

V-Q Lissajous' Figure을 이용한 AC-PDP 최적 구동 조건에 관한 연구.

조우성*, 최창훈, 김영조*, 박선우, 노승용
서울시립대학교, 청운대학교*

A Study on the Optimum Driving Conditions of AC-PDP using the V-Q Lissajous' Figure.

Woo-Sung Cho*, Chang-Hun Choi, Young-Cho Kim*, Sun-Woo Park, Seung-Young Rho
University of Seoul, ChungWoon University*

Abstract

In this paper, we used the V-Q Lissajous' figure for studying on the plasma discharge characteristics of the 42 inches AC-PDP. From the V-Q Lissajous' figure, we could observe exactly the driving conditions that the self-erasing discharge takes place. At the time, the total wall charges lessened by self-erasing discharge was calculated quantitatively.

Beside of the just observation of self-erasing discharge and calculation of the charges lessened, we could find out the optimum driving conditions for inducing the maximum wall charges accumulated on the dielectric layer with measuring the Wall voltage from the V-Q Lissajous' figure.

Key Words : V-Q Lissajous' figure, AC-PDP, Self-erasing discharge, Wall charge, Wall Voltage.

1. 서 론

최근 차세대 평판 디스플레이의 하나로서 PDP는 디스플레이의 대형화, 박형에 대한 요구 증대에 의해서 기존의 CRT를 대체할 차세대 디스플레이로 각광받고 있다. 그러나 PDP가 고화질에 풀 칼라 디지털 디스플레이로서 성공적인 시장 확보를 위해서는 구동 방식과 대량 생산 공정 및 생산비 절감, 고정세에 관한 연구를 통하여 개선할 필요가 있다.

특히 구동 방식에 있어서 AC-PDP의 메모리 특성과 관련하여 벽전압 분석은 AC-PDP 방전 특성 및 동작을 이해하는데 있어서 필수적인 요소라고 말할 수 있다.

Lissajous' figure는 프랑스 물리학자 Jules Antoine Lissajous에 의해서 발견되었다.[1]

오늘날에는 여러 분야에서 Lissajous' figure를 이용되고 있다.

특히, 가스 방전과 관련하여, 오존 발생량을 측정하는데 Lissajous' figure을 이용한 사례가 있으며, 최근에는 Lissajous' figure를 PDP 방전 특성 연구에 이용하고 있다.[2]

V-Q Lissajous' figure를 이용한 기존의 연구들은 AC-PDP 패널(4~5")의 셀 정전 용량의 실험적 도출, 벽전압 계산, 소비전력의 이론적 산출에 국한되어 이용되었다.[3][4]

본 연구에서는 비대칭 셀 구조로 제작된 42" AC-PDP에서의 방전 특성을 연구하는데 V-Q Lissajous' figure를 이용하였으며, AC-PDP의 최적 구동을 위해 다양한 구동 조건 하에서 벽전압 특성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 실 험

2.1 AC-PDP 전기적 등가 모델링

V-Q Lissajous' figure를 이용하여 AC-PDP의

벽전압 특성 연구를 하기 위한 전기적인 모델링 및 등가회로를 세웠다.

그림 1.은 현재 상용되고 있는 AC-PDP 단위 셀의 전면 패널 단면도이다. 두 개의 유지 전극 위에 20~30 μm 두께로 유전체 층이 형성되어 있으며, 방전시 발생하는 이온들로부터의 전극보호를 위해 MgO막이 형성되어 있다.

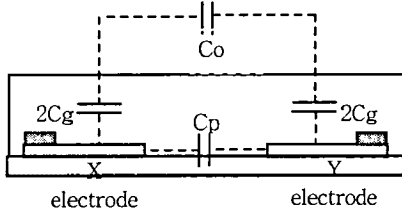


그림 1. AC-PDP 단위 셀의 전면 패널 단면도.

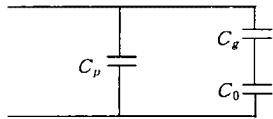


그림 2. 패널의 등가 회로.

