

AC PDP의 delay time에 따른 입자들의 방전특성 연구

이돈규 이호준 김동현 이해준 박정후
부산대학교 전기공학과

A study on the discharge characteristics of AC PDP depending on delay time

D. K. Lee H. J. Lee D. H. Kim H. J. Lee C. H. Park
Department of Electrical Engineering, Pusan National University

Abstract - Effects of delay on the discharge time lag and the controllability of weak discharge mode were studied under single cell driving circumstances of ac PDP. It was found that sufficient number of priming particle is necessary for inducing weak discharge in ramp voltage driving. Discharge time lag was reduced dramatically under priming condition. It is speculated that the increasement of strong discharge is related to the reduction of the $Xe^+(^3P_1)$ particles during the after glow.

1. INTRODUCTION

Plasma Display Panel(PDP)은 저가압 가스 방전에 서 발생된 자외선이 형광체를 여기 시킴으로써 발생하는 가시광을 이용한 자체 발광형 표시소자이다. 현재 PDP는 대화면화가 용이하고 초박형 경량 구조로 대화면 평판 디스플레이로 각광 받고 있다. 하지만 AC PDP의 구동에 있어서 고정세화로 갈수록 야기되는 가장 큰 문제점 중의 하나는 addressing에 소요되는 시간이 길어짐으로써 상대적으로 display 기간이 줄어들어 휘도의 저하를 가져올 수 있다는 것이다. 이를 해결하기 위해 dual scan 방식을 사용하고 있지만, 이 경우에 drive IC 수가 증가하기 때문에 비용이 증가하는 문제점을 가지고 있다.[1] 이를 해결하기 위하여 High speed addressing이 필요하다.

High speed addressing을 실현함으로써 addressing time을 줄이고, AC PDP의 저전력(Reduction of power), 저가격(Low cost), 고화질(Picture Quality), 고휘도(High luminance)를 실현할 수 있다.[2][3] 이러한 고속 addressing을 실현하기 위해서는 먼저, 기초 방전 특성을 연구할 필요성이 있다.

본 연구에서는 방전 후 유지시간 변화에 따른 방전 특성 실험을 통해 관찰하고, 시뮬레이션을 통해 그 특성의 메카니즘을 규명하였다.

2. EXPERIMENTAL

AC PDP의 기본 구조는 그림1과 같이 상, 하판 두 장의 유리 기판으로 구성되어 있다. 상판에는 ITO로 이루어진 방전 유지 전극이 있고, 그 위에 유전층이 유지 전극을 덮고 있으며, 방전시 이온 충격으로부터 이 유전층을 보호하기 위한 MgO막막이 E-beam 증착 기법에 의해 유전층 상에 증착 되어 있다. 그리고, 하판에는 방전을 제어하기 위한 어드레스 전극과 표면 방전에서 발생하는 진공 자외선을 가시광으로 변화하는 RGB 삼원색의 형광체가 도포 되어 있으며, 인접 cell과의 구분을 위해 격벽이 형성되어 있다.

표 1은 test panel의 사양을 나타내고 있다.

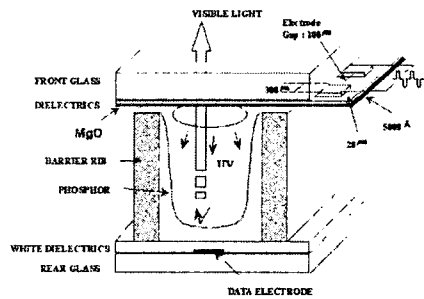


그림 1. AC PDP의 개략도

표 1. Test panel의 사양
Table 1. The specification of test panel

Bus 전극 폭	85µm
ITO 전극 폭	270µm
ITO 전극 간격	65µm
유전층 두께	40µm
MgO층 두께	5000A (E-beam 증착)
Barrier rib 폭	75µm
Barrier rib 높이	130µm
형광체 두께	20µm
Mixture gases	Ne+(6%)Xe

그림2는 본 실험에서 사용된 구동 파형을 나타내고 있다. 대항방전을 통하여 벽전하를 생성시키고, 표면전극 사이에 충분한 pulse를 인가하여 1cell을 방전시켰다. 그 후, delay 시간과 ramp의 기울기를 변화하면서 실험파형(ramp파, 구형파)을 인가하였다. 측정 후에는 Reset구간(세폭 pulse + ramp puls)을 두어서 Cell내부의 상태를 최대한 같은 상태로 하여 실험하였다.

