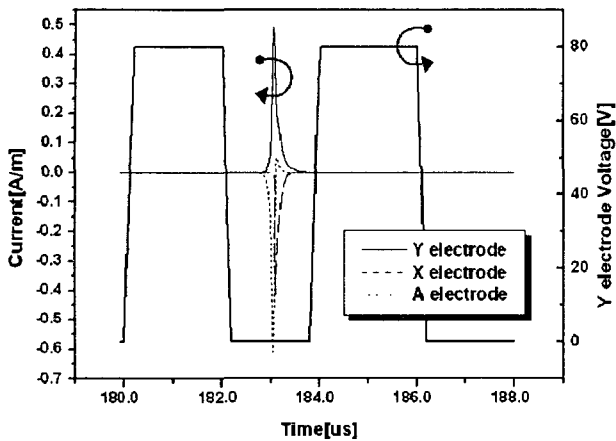
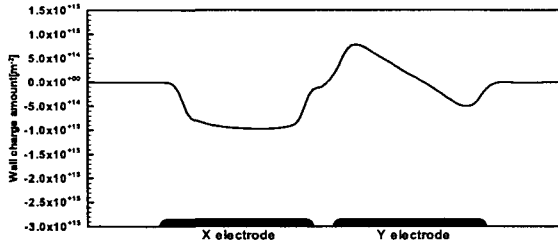
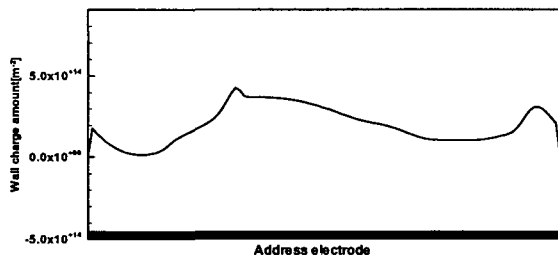


그림 7. Address 구간의 전류 파형과 전극에 인가되는 전압
Fig. 7. Current waveform and applied Voltage Waveform on Y electrode during address period



(a) X전극과 Y전극 위에 쌓인 벽전하 분포



(b) Address전극 위에 쌓인 벽전하 분포

그림 8. Address 구간이 끝난 후의 벽전하 분포
Fig. 8. Wall charge distribution after address period

따라서, sustain 구간에서 Y전극에 sustain 전압이 인가 되면 Y전극에 쌓여있는 양의 벽전하와 더해진 전위가 발생하고, X전극에도 음의 벽전하가 쌓여있으므로 방전공간내의 전위차는 Y의 유지 전압과 X전극과 Y전극에 쌓여있는 벽전하에 의한 전위가 더해져서 방전개시전압 이상을 이루게 된다. 이로 인하여 방전이 개시되는 것이다. 마찬가지로 다시 X전극에 sustain 전압이 인가되면, 반대 방향의 벽전하가 쌓여 위의 과정이 반복되어 방전이 계속 유지된다.

그림 9는 sustain 구간에서 유지 방전시 방전 전류를 보여주고 있다. Y전극과 X전극에 교번으로 sustain 전압이 인가되어 유지 방전이 발생함에 따라서 두 전극에 방전 전류가 흐르게 된다. 유지 방전은 약간의 안정화 기간을 필요로 하기 때문에 sustain 구간에서 약 30us 이후부터 포화되

어 일정한 방전 전류가 발생하게 된다. Y전극에 마지막 sustain 전압이 인가되어 방전이 발생한 후에 형성된 벽전하 분포는 그림 10(a)와 같이 X전극에는 양의 벽전하가 쌓여있고, Y전극에는 음의 벽전하가 쌓여있게 되고, 그림 10(b)와 같이 A전극에는 어드레스 방전에 의해 소거되었던 양의 벽전하가 어느정도 회복되어 있음을 볼 수 있다. 어드레스 전극은 유지방전 동안에 항상 음의 극성을 갖게 되므로 양이온들이 어드레스 전위를 차폐하기 위해서 쌓이게 된다.