전기적으로 AC-PDP는 단위 셀당 4개의 커패시터로 구성된 형태로 나타낼 수 있다. 방전공간 상에 형성되는 커패시터 C_0 , 유전체에 의해 형성되는 커패시터 C_g 와 C_p 로 나타낼 수 있다.

방전시 형성되는 공간 전하의 대부분은 유전체 표면 위에 쌓이게 되는데 이때의 전하를 벽전하라 하며, 이 벽전하에 의해 벽전압이 형성된다. 벽전압은 정전 용량 $2C_g$ 의 용량에 의해서 결정된다.

그림 2.는 그림 1.의 전기적인 등가회로이다. V-Q Lissajous' figure를 측정하기 위해 세운 전기적인 등가회로는 3가지 정전용량의 조합으로 나타낼 수 있다. 방전 개시 전의 패널의 정전 용량은 $C_p + (C_g C_0 / C_g + C_0)$ 로 나타낼 수 있고 방전 동안(직후)에 정전용량 C_0 값은 무시되므로, 패널의 정전 용량은 $C_p + C_g$ 으로 나타낼 수 있다.[5]

표 1.은 본 실험에서 사용된 42 인치 AC-PDP 사양을 나타내고 있다.

표 1. 42인치 AC-PDP 사양

Specification of AC-PDP	
ITO electrode gap	80 μm
ITO electrode width	290 μm
Ag electrode width	80 μm
Dielectric layer thickness	30 μm
MgO thickness	5000 \AA
Barrier rib height	130 μm

2.2 Lissajous' figure을 얻기 위한 실험 장치

그림 3.은 Lissajous' figure를 얻기 위한 실험 장치의 개략도이다. AC-PDP는 하나의 커패시터로 간주하였다.

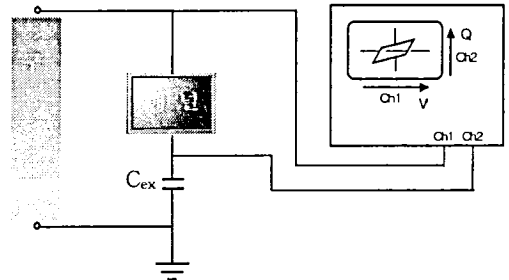


그림 3. 실험 장치의 개략도.

AC-PDP의 패널에 방전시 형성되는 전하량을 측정하기 위한 외부 커패시터(C_{ex})가 직렬로 연결되어 있다. 이때의 외부 커패시터의 정전용량은 구동 전압을 고려하여 패널의 정전용량보다 충분히 큰 것을 사용하였다.

V-Q Lissajous' figure는 AC-PDP 구동시 구동 전압과 방전시 발생하는 전하량에 의한 C_{ex} 의 전하량 변동폭 함수로 나타내게 된다. 즉, 오실로스코프의 X축(Ch1)은 패널에 인가되는 전압, Y축(Ch2)는 방전시 C_{ex} 에 걸리는 전하량이다.

2.3 벽전압 산출

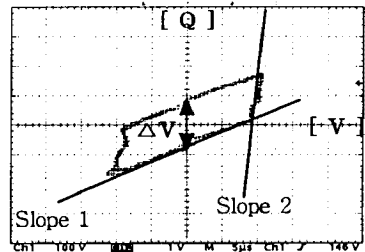


그림 4. 획득한 Lissajous' figure.

그림 4.는 얻어진 V-Q Lissajous' figure이다. 기존의 연구 결과 Lissajous' figure의 면적은 AC-PDP 구동시 발생하는 에너지를 나타내며, Slope 1은 방전 전의 정전용량에 의해서 나타나며 Slope 2는 방전동안의 정전용량에 의해서 나타난다.

ΔV 는 구동시 C_{ex} 에 형성되는 전하량 따른 전압 변동폭을 나타낸다. 이때의 총 전하량 Q_{total} 는 다음의 수식으로 나타낼 수 있다.

$$Q_{total} = C_{ex} \times \Delta V$$

C_{ex} : 외부 커패시터

ΔV : 구동시 C_{ex} 에 형성되는 전하량에 따른 전압의 변동폭.