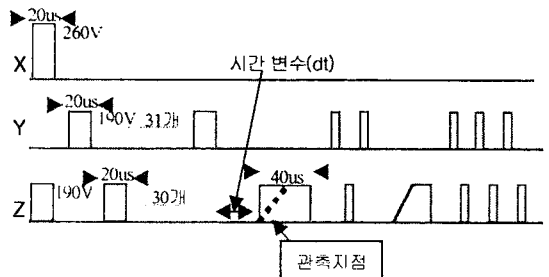


그림2. Driving Waveform

그림3은 펄스 전압 파형과 전류파형을 나타내고 있다. PDP 셀은 용량성 부하이기 때문에 전압을 인가할 경우 전압 상승 부에 충전전류 혹은 변위전류라고 칭하는 전류가 먼저 흐르게 되고 그 전류 성분에 의해 셀 내 전압이 확립되면 이 후 방전에 의한 방전전류가 흐르게 된다. 그러나 방전전류는 전압 펄스의 상승 후, 어느 정도의 시간 늦음을 가지고 전류 파형이 나오게 된다. 이 시간 늦음을 방전늦음시간(discharge time lag)이라 한다.[4] 방전전류는 current probe를 이용하여 oscilloscope 상에서 측정된다. Td은 oscilloscope 상의 인가전압 파형의 peak 치의 10% 지점에서 방전전류 peak 치의 rising 10% 지점까지의 시간으로 계산한다.

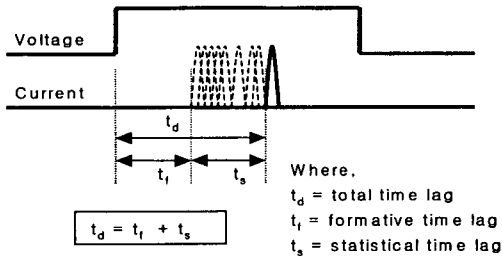


그림3. 방전 늦음(Discharge time lag)

앞서 논한 바와 같이 delay time은 방전전류에 의해서 정의되어진다. 그러나 단일 셀의 방전전류는 너무 적기 때문에 실제 계속하기가 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 photo diode나 PMT(Photo multiplier tube)로 방전시에 발생하는 미세광을 detect 하여 방전 전류와의 관계를 도출함으로써 delay time을 광파형으로서 평가하였다.

그림4는 약 7000개 셀에 대한 addressing 시의 광파형과 방전전류 파형의 관계를 나타내고 있다. 광파형의 peak time, 전체 delay 및 분산이 전류파형과 유사함을 알 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 방전전류를 측정하지 않고 단일 셀의 방전 광파형을 정밀하게 detect 하여 delay time을 추정할 수 있었다.[5][6] 이에 따라 본 연구에서는 high sensitive light detector로서 Hamamatsu사의 APD module을 사용하였다. APD module은 avalanche photo-diode(APD)와 temperature compensate bias circuit 및 low noise I-V amplifier circuit로서 구성되어 있어 각 셀에서 발생하는 미세 광을 측정하기 용이하게 설계되어 있다.[7]

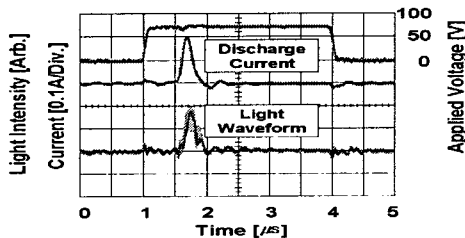


그림 4 Addressing 방전 시 전류와 광 파형의 관계
Fig. 4 A typical relationships between addressing discharge current and light waveform.

그림5는 실험 장치의 구성도 이다. 실험 장치는 크게 7인치 panel과 구동회로 부분으로 구성되어 있다. 구동회로 부분은 signal 발생부와 전압 공급부, 그리고 analog switching 부로 구성되어 있다.