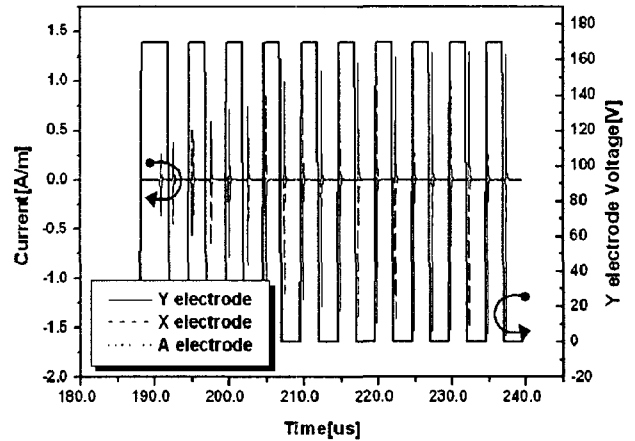
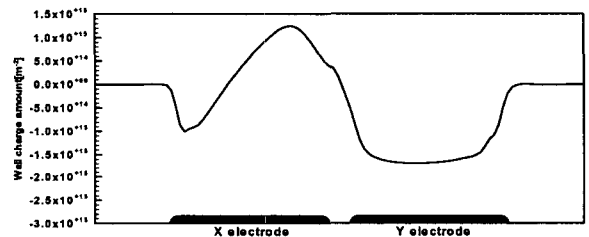
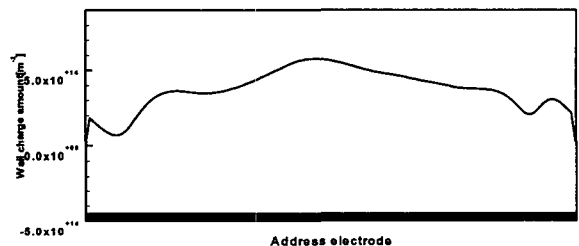


그림 9. Sustain 구간의 전류 파형과 Y전극에 인가되는 전압
Fig. 9. Current waveform and applied Voltage Waveform on Y electrode during sustain period



(a) X전극과 Y전극 위에 쌓인 벽전하 분포



(b) Address전극 위에 쌓인 벽전하 분포

그림 10. Y전극에 마지막 sustain 전압이 인가되어 형성된 벽전하 분포

Fig. 10. Wall charge distribution after sustain period

그림 11에서는 erase 구간의 전류 파형을 보여주고 있다. 첫 번째의 큰 전류 파형은 sustain 방전이고, 그 이후에 전압이 ramp 하강하는 erase 구간에서 약방전이 발생하여 쌓여있던 벽전하를 소거하였다. 이는 ON 셀과 OFF 셀, 각각

의 전극이 비슷한 상태를 갖고 reset 구간에 들어가게 하기 위해서이다. Erase 구간이 끝난 후의 벽전하 분포는 그림 12(a)와 같이 X전극과 Y전극에서 sustain 방전에 의해서 형성되는 벽전하 보다 작은 양의 벽전하가 형성되고, 그림 12(b)와 같이 A전극에는 벽전하의 변화가 거의 없게 나타난다.

이와 같이 ramp reset 구동파형에서 reset 구간은 전 subfield의 방전 유무에 관계없이 벽전하를 초기화 시키는 구간이다. 그리고, address 구간은 address 방전에 의해 셀셀을 지정하는 구간이고, sustain 구간은 address 구간에서 지정한 셀만 켜주는 구간이다. 마지막으로 erase 구간은 susuatin 구간에서 켜준 셀과 켜주지 않은 셀간의 편차를 줄여 reset 구간에서 초기화시킬 때의 부담을 줄여주는 구간이다. 각각의 구간은 명확한 목적을 갖고 있으며, 그 목적에 충실하게 동작할 때 PDP는 깨끗한 영상을 보여주게 된다.

