

## Sine파를 이용한 새로운 AC-PDP 구동 파형 해석

최원영 옥정우 최준영 유수복 이해준  
부산대학교 고전압 및 PDP, 연구소 울산과학기술대학 전기공학과

### An analysis of new driving wave form Using Sine Wave on AC-PDP

Won-Young Choi, Jung-Woo Ok, Joon-Young Choi, Su-Bok Yoo, Hae-Jun Lee  
Pusan National Univ. Ulsan College

**Abstract** - Cathode ray tube(CRT)를 대체 할 수 있는 차세대 display 중 plasma display panels(PDPs)가 각광받고 있지만, 여전히 효율 개선은 중요한 과제이다. 본 연구에서는 기존의 PDP driving 중 발광영역에 sine wave를 접목시켜 수치해석하였다. 수치해석은 2차원 fluid-code simulator를 사용하였고, 여러가지 sine wave형태와 세폭 pulse를 조합하여, 30%이상의 효율 향상을 얻을 수 있었다.

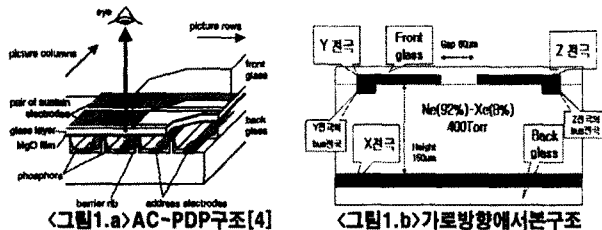
#### 1. 서 론

최근 대중 매체의 발달과 더불어 대화면 평판 디스플레이 소자에 대한 요구가 증대되고 있다.[1] 이와 동시에 디지털 TV방송시대가 도래함으로써 디지털 방송에 적합한 40inch 이상의 대형 디스플레이 소자의 요구 또한 증대되고 있다. 이에 AC-PDP(Alternative Current Plasma Display Panel)는 기존의 CRT(Cathode Ray Tube)와 LCD(Liquid Crystal Display)에 비해 대형화가 용이하다는 장점으로 인해 차세대 디스플레이 소자로서 각광받고 있다.[2] 그러나, 다른 디스플레이소자에 비해 효율이 낮다는 문제점을 가지고 있으며, 이는 넓은 광시야각, 대형화의 용이함, 긴 수명, 선명한 화질 같은 PDP장점에도 불구하고, PDP 시장의 확장을 가로 막고 있다. 본 논문에서는 대부분 PDP의 sustain period에 쓰이는 구형파 외에 sine wave를 이용하여 고효율을 이룰 수 있는 파형을 제안하여 simulation 해 보았다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 시뮬레이션 모델

기본적인 AC-PDP의 구조는 그림1.a이고, PDP 방전을 시뮬레이션하기 위해 사용된 모델은 아래 그림1.b와 같다. PDP는 상, 하판 두 장의 유리 기판으로 구성되어 있고, 상판에는 ITO로 이루어진 Y전극과 Z전극(Sustain electrode)가 있으며, 그 위에 유전층이 유지 전극을 덮고 있으며, 방전 시에는 충격으로부터 이 유전층을 보호하기 위한 MgO 박막이 유전층 위에 증착되어 있다. 그리고 하판에는 방전을 제어하기 위한 X전극(address electrode)과 인접 cell과의 구분을 위해 격벽이 형성되어 있으며, 이 격벽 사이에 표면 방전에서 발생하는 진공 자외선을 가시광으로 변화하는 R, G, B 삼원색의 형광체가 도포되어 있다. 그리고 내부에는 Ne(buffer gas)과 Xe으로 구성된 혼합 gas를 넣고 봉인한다. PDP의 원리를 설명하면 Xe에서 여기되는 진공 자외선으로 형광체를 여기시킴으로써 발생하는 가시광을 이용하는 구조로 되어 있다.[3] 여기에서는 Ne(92%)와 Xe(8%)의 혼합기체를 400torr 압력에서 simulation 했다.