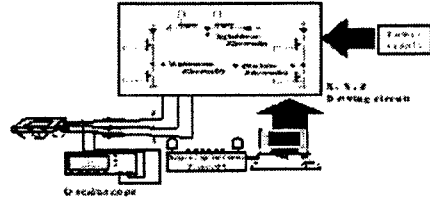


그림 5. 실험 장치의 개략도

3. RESULTS

delay 시간을 변화하여 Ramp파를 인가하면 두 가지 형태의 방전광파형이 관측된다.

그림 6은 그러한 방전 광파형을 나타낸 것으로 (a)는 약방전이 일어난 것이고, (b)는 강방전이 일어난 것이다. 이러한 약방전이 일어나는 이유는 앞선 방전에서 생성된 priming입자가 많을 경우 낮은 과전압에서 방전이 일어나, 약방전이 되는 반면, priming입자를 충분히 확보하지 못한 경우, 높은 과전압에서 방전이 일어나 강방전이 된다. 일반적으로 Ramp파형은 약방전을 유도한다. 하지만, 충분한 Priming입자를 확보하지 않을 경우 강방전도 일어난다.

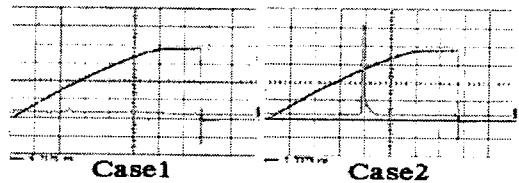


그림6. Ramp파형 인가시 방전 모드

그림7은 Ramp파형의 기울기를 190V 전압까지 20us에서 35us까지 변화하면서 인가 하였을때 나타나는 강방전의 확률을 나타낸 것이다.

그림 7에 의하면, 휴지시간이 15us 정도 까지는 강방전은 거의 일어나지 않고 약방전만 점증적으로 일어나고 있다. 그러나 15us 이상의 휴지 시간이 되면 서서히 강방전의 수가 증가하면서 35us 이상이 되면 강방전의 경우가 다수를 이룬다. 이는 priming입자들이 방전에 미치는 시간을 의미한다. 즉, 이 시간까지는 priming입자들이 충분히 존재함을 의미한다.

그리고, Ramp의 기울기가 완만한 짐에 따라 약방전이 오래 지속됨을 알 수 있다.

이 실험의 결과로 추정해 보면, Address구간이 진행되는 1ms정도의 시간 동안에 Reset 구간 이후의 priming 입자의 소멸으로 방전의 상태가 달라지게 되고, Data전극에 균일한 벽전하를 쌓지 못하면 오방전이 발생된다.

그림 8은 이웃 Cell의 방전으로부터 Priming 입자를 공급 하지 않는 경우(a)와 공급하는 경우(b)의 방전늦음시간을 측정된 그림이다. 그림 8(a)의 경우보다, (b)의 경우 방전늦음시간의 평균값이 줄어들었다.

그림 9는 그림 8의 각각의 경우에서의 휴지시간 변화에 따른 방전늦음시간의 평균값을 구한 것이다. 휴지시간이 약 30us부터 평균 늦음시간이 증가하여 약 200us까지 급격히 증가한다. 그 후, 휴지시간이 증가함에 따라 점점 포화하는 특성을 가지며 방전늦음시간의 평균값이 증가하였다. 또한, 인접 cell에서 priming 입자를 공급할 경우 공급하지 않을 경우보다 방전 늦음시간이 훨씬 짧게 나오며, Jitter폭 또한 줄어들었다. 하지만, 기울기가 변화하는 변곡점은 비슷하게 나왔으며, 이 변곡점이 priming

입자의 Life Time이라 생각된다.