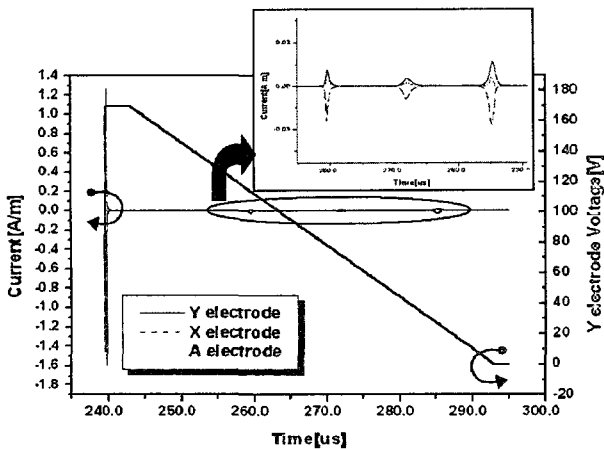
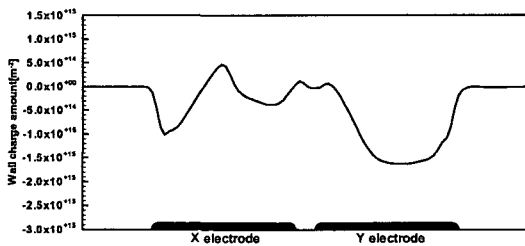
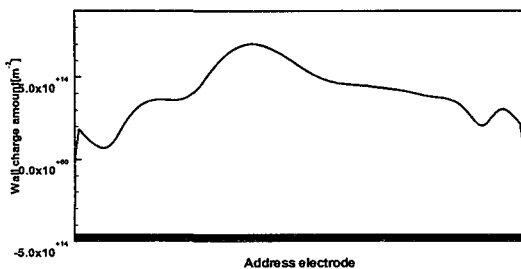


그림 11. Erase 구간의 전류 파형과 Y전극에 인가되는 전압
Fig. 11. Current waveform and applied Voltage Waveform on Y electrode during erase period



(a) X전극과 Y전극 위에 쌓인 벽전하 분포



(b) Address전극 위에 쌓인 벽전하 분포

그림 12. Erase 구간이 끝난 후의 벽전하 분포
Fig. 12. Wall charge distribution after erase period

2.3 Priming 입자 밀도에 따른 방전의 안정성

Ramp 방전은 address 구간과 sustain 구간에서 발생하는 방전의 신뢰도에 큰 영향을 준다. 따라서, ramp 구간에서 안정된 약방전이 발생하도록 ramp reset 방전의 안정성을 얻는 것이 중요하다. 지금까지는 ramp 방전의 안정성이 ramp의 기울기에만 의존한다고 알려졌다. 그러나, 본 논문에서는 priming 입자의 밀도에도 의존한다는 새로운 결과를 확인하였다.

그림 13과 그림 14는 각각 초기 priming 입자 밀도 조건에 따른 ramp 상승 구간에서 전류 파형과 벽전하 변화를 보여주고 있다. 초기 밀도는 (a) 2×10^0 [m⁻³], (b) 2×10^3 [m⁻³], (c) 2×10^6 [m⁻³], (d) 2×10^9 [m⁻³], (e) 2×10^{12} [m⁻³], (f) 2×10^{15} [m⁻³] 인 조건에 대해서 수치해석을 진행하였다.

그림 13를 보면 초기 priming 입자의 밀도가 커짐에 따라서 방전 전류의 peak 값이 작아짐을 알 수 있다. 초기 priming 입자의 밀도가 2×10^0 [m⁻³]인 경우인 그림 13(a)에서는 방전 전류의 peak값이 가장 크게 나타나고 있다. 초기 priming 입자의 밀도가 커지면서 방전 전류의 peak값이 조금씩 감소해서 2×10^{12} [m⁻³]인 경우인 그림 13(e)에서는 방전 전류의 peak값이 상당히 감소했음을 알 수 있다. 그리고, 초기 priming 입자의 밀도가 2×10^{15} [m⁻³]인 경우로 가장 큰 경우인 그림 13(f)에서는 방전 전류의 peak값이 아주 많이 감소했음을 알 수 있다.

방전 전류가 최초로 나타나는 시점과 peak값은 전압에 의해서도 의존하지만, 동일한 램프 파형이 인가되는 경우에는 램프 파형이 인가되기 시작하기 직전의 초기 priming 입자의 밀도에 따른 delay time에 의존한다. 방전이 시작되기 위해서는 방전 형성에 필요한 일정한 양의 priming 입자의 밀도가 필요하다. 그리고, 만약에 priming 입자의 밀도를 아주 적은 양을 갖고 램프 파형이 인가된다면, 그 만큼 방전 형성에 필요한 priming 입자의 밀도를 형성시키는데 지연이 발생하고, 램프 파형은 계속 인가되고 있으므로 지연된 시간 만큼 더 높은 전압이 인가되게 된다. 따라서, 더 강한 전압에 의해서 방전의 세기는 더 커지게 되며, 방전 전류의 peak값도 더 커지게 되는 것이다.