총 전하량을 이용하여 AC-PDP 하나의 셀에 해당하는 전하량을 산출하고 산출된 전하량을 이용하여 벽전압을 산출할 수 있다. 다음의 수식들은 이러한 벽전압 산출 과정을 나타내고 있다.

$$Q_{Cell} = \frac{Q_{total}}{N}$$

N : 방전 셀 개수,

Q_{cell} : 하나의 셀에 해당하는 전하량

$$V_w = \frac{Q_{Cell}}{2C_g}, \quad 2C_g = \left(\frac{\epsilon S}{d} \right)$$

V_w : 벽전압

Q_{cell} : 하나의 셀에 해당하는 전하량

ϵ : 유전체의 유전율 (106.2×10^{-12} [F/m])

S : 전극의 면적 ($200[\mu m] \times 250[\mu m]$)

d : 유전체의 두께 ($25[\mu s]$)

$2C_g$: 약 $0.212[pF]$

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 V-Q lissajous' figure를 이용하여 다양한 구동 조건하에서 벽전압 특성을 분석하였다.

그림 5.는 구동 전압에 따른 벽전압의 특성 곡선을 나타내고 있다. 이때의 주파수 40[kHz], 펄스폭 9[us], Rising & Falling time이 100[ns]이다.

영역[1]은 구동 전압이 방전 개시 전압보다 낮아 방전이 일어나지 않아 벽전하 형성이 이루어지지 않고 있다. 영역[2]는 방전 개시가 이루어지는 영역으로 방전시 형성되는 공간전하가 급속히 유전

체층에 형성되고 있고, 이로 인한 벽전하량 증가로 인한 급격한 벽전압 상승, 포화되는 모습을 보여주고 있다. 영역[3]은 과도한 벽전하의 축적과 인가 전압으로 인한 자기 소거 방전(Self-erasing discharge)이 발생하는 부분으로서, 벽전하의 손실이 발생하여 벽전압이 감소하는 모습을 보여주고 있다. 이러한 결과로 볼 때 영역[2]에서 벽전압이 포화되어 일정하게 유지되는 구간이 구동 조건에 따른 최적 구동 전압이라고 볼 수 있다.

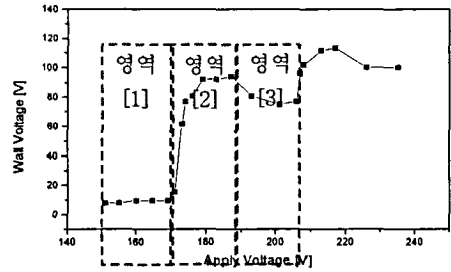


그림 5. 구동 전압에 따른 벽전압 특성.

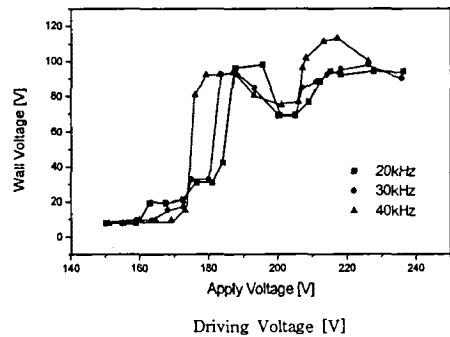


그림 6. 주파수와 구동 전압에 따른 벽전압 특성.

그림 6.은 구동 조건이 Rising & Falling time 100[ns], 펄스 폭 9[us] 일 때, 구동 전압, 주파수 변동에 따른 벽전압 특성 곡선을 보여주고 있다. 주파수가 높아질수록 벽전하 형성이 빨라지고 있음을 알 수 있다. 또한 동일 전압하에서는 주파수가 높을수록 높은 벽전압 값을 보이고 있으나, 최대 벽전압은 동일하다는 것을 보여주고 있다.

이는 주파수가 높아질수록 방전 개시 전압이 낮아지는 결과와 잘 일치함으로써 낮은 전압에서 최대 벽전압을 유도할 수 있다.

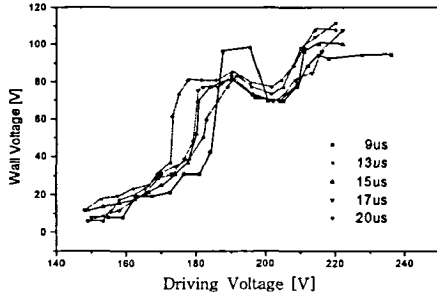


그림 7. 펄스 폭과 인가 전압에 따른 벽전압 특성.