##### 2.2 시뮬레이션 모델에 사용된 가전압과 식

식(1)은 continuity equation으로 좌변 첫 번째항의 n은 밀도이고, 두 번째항의  $\vec{I}$ 는 flux이며, 우변은 생성되거나 또는 소멸되는 양이다. 식(2)는 drift-diffusion에 의한 momentum transport equation으로서, 좌변의 첫 번째항의  $\mu$ 는 mobility를 말하며, D는 diffusion coefficient 이다. 식(1)을 이용하여 밀도를 계산하고, 식(2)를 통하여 flux를 계산한다. 식(2)에서 필요한 E는 poisson's equation을 이용한다. 그리고, PDP는 압력이 높아서, 충돌이 빈번하다는 가정을 할 수 있어서, 국소적으로 E가 일정하다는 가정을 하는 local field approximation을 사용했다.

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{I}) = G - L \quad (1)$$

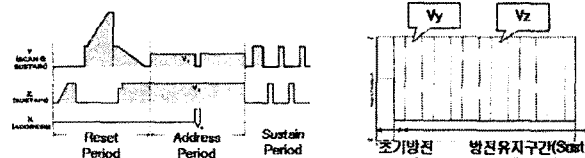
$$\vec{I} = \mu n \vec{E} - D \nabla n \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (3)$$

##### 2.3 시뮬레이션 모델에 사용된 파형

그림2.a는 실제 AC-PDP 구동에 사용되는 ADS(address display seperated) 파형을 나타낸 그림이다. Reset period에서는 전극간의 구동으로 잔존해 있는 벽전하를 초기화시키고, Address period에서는 영상신호에 맞게 방전된 Cell을 지정하고, 이 지정된 Cell은 sustain period에서 발광을 시킨다.

그림2.b는 장시간의 시뮬레이션시간을 줄이기 위하여 Sustain구간만을 분석한 simulation에서 사용된 파형을 나타내고 있다. 초기 구동은 많은 벽전하와 하전입자의 생성을 위하여 address전극과 강한 방전을 일으키고, 다음 방전부터는 Y전극과 Z전극간의 sustain방전을 일으켰다. 인가전압의 rising time과 falling time은 둘 다 0.1us으로 simulation 하였다.



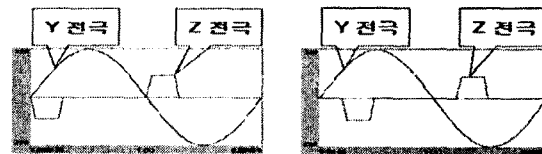
<그림 2.a> AC-PDP에서 사용되는 ADS 파형 <그림 2.b> Simulation Pulse 파형

##### 2.4 제안한 파형

고효율의 PDP를 위하여 기존 pulse구동 방식 대신 sine wave를 적용하여 수치해석해 보았다. 그러나 sine wave만으로 방전을 시키면방전이 유지되는 구간에서 X전극과 Y전극이 방전이 되는 대향방전을 일으키는 문제가 발생해서, 그림3.a와 3.b와 같이 sine wave와 auxiliary pulse를 조합한 파형을 인가하였다.

그림3.a는 sustain period의 한주기 동안의 sine wave와 auxiliary pulse 파를 인가한 그림이다. Auxiliary pulse파의 rising time은 0.1us, falling time은 0.1us 이다.

그림3.b는 그림3.a의 낮은 휘도를 보완하기 위해 sine wave가 인가되는 Y전극과 Z전극사이에 전압변동을 크게 주기위하여 auxiliary pulse의 시작시간을 sine wave 시작시간보다 늦게 인가했다. Auxiliary pulse파가 시작되는 시간을 delay time 이라 하고, 이 delay time에 따라서 휘도 및 효율의 특성을 살펴 보았다.



<그림 3.a> 제안1파형

<그림 3.b> 제안2파형

#### 3. 수치해석 결과

##### 3.1 제안1파형

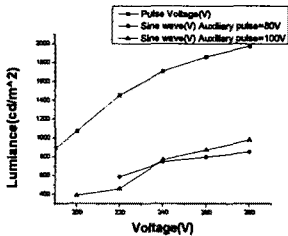
그림4.a와 4.b는 100kHz에서, 그림4.c와 4.d는 200kHz에서 인가 전압별 휘도, 효율특성이다. 휘도와 효율은 각각 식(5),식(6) 같이 계산되었다.

$$Efficacy = \frac{\pi \times Lumiance(cd/m^2) \times Area(m^2)}{Power(W)} \quad (5)$$

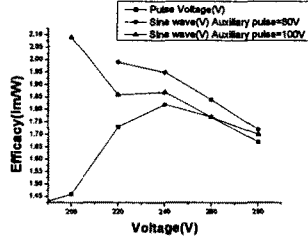
$$\text{Power} = \int \vec{J}(A/m^2) \cdot \vec{E}(V/m) dv \quad (6)$$

100kHz의 경우, 240V 기준으로 Auxiliary pulse가 80V이고 폭은 1us 일때, 휘도는 pulse만 인가했을 보다 60%정도 감소했으나, 효율은 10%정도 증가 하였다. 200kHz의 경우엔, 220V 기준으로 Auxiliary pulse가 100V이고 폭은 0.5us일때, 휘도는 pulse만 인가했을 때 보다 40%정도 감소했으나, 효율은 20%정도 증가하였다.