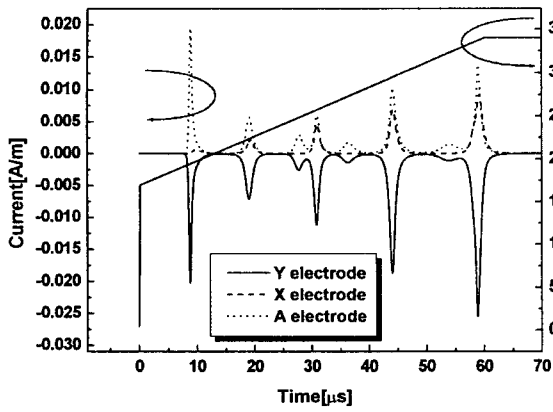
방전 전류와 광파형은 비례하여 나타난다. 따라서, reset 구간에 나타나는 방전 전류는 reset 구간에 발생하는 광파형이라고 볼 수 있다. 결국 reset 구간의 방전 전류는 배경광의 양과 비례한다. 따라서 그림 13의 방전 전류를 살펴보면, 초기 priming 입자의 밀도가 커짐에 따라서 reset 구간에 발생하는 배경광이 감소할 것이다.

그림 14를 보면 초기 priming 입자의 밀도가 커짐에 따라서 벽전하가 안정적으로 쌓이는 것을 볼 수 있다. 초기 priming 입자의 밀도가 2×10^0 [m⁻³]인 경우인 그림 14(a)에서는 벽전하가 급격하게 형성되고 있다. 초기 priming 입자의 밀도가 커지면서 벽전하의 변화도 계단형에서 선형으로 변화하여 2×10^{12} [m⁻³]인 경우인 그림 14(e)에서는 벽전하의 변화가 상당히 선형으로 나타난다. 그리고, 초기 priming 입자의 밀도가 2×10^{15} [m⁻³]인 경우로 가장 큰 경우인 그림 14(f)에서는 벽전하의 변화가 거의 선형으로 나타나 벽전하가 안정적으로 형성되고 있음을 알 수 있다.

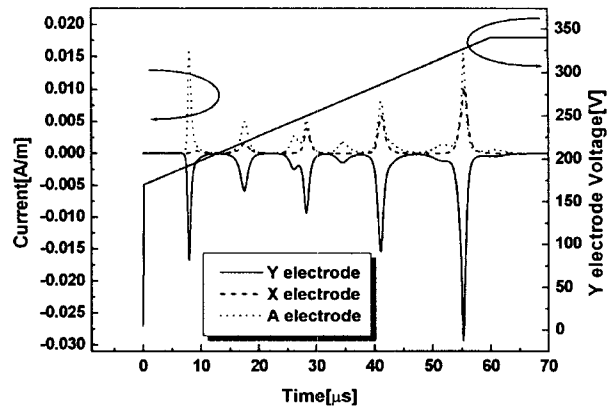
초기 priming 입자의 밀도가 아주 작은 경우인 그림 14의

(a)와 가장 큰 경우인 그림 14의 (f)를 비교해 보면 Y전극, X전극, A전극에 쌓이는 벽전하가 (a)의 경우 더 많이 쌓임을 알 수 있다. Reset 구간에서는 약방전을 일으켜서 벽전하를 제어하게 되는데 그 약방전의 크기가 커져서 더 많은 벽전하가 형성되는 것이다. 이는 address 구간과 sustain 구

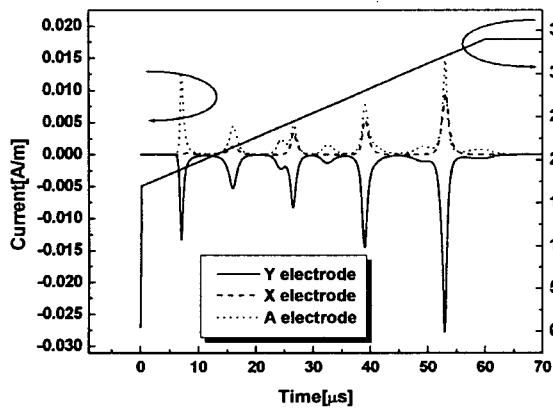
간에서 방전의 안정성에 좋지 않은 영향을 주게 된다. 그래서, 계속 방전이 발생하지 않는 저계조 부분에서 priming 입자의 밀도가 감소하므로 저계조 부분에서의 방전이 불안정하게 될 수 있다.



