

AC 플라즈마 디스플레이패널의 방전개시전압의 모델과 실험의 비교에 관한 연구

Comparison Study Between Modeling and Experiment of the Breakdown Voltage for AC Plasma Display Panel

박장식*
(Jang-Sick Park)

Abstract

Breakdown voltage model and experiments are compared for discharge cells of AC plasma display panel. In the model, discharge paths are assumed to be initial electric field lines and the one-dimensional continuity equation is applied to the charged particle transport at each field line. The comparisons are performed in the wide range of gas pressure(50-600torr), Xe partial pressure over total pressure(1-6%), sustain electrode gap(100-1000 μ m), wall height(130, 300 μ m), and voltage pulse width(2-6 μ s). The presented breakdown voltage model well agrees with experiments in the above wide range. The increase of breakdown voltage with the decrease of the width(L) of protruding electrode is also described by the model.

Key Words : Plasma Display Panel, Breakdown voltage, Sustain electrode, Discharge cell

1. 서 론

PDP(Plasma display panel)의 성능향상을 위한 기초적 연구로서 방전개시전압을 낮추기 위해 방전셀구조를 최적화 하는 것은 중요한 연구분야이며 방전셀을 디자인하기 전에 modeling에 의해서 셀구조의 인자를 최적화하는 것은 유용한 방법이다.

Plasma simulation으로 방전셀의 복잡한 방전현상을 분석한 몇 편의 논문이 있다. [1-3] Modeling과 실험사이에 양적인 불일치는 부정확한 Modeling

보다는 입력 data의 불확실성으로 발생해서 3차원 plasma simulation은 실제적인 design 응용에는 유용하지 않다. 방전개시전압에 대한 간단한 분석적 모델이 있지만 3차원은 취급하고 있지 않다. [4] 저자는 3차원 임의의 셀구조에 응용가능한 방전개시전압에 대한 유용한 modeling을 제시하고, Computer simulation을 AC PDP의 실험적 결과와 비교하였다. [5] 본 논문에서는 방전셀 유지전극의 갭을 80~1000 μ m, 격벽높이를 130, 300 μ m, 인가전압의 펄스폭을 2~6 μ s으로 실험범위를 확장하여 실시하고 computer simulation과 비교하여 모델이 AC-PDP의 실제적 design에 응용가능한 것에 대해 검토하였다.

*: 현대전자 TFT-LCD SBU

(경기도 이천시 부발읍 아미리 산136-1,

Fax: 031-639-6458 E-mail: jangsick@hei.co.kr)

2000년 9월6일 접수, 2000년 11월 17일 심사완료

2. 방전개시전압 모델과 실험

2.1 방전개시전압 모델

방전개시전압 모델은 가스의 전자, 이온 그리고 metastable 상태가 전기력선을 따라가며 방전경로를 형성한다는 가정으로 다음의 효과가 고려될 수 있도록 했다. (1)Xe, Ne 각각의 이차 전자 방출 계수 (2)Penning 효과 (3)펄스폭 의존 효과 (4)확산 손실 (5)벽전하에 의한 전기장 변화, 방전개시순간에는 셀내의 공간전하가 적어서 전기장의 영향이 크지 않기 때문에 셀내의 전기장은 전극에 가해진 전압을 경계조건으로 Laplace 방정식으로 표현된다.

$$\nabla^2 \phi = 0$$

이때 address 전극은 측정 실험과 같이 floating 상태를 선택하였다. 전기력선을 따라서 일어나는 Townsend avalanche 는 다음과 같이 일차원 연속 방정식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial j_e}{\partial x} &= (\alpha_1 + \alpha_2 - \beta)j_e + \nu_p n_m \\ \frac{\partial n_1}{\partial x} + \mu_1 E \frac{\partial n_1}{\partial x} &= \alpha_1 j_e \\ \frac{\partial n_2}{\partial x} + \mu_2 E \frac{\partial n_2}{\partial x} &= \alpha_2 j_e + \nu_p n_m \\ \frac{\partial n_m}{\partial x} &= \alpha_m j_e - \nu_p n_m \\ j_e|_{cathode} &= -(\gamma_1 n_1 \mu_1 + \gamma_2 n_2 \mu_2) E|_{cathode} \end{aligned}$$

