

# AC-PDP 구동에 있어서 V-Q Lissajous' Figure을 이용한 벽전하 거동분석

정중갑, 조우성, 최창훈\*, 주병권\*\*, 박선우\* 김철주\*, 노승용\*, 김영조  
청운대학교, 서울시립대학교\*, 한국과학기술연구원\*\*

## Analysis of Wall-charge behavior using V-Q Lissajous' figure in AC-PDP driving

Jong-Kab Chung, Woo-Sung Cho, Chung-Hun Choi\*, Byeong-Keon Ju\*\*, Sun-Woo Park\*,  
Chul-Ju Kim\*, Seung-Ryong Rho\*, and Young-Cho Kim  
ChungWoon University, University of Seoul\*, KIST.\*\*

### Abstract

To understand the discharge characteristics in AC-PDP, it is necessary to study on the wall charge behavior. But, it is difficult to measure the wall charge directly. In this paper, the V-Q Lissajous' figure is used to measure the wall charge indirectly and analyze the wall charge behavior. With the V-Q Lissajous' figure, the discharge characteristics of AC-PDP are studied according to vary driving conditions, such as the frequency, pulse duty ratio, and rising & falling time. As a result, the V-Q Lissajous' figure is used to measure the discharge characteristics of the AC-PDP. It is confirmed that firing initial voltage and firing final voltage for discharge are effected by the aboved variables. Related with the wall voltage generation, it is thought that the difference of the slope at the V-Q Lissajous' figure is caused by charged ions inside the dielectric layer.

**Key Words** : AC-PDP, Lissajous' Figure, Duty ratio, Wall-charge

### 1. 서 론

최근의 정보기기의 급속한 발전과 가정용 TV의 대형화추세와 더불어, 디스플레이의 대형화, 박형에 대한 요구가 증대되고 있다. 박막형 대평면 디스플레이로서 현재 특히 주목을 받고 있는 것이 AC-PDP이다. AC-PDP의 특징은 대평면화가 가능하고, CRT에 비해 박형이다. 또한 AC-PDP는 자기 발광형 표시소자로서 160° 이상의 시야각이 넓은 다양한 장점이 있다. 이 때문에 벽걸이형 TV로써 사용되고 있다. AC-PDP는 방전에 따른 자외선 발생을 이용한 소자이기 때문에, 그 휘도향상, 효율개선을 위해서는 방전의 계측과 해석이 필수적이다. AC-PDP에서 벽전하가 중요한 역할을 하는데, 방전 개시전압과 벽전압에 따라 크게 달라지

기 때문에, 외부에서 내부의 방전상태를 관측하는 것은 불가능하다.

AC-PDP에서 방전은 유전층으로 덮여져 있는 전극 상에서 발생한다. 따라서, 방전 중에 하전입자들은 유전층 상에 쌓이게 되고 벽전하를 만들게 된다. 이러한 벽전하에 의해 Cell 내부에는 벽전압이 형성된다. PDP 방전을 과전압 Step방전이라 할 수 있는데, 이 방전의 특징은 전압의 상승속도가 방전의 지연시간보다 빠르며, 방전은 전압이 완전히 상승한 후 수백 ns 후부터 생성된다. 그결과, 방전시에 대량의 전하이동이 생기고, V-Q Lissajous' figure는 step 형태가 된다. 방전을 일으키는 전압은 방전유지전압보다 훨씬 높다.

방전종료까지 대량의 전하가 이동하기 때문에, 방

전을 종료할때의 전압은 비정상적으로 낮으므로, 결국 방전의 개시때와 종료시에 큰 전압의 변동이 있다. AC-PDP의 방전은 이상과 같은 특징을 가지고 있기 때문에 V-Q Lissajous' figure에 따라 측정이 행해지고, 다음과 같은 이점을 가진다. 우선, 방전부분과 비방전부분을 식별할 수 있기 때문에, 방전상태를 추측하는 것이 가능하다. 특히 PDP 방전은 전압이 상승하는 동안 극히 짧은 시간에 이루어지기 때문에, 그 방전부분을 확대하여 측정하는 것이 가능하고, 방전에 따라 이동한 전하량을 용이하게 측정할 수 있다. 벽전하의 측정은 과거에 측정할 예가 있지만, 통상적인 방법으로 측정하는 것은 어려운 일이다.[2], [4]-[5] 보통 V-Q Lissajous' figure의 상단과 하단사이의 높이는 방전에 이동한 전하량을 나타내고, 이 전하이동은 모든 Cell에 대하여 거의 동시에 생성되는 것으로 보여진다. 이 변화는 하나의 Cell에서 생성되는 방전현상과 거의 흡사하다.

본 연구에서는 43인치 AC-PDP에 벽전하 특성에 관한 연구를 하기위해서 V-Q Lissajous' figure를 이용하여 다양한 구동 조건하에서 벽전하 거동에 관한 물성분석을 시도하였다.