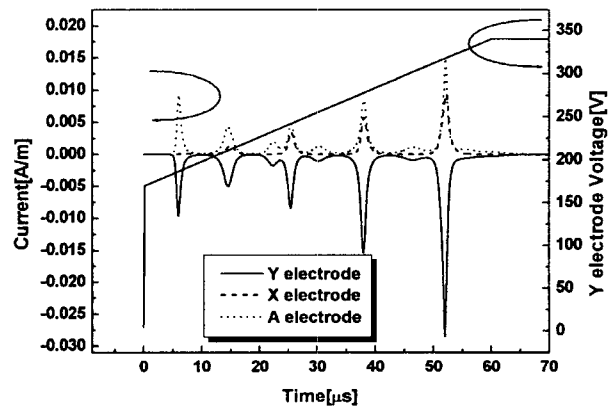
(a) 초기 밀도 $2 \times 10^0 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



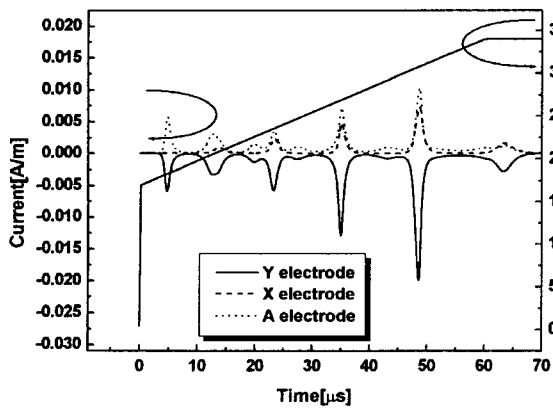
(b) 초기 밀도 $2 \times 10^3 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



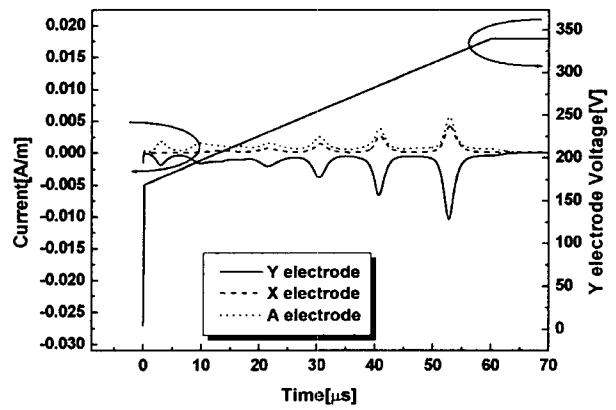
(c) 초기 밀도 $2 \times 10^6 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



(d) 초기 밀도 $2 \times 10^9 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



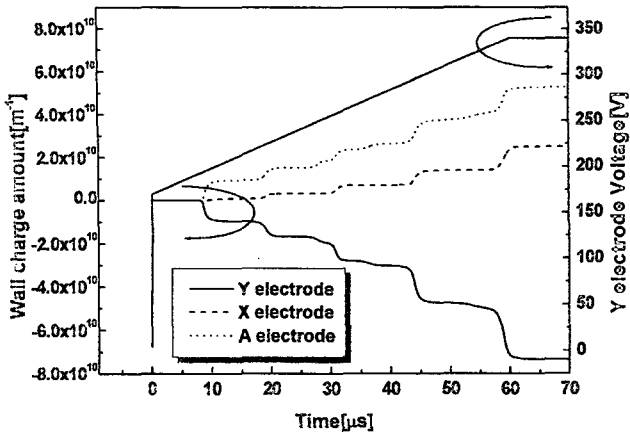
(e) 초기 밀도 $2 \times 10^{12} \text{ [m}^{-3}\text{]}$