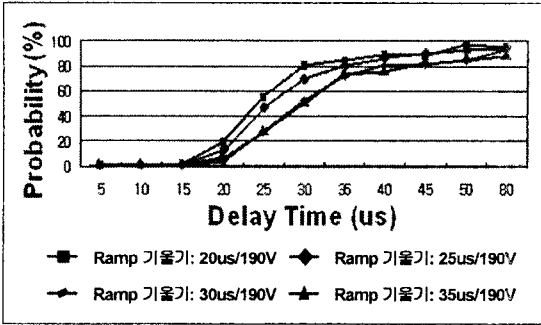


그림7. 휴지시간에 따른 Red 1cell의 방전특성

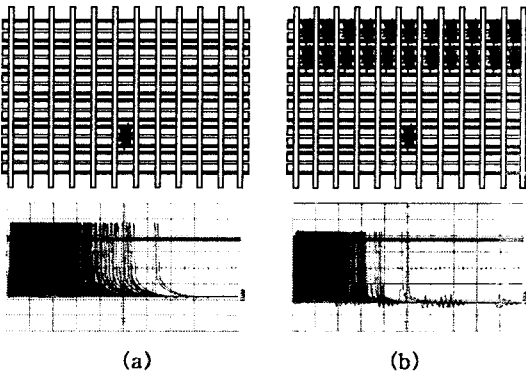


그림8. Pulse and light output under (a) isolated and (b) non-isolated condition.

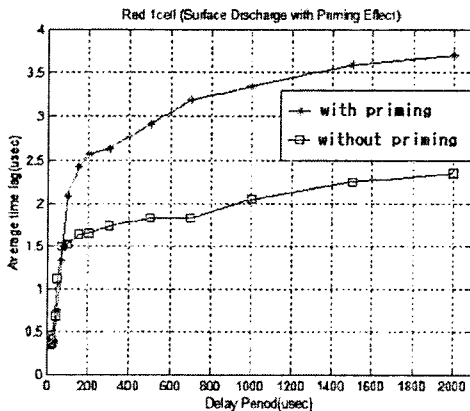


그림9. 인접셀에서의 입자의 priming 효과

4. DISCHARGE CHARACTERISTIC ANALYSIS THROUGH 2-D SIMULATION

지금까지의 실험결과와 원인을 이야기 하기위해 동일 panel의 구조와 가스 혼합비를 적용해 2차원 시뮬레이션을 해 보았다. 해석방법은 연속방정식과 포아송 방정식을 적용하여 입자들의 유동과 전위를 구하여 해를 구하는 방법을 취하였다. 시뮬레이션의 시간을 위해 실험에 적용된 파형의 수보다 작은 10개의 교대 pulse 후에

ramp파형을 인가하여 이때의 방전특성을 관찰 하였다.

그림 10은 Xe 여기종들의 반응과정의 개략도를 나타낸 그림이다. 3P_2 입자들이 147nm의 VUV를 방출하는 동시에 $Xe_2(^3\Sigma, O^+)$ 을 생성시키고, 3P_2 의 입자들이 $Xe(^3\Sigma)$ 를 생성시키며 173nm의 VUV를 생성 시킨다.

그림 11은 50us동안 교대 pulse를 인가 후 더 이상 전압을 주지 않을 때 입자들의 소멸 정도를 나타낸 그림으로 입자들의 개수를 나타내었다. 그림으로 나타내기 위해 $Xe_2(^3\Sigma)$ 는 10배를 $Xe(^3P_1)$ 은 100배를 더 곱하였다. $^3P_2, ^3\Sigma, ^3P_1$ 입자의 개수는 pulse가 끝난 직후에 각각 $8.7 \times 10^7, 1.2 \times 10^6, 7.9 \times 10^4$ 에서 50us가 지난 후에는 75000, 1000, 100 정도로 전체적으로 1000배 정도 감소하였다. 즉, 준안정준위 레벨의 3P_2 입자가 다른 입자에 비해 수명이 긴 입자들이 매우 많았고, $^3\Sigma$ 의 입자도 영향을 받아 많은 수의 입자가 남아있었지만, $Xe_2(^1\Sigma, O^+)$ 입자들은 pulse가 끝난 직후에 급격히 소멸 하였다.

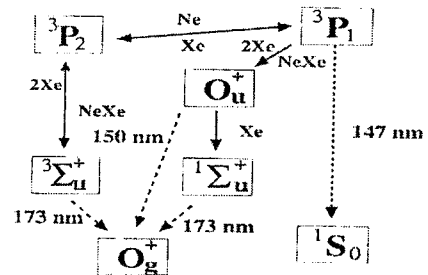


그림10. Xe 여기종들의 반응 개략도

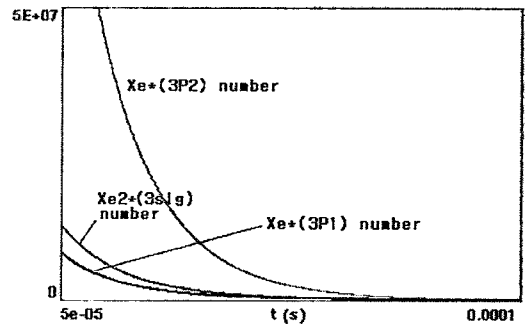


그림 11. 입자들의 소멸 시간 비교

그림 12는 휴지시간을 가변한 후 ramp파형을 인가하여 방전이 일어날 때 $^3P_2, ^3\Sigma, ^3P_1$ 입자들의 수의 변화를 나타낸 그림이고, $^3\Sigma$ 입자는 양이 너무 작아 10배를 한 그림을 나타내었다.