여기서 e, 1, 2, m 그리고 P는 각각 전자, Ne 이온, Xe 이온, Ne metastable 상태, Penning 효과를 가르킨다. 그리고 n, j, α , ν , β , γ , μ 그리고 E는 각각 입자밀도, 입자유속, 타운젠트 일차계수, 생성율계수, 손실율계수, 이차 전자방출계수, 이동도 그리고 전장을 나타낸다. 타운젠트 전자사태가 반복됨에 따라 전자와 이온이 이동하여 유전체 표면에 축적되는 전하에 의한 전기장의 변화가 일차원적으로 고려된다.

$$E(x, t) = E(x, 0) - \frac{e}{2\epsilon_0} \int_0^x \{j_e(l, t') - j_1(0, t') - j_2(0, t')\} dt'$$

여기서 유지전극 양극위 유전체표면을 $x=0$, 전기력선을 따라 가스공간에서 끝나기까지의 길이를 $x=1$ 로 정의한다.

이 모델에서는 혼합가스의 전자 이동도와 확산계

수와 전자와 중성입자와의 반응율 계수를 결정하기 위해 전자에너지 분포의 Boltzmann 분석을 사용한다. 경계에 대한 전자확산손실은 전자연속방정식에서 손실항(βj_e)으로 고려되었다.

$$\beta = \frac{D}{\Lambda^2} \frac{1}{v_e}$$

$$\frac{1}{\Lambda^2} = c \left(\frac{1}{L_y^2} + \frac{1}{L_z^2} \right)$$

이 때, D는 전자의 확산계수, v_e 는 drift 속도, L_y, L_z 는 전기력선의 방향에 수직이 되는 두 방향에서 gas 공간거리의 1/2 이고 c는전기력선의 모양 및 셀 구조에 대응하는 조정계수이다. 낮은 이온 에너지 (~100eV)에 대해서는 재결합계수에 대한 정확한 data를 얻기 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 방전실험data에 가장 잘 맞는 model 인자로서 다루어 추출하였다. Xe 1% 실험결과에 가장 잘 맞도록 하였으며 γ_1, γ_2 를 동일 셀구조에서 추출한 다음, 전극간격이 다른 구조에서의 실험결과로부터 c를 추출하였다. (이 논문에서는 Ne/Xe 혼합가스에 대해서 γ_1, γ_2 는 각각 0.5, 0.02 이고 c는 1.7 이다. γ_1 은 참고문헌 [2]에서도 0.5를 사용하고 있다.)

이 모델에서는 전기장은 하나의 펄스가 인가되어 벽전하가 형성되고 초기 전기장 90%가 감소될 때, 방전소멸이 발생한다. 각 전기장을 따라 방전개시 전압을 구하고, 각 셀구조에서 방전개시 전압으로 최소값을 결정한다.

Ne, Xe의 혼합 gas에서의 전기장에 대응하는 Townsend 일차계수, 전자의 확산계수와 이동도는 전자에 대한 0 차원 Boltzmann 방정식을 해석하는 BOLSIG program을 이용해서 계산한 값을 사용하였고 이온의 이동도는 Siglo data를 적용하였다. [6] 2차전자방출과 전자확산손실에 관계하는 3가지 인력인자만 실험결과로 조정한다.

2.2 실험

본 실험에서 사용한 panel 크기는 4~7개 Block으로 구성된 4.5" 로서 셀구조는 3개의 전극표면 방전 PDP의 전형적인 형태이다. [7-8] 유지전극으로는 ITO 투명전도막을 사용하고 Address 전극은 Ag paste를 screen printing에 의해 형성하였다. 전극상부에는 screen printing 방법에 의해 30 μ m 유전체 층을 형성하였으며 격벽 높이는 130, 300 μ m로 제작

하고 격벽에는 녹색의 형광체를 printing 하였다. 전면판과 후면판을 합착해서 가스주입하기 전에는 450℃에서 약 10^{-8} Torr 까지 panel 내부를 진공배기 하고 1시간정도 aging을 실시한 후 다시 가스를 주입해서 실험을 실시하여 방전셀내부의 배기가스의 영향을 제거하였다. 실험은 50~600torr 압력에서 1~6% Xe-Ne 농도로 방전셀의 유지전극갭은 80~1000 μ m, 격벽높이는 130, 300 μ m 에서 실시하였다. Panel에 인가한 pulse 발생기의 주파수는 88.5kHz, pulse 폭은 4~6 μ s이다.