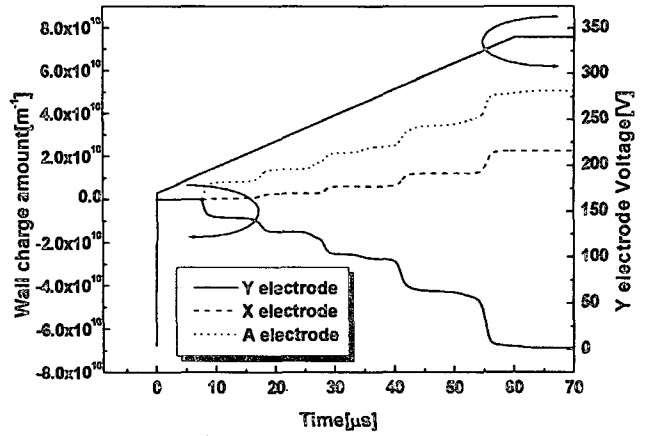
(f) 초기 밀도 $2 \times 10^{15} \text{ [m}^{-3}\text{]}$

그림 13. 초기 priming 입자 밀도 조건에 따른 ramp 상승 구간에서 전류 파형

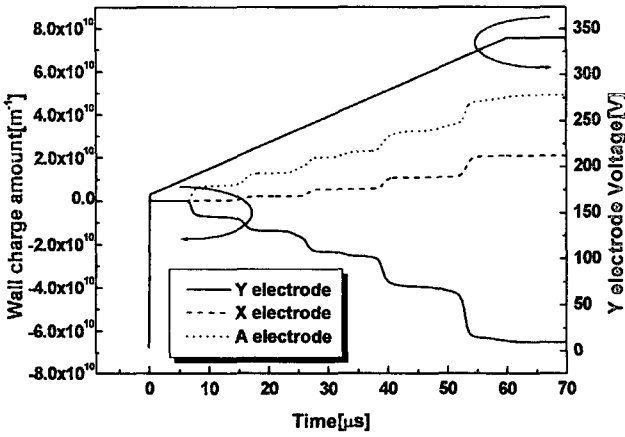
Fig. 13. Current waveform according to the initial priming particles' density during ramp rising period



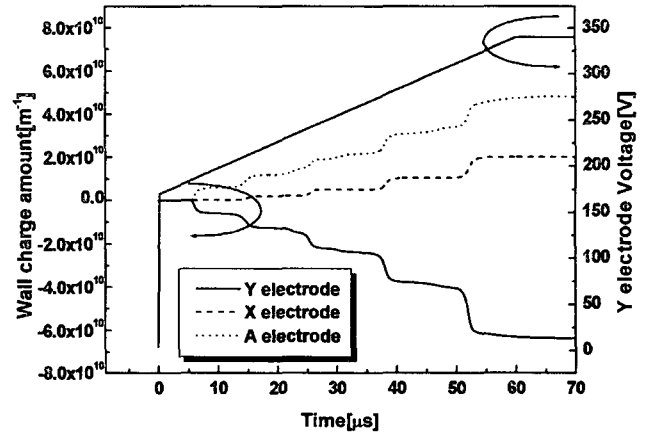
(a) 초기 밀도 $2 \times 10^0 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



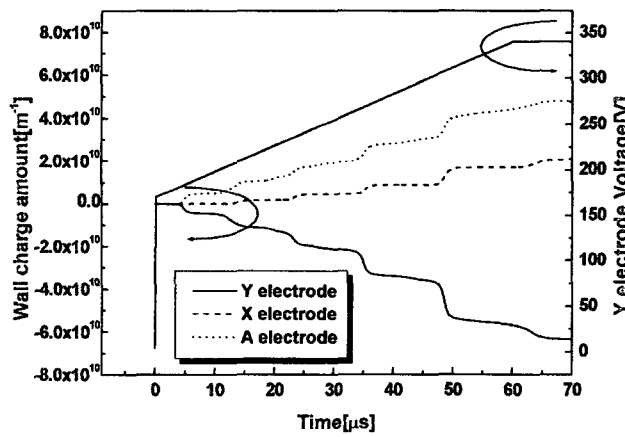
(b) 초기 밀도 $2 \times 10^3 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