## 2. 실험

V-Q Lissajous' figure를 이용하여 AC-PDP의 벽전하를 산출하기 위해서 전기적인 모델링 및 등가회로를 세웠다.

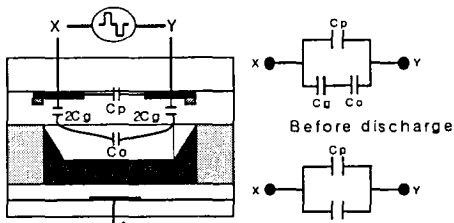


그림 1. AC-PDP의 전기적인 모델링 및 등가회로

그림 1.은 AC-PDP 단위 Cell의 전기적인 모델링과 등가회로를 나타내고 있다. 우측의 그림은 두개의 방전 유지 전극(x, y전극) 위에 유전체 층이 형성되어 있으며 전극 사이의 정전용량( $C_p$ ), 각각의 전극과 유전체 층 사이의 정전용량( $C_g$ ), 방전

공간의 정전용량( $C_0$ )의 3개의 정전용량으로 구성된 전기적 모델링을 보여주고 있다. 좌측의 그림은 방전 전에 정전용량을 나타내는 등가회로와 방전동안(직후)에 정전용량을 나타내는 등가회로를 나타낸 것이다.

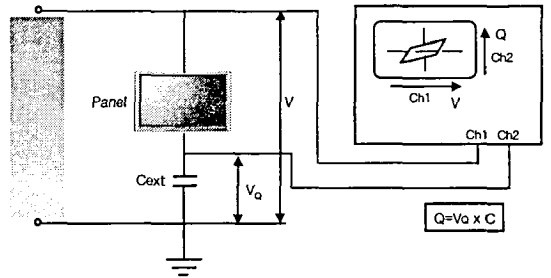


그림 2. Lissajous' figure을 얻기 위한 실험 장치

그림 2는 V-Q Lissajous' figure을 얻기 위한 실험장치로써 방전시 생성되는 전하량을 측정하기 위해서 AC-PDP에 외부 커패시터( $C_{ext}$ )를 직렬로 연결하였다. 이 때 커패시터( $C_{ext}$ )의 정전용량은 구동 전압에 관련하여 충분히 큰 값을 갖는 커패시터를 사용하였다. 구동전압과 외부 커패시터 양단의 전압을 오실로스코프의 한 화면에 표시하여 V-Q Lissajous' figure를 얻었다. 즉 x(Ch1)축에는 패널에 제공되는 전압, y(Ch2)축에는 방전에 의해 형성되는 전압이다.

본 실험에서 사용된 패널의 ITO 전극 폭이 290 $\mu$ m, ITO 전극 간격이 80 $\mu$ m이고 격벽 높이가 130 $\mu$ m, 유전체의 두께가 30 $\mu$ m, 방전 가스로는 400Torr Ne+Xe(4%)의 2원 가스를 사용하였다.

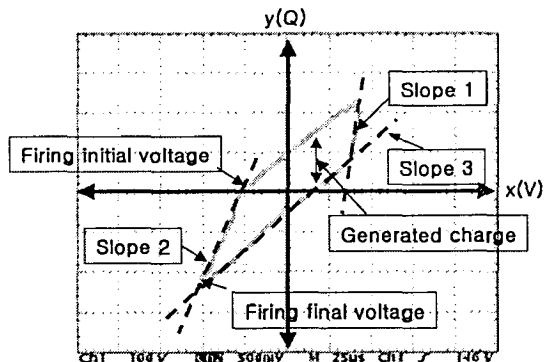


그림 3. Lissajous' figure

그림 3은 V-Q Lissajous' figure를 나타내고 있다. x축은 구동 전압을 나타내며 y축은 구동시 발생하는 전하량을 나타내고 있으며 slope 1, 2는 방전이 진행되는 동안의 기울기, slope 3는 방전 전의 변위전류에 의한 충전 기울기를 나타내며, 기울기는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$Slope = \frac{\Delta V_{vertical}}{\Delta V_{horizontal}}$$

측정한 V-Q Lissajous' figure의 y축은 실제로는 전하량을 나타내지만, 측정시에는 전하량에 대한 전압으로 측정된다. 이러한 전압의 변화량  $\Delta V$ 를 전하량하며, 구동시 발생하는 총 전하량  $Q_{total}$ 으로 표현하기 위해 다음 식을 사용하였다.

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

$C_{ext}$  : 외부 커패시터

$\Delta V$  : 구동시 발생하는 전압의 변화량

총 전하량  $Q_{total}$ 를 이용하여 AC-PDP에서 하나의 셀에 해당하는 벽전하량을 산출할 수 있다. 벽전하량  $Q_{Cell}$ 은 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

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

$Q_{total}$  : 구동시 발생하는 총 전하량.