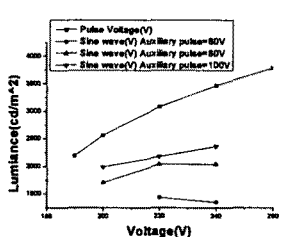
주파수가 2배증가 하면, pulse파형의 경우와 제안1파형의 경우 모두 2배정도의 휘도 상승을 보여준다. 하지만, 효율은 pulse만 인가한 파형이 5%정도 효율 상승을 가져왔지만, 제안1파형이 15%정도로 pulse만 인가한 파형보다 10%정도 효율 상승을 더 가져왔다.



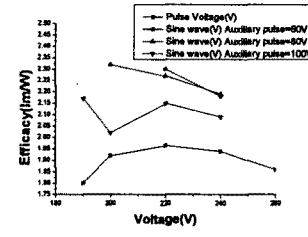
〈그림4.a〉100kHz에서의 휘도 비교.



〈그림4.b〉100kHz에서의 효율 비교.



〈그림4.c〉200kHz에서의 휘도 비교.

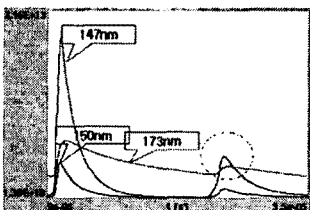


〈그림4.d〉200kHz에서의 효율 비교.

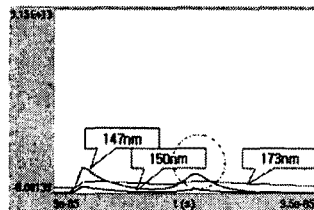
그림5.a부터 5.d까지는 한 pulse 내에서 Xe 여기종에 의한 VUV(Vacuum Ultraviolet)의 변화를 나타낸 그림이다. 그림5.a와 그림5.c는 pulse파형에서의 VUV특성이고, 그림5.b와 그림5.d는 제안 1파형의 VUV특성을 나타낸 그림이다.

Xe은 3종류의 VUV가 있으며, 147nm, 173nm, 150nm으로 나타난다. 이 중 173nm는 Metastable 영역에 존재하는 파장으로 147nm와 150nm의 파장보다는 수명이 길다. 그래서 그림5의 모든 그림에 173nm는 방전이 일어난 후에도 존재하게 된다. Xe에 의한 VUV가 발생하여 PDP격벽과 하판에 R,G,B 형광체를 여기시켜, 가시광이 나타나므로, VUV양이 휘도의 크기에 영향을 크게 미친다.

동일한 주파수에서는 제안1파형이 pulse파형보다 Y전극과 Z전극의 전압상승률이 낮아서 강한 방전이 일어나지 않으므로 전류가 pulse파형을 인가했을 때보다 낮게 나타났다. 100kHz, 200kHz일때, 전류는 sine wave의 경우가 pulse 파형의 경우보다 100kHz는 40% 200kHz는 30%정도 낮게 나타나고, VUV peak도 sine wave의 경우가 pulse파형의 경우보다 100kHz는 40%정도 200kHz에서는 30%정도 낮아졌다. 식(5)에 따르면 같은 전압일 경우 효율은 휘도와 전류만의 식으로 볼 수 있으며, 분모 분자의 값이 비슷한 비율로 떨어지면 효율은 상승한다. 주파수가 2배가 되면, 두 가지 파형 모두 VUV peak가 늘어나는 것을 알 수 있다. 특히 제안 1파형의 경우, 3종류 VUV양의 증가가 두드러졌으며, 이 때문에 휘도의 증가뿐만 아니라, 효율에서도 pulse파형보다 더 높은 증가를 보였다.