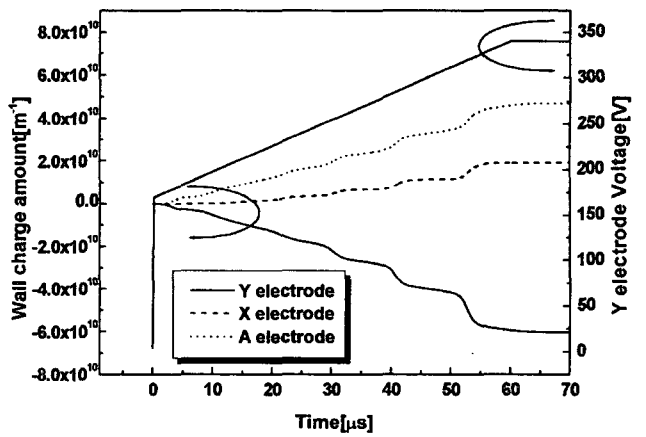
(c) 초기 밀도 $2 \times 10^6 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



(d) 초기 밀도 $2 \times 10^9 \text{ [m}^{-3}\text{]}$



(e) 초기 밀도 $2 \times 10^{12} \text{ [m}^{-3}\text{]}$



(f) 초기 밀도 $2 \times 10^{15} \text{ [m}^{-3}\text{]}$

그림 14. 초기 priming 입자 밀도 조건에 따른 ramp 상승 구간에서 벽전하 변화

Fig. 14. Wall charge variation according to the initial priming particles' density during ramp rising period

3. 결 론

본 논문에서는 2차원 AC PDP 수치해석 프로그램을 사용하여 ramp reset 구동 파형에 따른 벽전하의 거동을 해석하고 이로부터 각 구간의 방전 현상을 분석하였다. 방전 현상을 분석하는데 중요한 요소인 방전 전류와 쌓이는 벽전하량을 X전극, Y전극, A전극에 대해서 분석하여 ramp reset 구동파형에 따른 방전 메커니즘을 설명하였다. 특히 이상적인 ramp 방전 후에는 항상 V_f 의 전압이 Cell 내부에 인가되므로 외부에서 인가된 X전압과 내부의 벽전하 차이 ΔQ 는 V_f 가 되도록 설정된다. 물론 A전극과 Y전극 간에도 마찬가지이다. 따라서, sustain 전압이 ramp 하강구간의 X전압이하일 경우에는 어드레스 없이는 X전극과 Y전극 간에는 방전이 일어나지 않는다. 그러나, 그 이상에서는 방전이 발생할 수 있으므로 sustain 전압은 ramp 하강 구간에서 X전압보다 낮게 설정되어야 한다.

또한 초기 priming 입자의 밀도가 reset 방전의 안정성에 주는 영향을 분석하였다. 지금까지는 ramp 방전의 안정성이 ramp의 기울기에만 의존한다고 알려졌다. 그러나, 본 논문에서는 priming 입자의 밀도에도 의존한다는 새로운 결과를 확인하였다. 초기 priming 입자의 밀도가 작을 경우 ramp reset 상승 구간에서 약방전의 크기가 증가하여 고른 벽전하형성에 어려움이 발생함을 알 수 있다. 방전 전류와 광파형은 비례하므로 priming 입자의 밀도가 작을 경우 방전 전류가 증가하므로 배경광도 증가함을 알 수 있었다. 이와 같이 초기 priming 입자의 밀도에 따라 reset 방전의 안정성이 크게 변하는 것을 알 수 있다. Reset 기간은 address 방전과 sustain 방전의 안정성에 크게 영향을 끼치게 되므로 방전이 자주 발생하지 않는 priming 입자의 밀도가 작은 저계조 부분에서 방전이 불안정하게 될 수 있다. 따라서, reset 방전이 안정적으로 발생하도록 일정한 밀도의 priming 입자의 밀도가 유지되어야 한다.