그림 7은 구동 조건이 Rising & Falling time 100[ns], 주파수 20[kHz]일 때, 구동 전압, 펄스 폭 변동에 따른 벽전압 특성 곡선을 보여주고 있다. 펄스 폭이 증가할수록 벽전하 형성이 빨라지고 있으며 동일 구동 전압하에서 펄스 폭이 넓어질수록 높은 벽전압 값을 보이고 있다. 이는 주파수 변동 실험과 동일한 벽전압 특성 보여주고 있다.

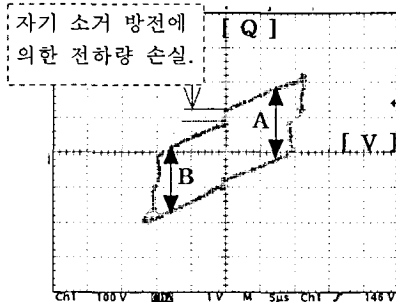


그림 8. 자기 소거 방전 생성시 V-Q Lissajous' figure.

그림 8은 X, Y 유지 전극의 한쪽에서 자기 소거 방전이 일어났을 때의 V-Q Lissajous' figure를 보여주고 있다. V-Q Lissajous' figure의 좌우 전하 발생량을 비교하면 동일한 유지 전압 펄스 하에서 자기 소거 방전이 발생하는 시점을 검출할 수 있으며 자기 소거 방전시 전하량 손실을 산출해낼 수 있다. 또한 산출해낸 손실을 이용하여 내부 벽전하의 불균형정도를 유도해 낼 수 있다.

그림 9는 자기 소거 방전에 의해서 생성되는 벽전압 차이를 나타내고 있다. A는 자기 소거 방전이 발생했을 때 전극에 형성되는 벽전압, B는 자기 소거 방전이 발생하지 않는 전극에 형성되는

벽전압을 나타내며, A와 B 차이만큼 내부 벽전하의 불균형이 발생한다는 것을 보여주고 있다.

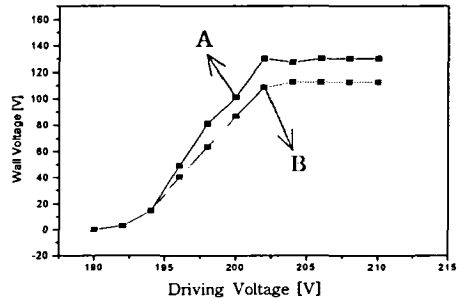


그림 9. 자기 소거 방전에 의한 벽전압의 차이.

4. 결론

V-Q Lissajous' figure으로 다양한 구동 조건하에 벽전압 특성을 분석함으로써, 유전체내 벽전하 형성을 극대화할 수 있고 자기소거 방전이 발생하는 시점을 정확히 알 수 있었으며, 자기 소거 방전에 의해 소거되는 전하의 양 또한 정량적인 측정이 가능하여 최적 구동 조건을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Cundy, H. and Rollett, A. "Lissajous's Figures." §5.5.3 in *Mathematical Models*, 3rd ed. Stradbroke, England: Tarquin Pub., pp. 242-244, 1989.
- [2] Oleg Koudriavtsev, Shegpei Wang, Yoshihiro Konishi, and Mutsuo Nakaoka, "A Novel Pulse-Density-Modulated High-Frequency Inverter for Silent-Discharge-Type Ozonizer", *IEEE Trans, Industry Applications*, Vol. 38, No. 2, pp. 369-378, March/April 2002.
- [3] Taichiro Tamida, Akihiko Iwata, Masaaki Tanaka, "Discharge Measurement of AC Plasma Display Panels by V-Q Lissajous Figure", E D-96-274
- [4] Min-Soo Kim et al, "Novel Measurement of Wall Voltage in AC-PDPs", *IDW'00*, pp.719-722
- [5] E.H. Choi et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, 38 pp6073 (1999)