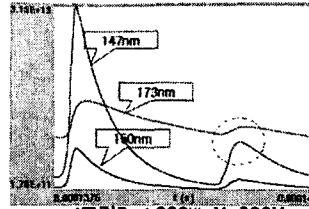


〈그림5.a〉100kHz, V=220V VUV 특성

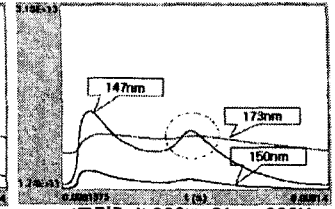


〈그림5.b〉100kHz, Sine=220V Auxiliary pulse=100V VUV 특성

각 그림에 2번째 peak들은 pulse파형과 auxiliary pulse파형의 전압이 0V로 역전되면서 유전체 표면에 잔존해 있는 벽전하가 방전을 일으키면서 생기는 VUV를 보여주는 영역이다. 이 영역은 방전후 잔존해있는 PDP내부의 입자들에 의해서 VUV가 생기는 영역이므로, 효율을 높여주는 부분이다.



〈그림5.c〉200kHz, V=220V VUV 특성

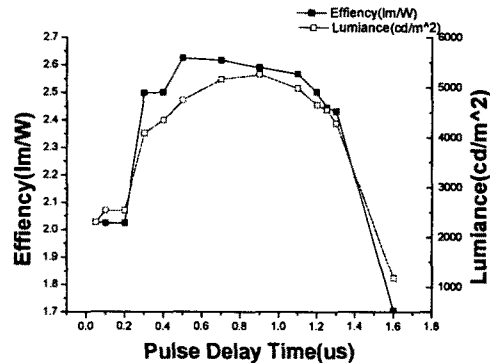


〈그림5.d〉200kHz, Sine=220V Auxiliary pulse=100V VUV 특성

### 3.2 제안2 파형

제안 1파형의 낮은 휘도를 보완하기 위하여, Y전극과 Z전극에 강한 방전을 일으키기 위한 파형(제안2파형)을 제안했다. 그림6은 sine 크기가 220V, auxiliary pulse는 100V이고, 주파수는 200kHz일때 delay time에 따른 휘도 및 효율 특성을 나타낸 그림이다.

그림6을 보면 auxiliary pulse의 시작시간(delay time)이 0.5us에서 pulse가 인가되었을때, 2.62lm/W라는 최대 효율을 얻었고, 휘도는 4749cd/m<sup>2</sup>이었다. 이는 delay time이 0이었을때 보다 약 15%의 효율 상승과 약 100%의 휘도 상승을 가져왔고, Pulse파형을 인가했을 때 보다 효율은 30%정도 휘도는 50%정도 상승했다. 그러나 sine wave의 최대치에 도달하는 1.25us 이후의 auxiliary pulse를 인가했을 경우에는 효율과 휘도가 떨어졌다.



〈그림 6〉 제안2 파형의 Delay Time 이후 인가 했을 때, 휘도와 효율 특성.

### 4. 결 론

본 연구에서는 PDP의 고효율을 얻기 위하여 sustain에서 사용되는 pulse 파 대신 sine wave와 auxiliary pulse와의 조합으로 더 높은 휘도와 효율을 얻을 수 있는 파형을 제안했다.

Sine wave가 인가 되면서 고휘도 고효율이 되기 위해서는 200kHz가 되어야 하며, Sine wave의 시작지점보다 auxiliary pulse가 sine wave의 주기에 10%정도 늦춰져서 인가되었을때, 같은 크기의 pulse파형의 경우보다 효율은 30%정도 상승 시켰고 휘도는 50%정도 증가시킬 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] C. H. Park et al. "Surface-discharge characteristics of MgO-thin films prepared by reactive RF unbalance magnetron sputtering", Thin Solid Film, vol 366, pp83-94 2000
- [2] S. H. Lee et al, "A Study on New Shaped Sustaining Electrode Showing High Luminance and Luminous Efficiency" Journal of Information Display, vol. 2, no. 1, pp20-23, 2
- [3] S. H. Lee et al, "The Effect if Dielectric Thickness and Barrier Rib Height on Addressing time of Coplanar ac PDP". Journal of KIEE, vol. 11, no. 1, pp41-45, 200001
- [4] G. J. M. Hagelaara "Energy loss mechanisms in the microdischarges in plasma display panels", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2033p, 15 FEBRUARY 2001