3. 결과 및 고찰

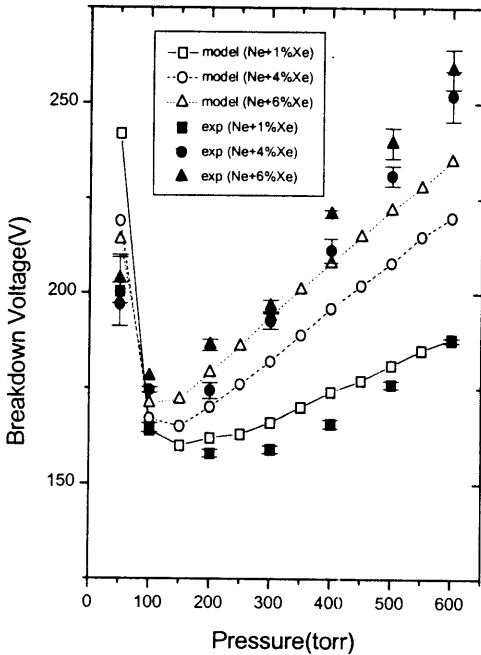


그림 1 Gas 압력과 Xe 농도의 함수로서 방전개시 전압의 계산값과 측정값

Fig.1 The calculated and the measured breakdown voltage as a function of the gas pressure and Xe concentration

AC 표면 방전 PDP의 셀구조에 대한 simulation과 실험결과를 비교하였다. 그림 1은 gas 압력이 50torr에서 600torr로, Xe의 농도가 1, 4, 6%일 때 simulation에서 구한 방전개시 전압(점선)과 실제 test panel에서 구한 방전개시 전압을 도시한 것이

다. 이때 방전 유지전극 간격과 격벽높이는 각각 100 μ m, 130 μ m 이고 방전펄스의 폭은 4 μ s이다. Xe 1%에서 가장 작은 값을 갖고 Xe 4%, Xe 6%의 순서로 방전 개시 전압은 높아진다. 모델 인자를 실험값 Xe 1%로부터 추출하였는데 50torr을 제외하고는 상당한 범위의 압력에서 실험값과 잘 일치하

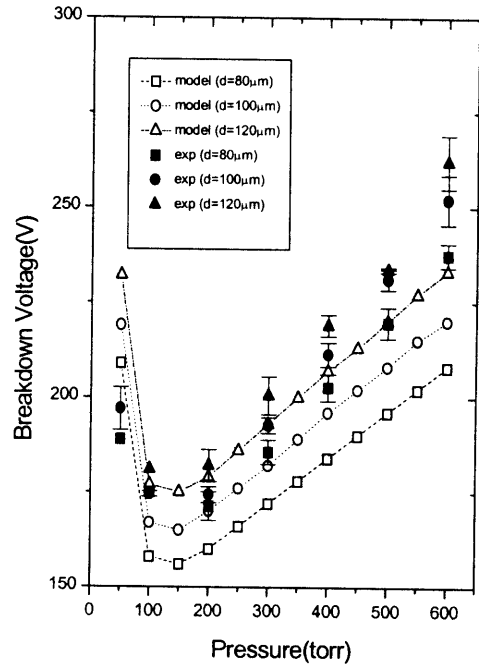


그림 2 Gas 압력과 유지전극 갭의 함수로 방전 개시전압의 계산값과 측정값.