3P_2 입자는 휴지시간이 증가하면서 30us까지 감소하다가 30us가 지나면서 방전으로 생성되는 양이 많아짐을 알 수 있었다. $^3\Sigma$ 의 입자수도 이 준안정준위 입자의 영향을 받아 같은 경향을 나타내었다. 이는 존재하던 priming 입자들이 30us가 지나면서 많이 소멸되어 방전에도움을 주지 못하면서 약방전이 일어나지 않고 강방전이 일어나는 것을 뜻한다. 이는 실험에서 관측할 수 있었던 20us-30us사이에서 강방전의 양이 많아지는 현상과 동일하다. 3P_1 입자는 빨리 많은 양이 소멸되어 휴지시간이 길어지면서 비례적으로 방전의 양이 많아짐을 알 수 있었다.

즉, 휴지시간이 길어지면서 강방전이 증가하는 요인은 준안정준위의 입자들이 감소하면서 priming 입자의 역할을 하지 못하게 되면서 강방전이 일어남을 알 수 있었

다.

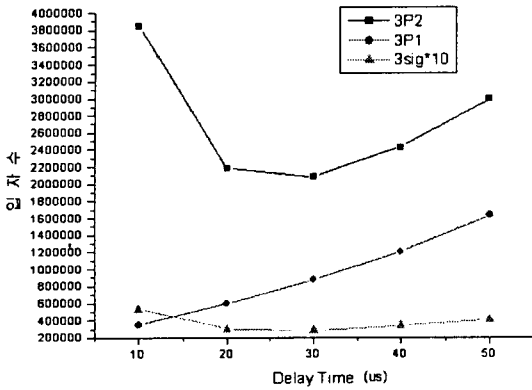


그림 12. 휴지시간에 따른 입자수의 변화

5. CONCLUSION

본 논문에서는 AC PDP 단위셀에서 면방전(Surfacing Discharging) 후, 휴지시간을 변화시키면서 실험 파형을 인가하였다. 이때 실험파형을 Ramp형으로 인가할 경우, 강방전, 약방전의 두가지 방전 Case가 나오는데 총500펄스를 인가하여 각 방전의 비율을 구하였다.

그 결과 휴지시간 약20~30us에서부터 강방전의 비율이 높아지기 시작하였다. 이 시간점을 priming입자가 방전에 영향을 미치는 시간으로 생각된다. 한편, 구형파를 인가하여 방전늦음시간을 측정하였을 경우에는 휴지시간 약 30us에서 방전늦음시간이 급격히 증가하기 시작하여 약100us에서는 다시 낮은 기울기를 가지며 증가하였다.

2차원 PDP 시뮬레이션을 해본 결과, 3P_1 입자는 너무 빨리 소멸되어 priming의 효과를 주지 못하지만 3P_2 의 준안정준위 입자는 긴 수명 인하여 20-30us 까지는 priming입자가 충분히 존재하여 방전에 영향을 미치고 있음을 알게 되었다.

REFERENCE

- [1] A. Sobel, "Big, Bright, and Beautiful", Information DISPLAY(SID), Vol. 14, No. 9, pp. 26-28, 1998
- [2] K. Sakita et al, SID01 Digest, p1022, 2001
- [3] J. Y. Yoo et al, SID01 Digest, p798, 2001
- [4] L. B. Loeb, Rev. Mod. Phys., vol 20, no.1, p151, 1948
- [5] S. H. Lee et al, JID Vol2, No2, p39, 2001
- [6] C. H. Park et al. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES vol 48, NO.10, 2001
- [7] Hamamatsu. APD Module. Hamamatsu. Japen: Hamamatsu Photonics. 2001. pp.2-9.