$N$  : 방전 셀 개수

본 연구에서 실험에 사용된 Cell의 개수는 2556개이며, 이식을 이용하여 도표들에서(표1, 2, 3) 보인 바와 같이 Cell당 전하량을 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 V-Q Lissajous' figure를 이용하여 벽전하 거동에 관한 물성분석을 시도하였다.

그림 4는 구동 조건이 주파수 100[kHz], rising & falling time 500[ns], 구동 전압 170[V]일 때 펄스폭이 증가함에 따른 V-Q Lissajous' figure을 보여주고 있다. 펄스폭이 증가할수록 벽전하량은 증가하고 V-Q Lissajous' figure의 좌우의 방전 개시 전압의 차가 증가하여 slope 차가 증가함으로 인하

여 벽전하가 증가한다는 것을 알 수 있었다. 표 1에서 알 수 있듯이 펄스폭이 증가할수록 기울기의 차가 나는 것을 확인할 수 있었다.

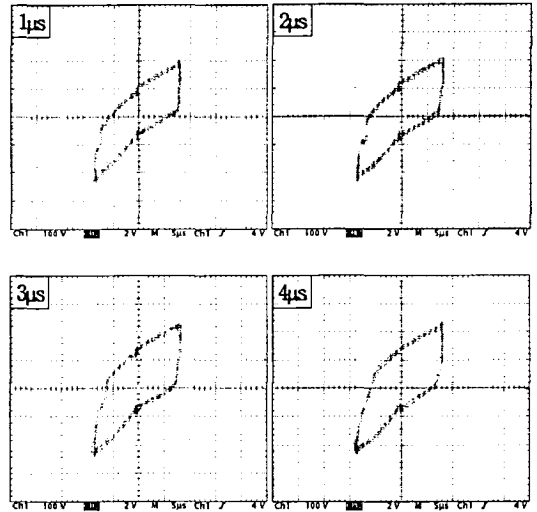
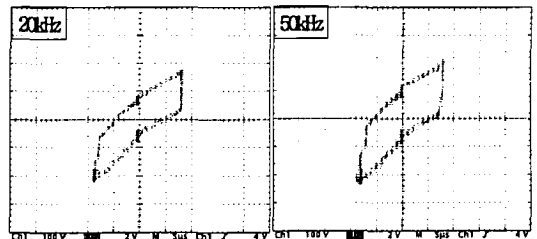


그림 4. 펄스 폭에 따른 V-Q Lissajous' figure.

표 1. 펄스폭에 따른 slope 차와 벽전하량.

Variable factor		$\frac{slope\ 2}{slope\ 1}$	$Q_{one\_Cell}$ (pC)
Pulse	1μs	0.14	4.44
	2μs	0.24	6.2
Width	3μs	0.36	7.64
	4μs	0.48	9.94

그림 5는 구동 조건이 펄스폭 3[μs], rising & falling time 500[ns], 구동 전압 170[V]일 때 주파수에 따른 V-Q Lissajous' figure를 보여주고 있다. 주파수가 증가할수록 벽전하량은 증가하고 V-Q Lissajous' figure 개시전압과 종료전압의 차가 증가하여 좌우 slope 차가 증가한다. 이는 펄스폭 변동과 동일한 결과가 나타난다는 것을 알 수 있었다.



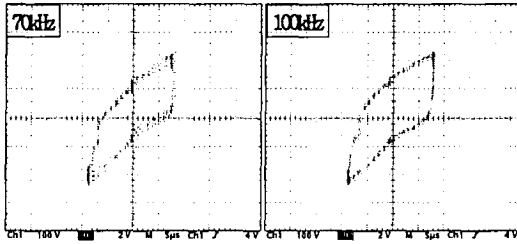


그림 5. 주파수에 따른 Lissajous' figure

표 2. 주파수 가변시 Lissajous' figure

Variable factor		$\frac{slope\ 2}{slope\ 1}$	$Q_{one\_Cell}$ (pC)
Frequency	20kHz	0.18	0.42
	50kHz	0.29	2.32
	70kHz	0.32	3.73
	100kHz	0.36	7.64

표 2에서 보는바와 같이 펄스폭을 가변했을 경우와 동일한 경향을 보이는 것을 알 수 있었다.