참 고 문 헌

[1] K. Sakita et al, "Analysis of a weak Discharge of Ramp-Wave Driving to Control Wall voltage and Luminance in AC-PDPs", SID 00 Digest, p110-113, 2000
 [2] L.F.Weber, "Plasma Panel Exhibiting Enhanced Contrast", U.S. 5,745,086, 1998
 [3] Joong Kyun Kim, Jin Ho Yang, Woo Joon Chung, and Ki Woon Whang, "The Addressing Characteristics of an Alternation Current Plasma Display Panel Adopting a Ramping Reset Pulse", IEEE Trans. Electron Devices, vol

48, No.8, p. 1556, 2001
 [4] Joong Kyun Kim, Woo Joon Chung, Jeong Hyun Seo and Ki Woon Whang, "The 2-dimensional Discharge Cell Simulation for the Analysis of the Reset and Addressing of an Alternating Current Plasma Display Panel", Journal of Information Display, vol 2, No.1, 2001.
 [5] J. Meunier, Ph. Belenguier, and J.P. Boeuf, "Numerical model of an an plasma display panel cell in neon-xenon mixtures", J. Appl. Phys.78, p731, 1995
 [6] C. Punset, S. Cany and J.P. Boeuf, "Addressing and sustaining in alternating current coplanar plasma display panels", J. Appl. Phys. 86, p. 124, 1999
 [7] A. A. Kulikovskiy, "A More Accurate Scharfetter-Gummel Algorithm of Electron Transport for Semiconductor and Gas Discharge Simulation", J. Comput. Phys. 119 p149, 1995.
 [8] Klaus A. Hoffmann and Steve T. Chiang, Computational Fluid Dynamics For Engineers-Volume I, A Publication of Engineering Education Systm™, 1993.
 [9] Culbert B. Laney, Computational Gasdynamics, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1998.
 [10] William H. Press, Brian P. Flannery and Saul A. Teukosky, Numerical Recipes, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1989.
 [11] L.F.Weber, "Plasma Display Device Challenges", ASIA DISPLAY 98, p. 15-27, 1998.
 [12] L. A. Levin, S. E. Moody, E. L. Klosterman, R. E. Center, and J. J. Ewing, IEEE J. Quantum Electron. QE-17, 2282, 1981.
 [13] H. S. Oskham and V. R. Mittelstad, Phys. Rev. 32, 1445, 1963.
 [14] J. Galy, K. Aouame, A. Birot, H. Brunet, and P. Millet, J. Phys. B 26, 447, 1993.
 [15] Y. Salamero, A. Birot, J. Galy, and P. Millet, J. Chem. Phys. 80, 4774, 1984.
 [16] Gen. Inoue, J. K. Ku, and D. W. Setser, J. Chem. Phys. 81, 5760, 1984.
 [17] W. J. Alford, J. Chem. Phys. 96, 4330, 1992.
 [18] R. Brodmann and G. Zimmerer, J. Phys. B 10, 3395, 1977.
 [19] J. W. Keto, R. E. Gleason, J. D. Bornifield, G. K. Walters, and F. K. Soley, Chem. Phys. Lett. 42, 125, 1976.
 [20] G. Thornton, E. D. Poliakoff, E. Matthias, S. H. Southworth, R. A. Rosenberg, M. G. White, and D. A. Shirley, J. Chem. Phys. 71, 133, 1976.

저 자 소 개



박 석 재(朴 奭 栽)

1976년 3월 20일생. 2002년 인하대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 석사졸업, 2004년7월 삼성SDI

Tel : 017-229-0264

E-mail : sigol4@naver.com



서 정 현(徐 正 鉉)

1971년 7월 12일생. 1993년 서울대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학부 졸업(공학). 2000년 9월~2002년 8월 삼성SDI PDP 개발 센터 과장. 2002년9월~현재 인하대 전자공학과 조교수.

Tel : 032-770-8442, Fax : 032-764-2371

E-mail : pdpsunya@incheon.ac.kr



최 훈 영(崔 勳 永)

1970년 3월 10일생. 1996년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2003년3월~2004년2월 인하대학교 산업과학기술연구소 박사후과정 연구원. 2004년 3월~현재 삼성SDI 중앙연구소 책임연구원

Tel : 031-288-4783, Fax : 031-288-4777

E-mail : hypdp.choi@samsung.com



이 석 현(李 奭 賢)

1963년 2월 3일생. 1985년 서울대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1993~1995 현대전자반도체 연구센터 과장. 1995~현재 인하대 전기공학과 교수.

Tel : 032-860-7392, Fax : 032-863-5822

E-mail : plasma@inha.ac.kr