Fig.2 The calculated and the measured breakdown voltage as a function of the gas pressure and sustain electrode gap

는 모델 인자를 얻을 수 있었으나 4%, 6%에서는 다소 계산값과 실험값에 차이가 발생한다. 그림 2는 gas 압력이 50torr에서 600torr로 방전유지 전극 사이갭이 80, 100, 120 μ m 에서 simulation에서 구한 방전개시 전압(점선)과 실제 test panel에서 구한 방전개시 전압을 도시한 것이다. 실험조건은 그림 1과 동일하며 방전유지 전극의 갭 80, 100, 120 μ m의 순서로 방전개시전압은 높아진다. 실험값은 Xe gas 농도가 4%의 경우인데 모델인자를 1%에서 추출하여 4%에서는 차이가 있다. 그러나 전극 간격에 따른 방전전압의 상대적인 차이는 매우 잘

일치한다. 따라서 모델은 전극간격에 따른 방전전압 변화를 잘 나타내고 있다.

그림3은 격벽높이 300 μm , 전극의 간격 100~1000 μm , 1% Xe-Ne가스에서 양광주의 효과 [8]를 측정하기 위한 실험으로 simulation값은 전극간격이 500 μm 를 중심으로 2개 영역으로 나뉘어져 있는 것을 알 수 있다. 측정값은 방전압력이 높고 전극

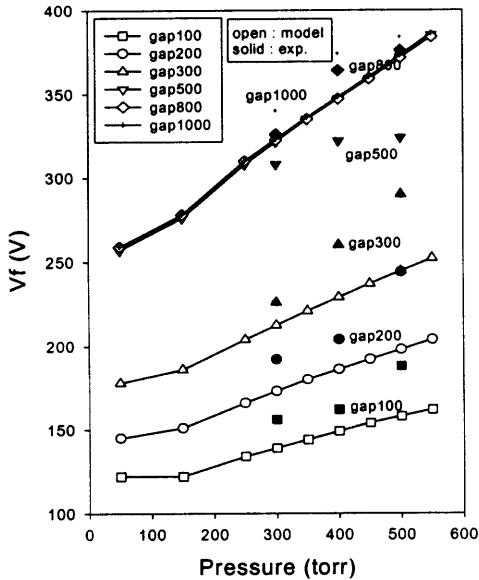


그림 3 gas 압력과 방전유지 전극갭에 대한 계산값과 측정값

Fig.3 The calculated and the measured break down voltage as a function of the gas pressure and sustain electrode gap.

간격이 클수록 방전개시전압이 높아지는 경향을 나타내며 계산값에서 처음 뚜렷하게 2개 영역으로 방전 개시전압이 나뉘어 나타나지 않고 방전전압이 500torr 정도로 높은 점에는 계산값과 측정값이 큰 차이를 보이게 된다. 그러나 측정값에서 전극간격이 800 μm , 1000 μm 일 때 방전개시전압의 차이가 크게 나타나지 않아 simulation 결과와 비슷한 경향을 나타낸다. Simulation에서는 전극간격이 500 μm 가 넘을 때 방전개시전압이 일정하게 유지되는 것은 방전이 유지전극과 address 전극 사이에서 전기장이 세어져서 방전이 발생되기 때문이다. 본 논문에

서 제시하는 방전 개시 전압은 종래의 구조를 벗어나 새로운 ITO 유지전극 구조에도 적용된다. 새로운 전극의 구조로 T 형태에 simulation 결과를 적용해 본다. T형의 전극폭(L)에 대한 방전개시전압(Vf)의 측정치 [9]를 simulation결과와 그림4에서 비교한다. 모델과 실험결과는 L이작아질 때 방전 개시 전압이 높아지는 것을 보여준다. 이것은 방전 패