그림 6은 구동 조건이 주파수 100[kHz], 펄스폭 3[ $\mu$ s], 구동 전압 170[V]일 때 rising & falling time이 증가할수록 벽전하량은 작아지고 V-Q Lissajous' figure의 slope 차가 작아질 때, 벽전하량이 증가하는 것을 알 수 있었다

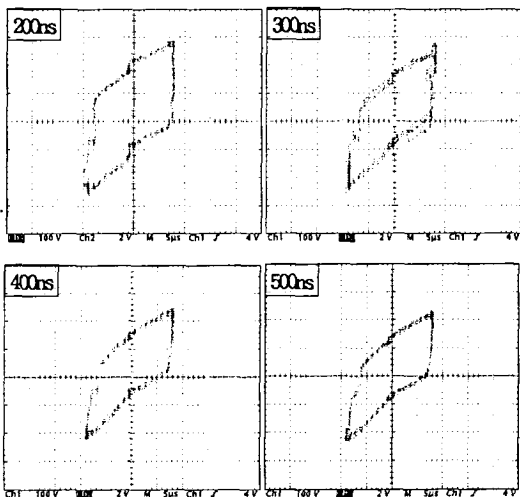


그림 6. rising & falling time에 따른 Lissajous' figure

표 3. Rising & Falling time에 따른 slope 차와 벽전하량.

Variable factor		$\frac{slope\ 2}{slope\ 1}$	$Q_{one\_Cell}$ (pC)
Rising & Falling time	200ns	0.09	12.3
	300ns	0.12	10.2
	400ns	0.22	8.61
	500ns	0.36	7.64

표 3에서 보인바와 같이 rising & falling time이 증가할수록 기울기차가 심해지는 것을 알 수 있었으며, rising & falling time이 짧으면 방전이 급격하게 일어나기 때문에 벽전압이 상승하여 전하량 또한 rising & falling 짧을수록 커지는 것을 알 수 있다.

그림 7은 구동 전압 펄스를 인가하였을 때 발생하는 방전전류를 보여주고 있다. 전압이 상승하는 동안 패널에 충전하는 충전전류 즉, 변위전류가 형성된 후에, 방전전류가 형성되는 것을 나타내고 있으며, 동일한 구동 전압 펄스 하에서 유지 전극 당 방전전류가 서로 다르게 형성되고 있는 것이 관찰되었다. 즉 한쪽의 전극에서는 변위전류가 끝나고 방전전류가 형성되는 반면에 다른 한쪽의 전극에서는 방전전류가 끝나기 전에 방전전류가 형성되는 방전 지연이 일어나는 것을 알 수 있었는데, 이러한 현상은 AC-PDP 방전시 유전체 내부 및 표면에 존재하는 양전하 및 음전하의 응답시간이 상이함을 보여주고 있으며(slope 1 및 2), 이는 그림 7에서 방전전류의 형태 및 방전 개시점이 상이함에서 서로 확인할 수 있었다.

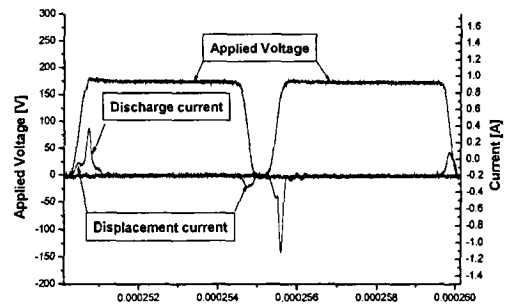


그림 7. 구동 전압 펄스와 이에 따른 방전 전류.

#### 4. 결 론

AC-PDP 방전의 계측에 V-Q Lissajous' figure를 사용하여 AC-PDP 벽전압과 벽전하, 방전 개시 전압과 방전 종료전압, 벽전하의 거동에 관련한 측정이 가능하였고, V-Q Lissajous' figure를 이용하여 주파수, 펄스폭, rising & falling time을 가변하였을 경우 방전지연이 생기는 것을 알 수 있었는데, 이러한 현상은 AC-PDP 유전체 특성에 의해서 발생하는 것으로 보여지며 향후에 유전체와 셀 내부의 다양한 요소들에 대한 분석을 통하여 보다 안정적인 방전특성을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] Heui Seob Jeong, Yukio Murakami, Masahi ko seki, and Hiroshi Murakami, "Discharge Characteristics With Respect to Width of Address Electrode Using Three-Dimensional Analysis", IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 29, No.3, 2001.
- [2] Min-Soo Kim. et al, "Novel Measurement Wall Voltage in AC-PDPs", IDW'00, p. 719~722
- [3] Oleg Koudriavtsev, Shengpei Wang, Yoshihiro Konishi, and Mutsuo Nakaoka, Cundy, "A Noval Pulse-Density-Modulated High-frequency Inverter for Silent- Discharge-Type Ozonizer", IEEE Transaction on Industry Applications, Vol, 38, No. 2, 2002.
- [4] Y. Hashimoto and K. Sahakita, "Characterization of AC-PDPs using Wall Voltage Transfer Curves", Proc. Fujitsu, Vol. 48, No. 3, pp. 203-208, 1998
- [5] Yasutaka Inanage, et. al., "Measurement of Wall Charge in a Surface Discharge AC-PDP", IDW, 1997