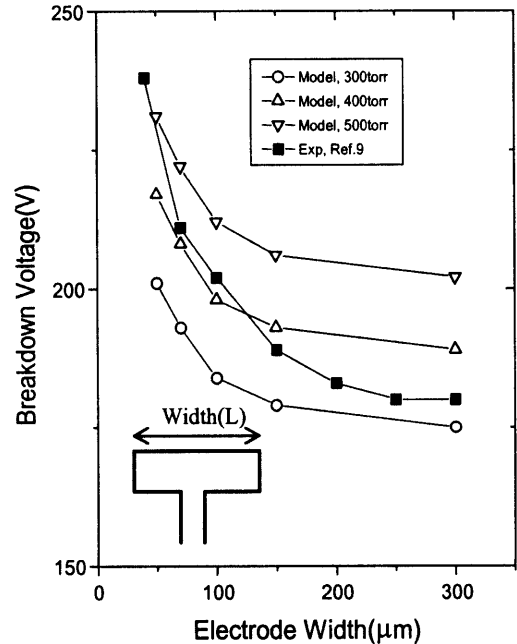


그림 4 T형 방전 유지 전극의 폭에 대한 방전 개시 전압 (모델 조건 : ITO 갭 100 μm , 유전체 두께 30 μm , Ne-Xe4%, 300-500 torr; 실험조건 [9] : 60 μm , 22 μm , Ne-Xe5%, 500torr)

Fig.4 Breakdown voltage vs. protruding electrode width(modeling condition : ITO gap 100 μm , dielectric thickness 30 μm , Ne-Xe4%, 300-500torr, experimental condition [9] : 60 μm , 22 μm , Ne-Xe5%, 500torr)

스에 대한 전기장의 감소에 기인한다. 그리고 방전 개시전압의 급격한 증가는 $L < 150 \mu\text{m}$ 영역에서 일어난다. 그림5는 인가전압의 펄스의 폭이 2 μs 에서 6 μs 로 변화할 때 방전개시전압을 실제 T형 패널을 측정된 값과 simulation에서 얻은값을 비교한 것이다. 인가전압의 펄스의 폭이 클수록 방전개시전압

은 낮아지며 전체적인 경향성은 잘못고 측정값과 계산값과의 차이는 8% 미만으로 실제 경향성과 잘 맞는다.

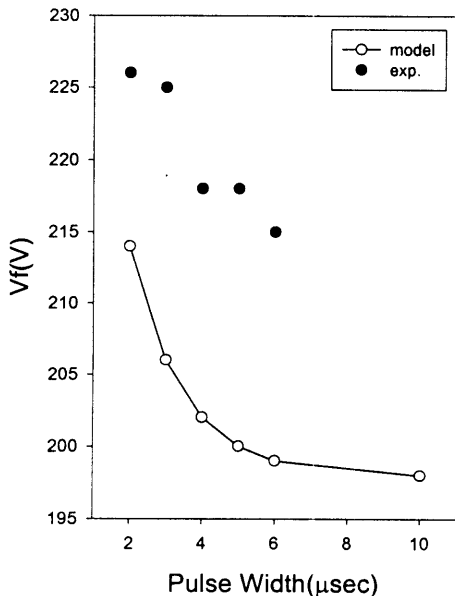


그림 5 펄스폭에 대한 방전개시전압의 계산 값과 측정값
 Fig.5 The calculated and the measured break down voltage for pulse width .

4. 결 론

방전개시전압에 대한 이론적 모델은 가스의 이온, 전자 그리고 metastable 상태가 전기력선을 따라가며 방전경로를 형성한다는 가정으로 연속방정식을 적용하여 simulation과 실험결과를 비교하였다. 실험은 압력, Ne-Xe에서 Xe농도의 넓은 범위에서 실시하여 simulation결과값은 실험값과 잘 맞는 경향을 보여준다. 전극갭 100~1000 µm에서의 방전개시전압은 갭 500 µm을 중심으로 크게 두영역으로 나뉘어 지며, T형 대향전극의 폭에 대한 실험에서는 150 µm이하에서 방전개시전압이 급격히 증가한다. 펄스폭에 대한 simulation값은 실험값과 8%미만으로 실제 경향성과 잘 맞는다. 따라서 본 논문에서 제시하는 모델은 방전셀 디자인 응용에 가능하다.

감사의 글

저자는 3-D Laplace solver를 제공해 준 Ansoft Co.에 감사한다. 그리고 디스플레이 선형 연구소의 연구원에 감사를 표시하며 적극적으로 이론적, 실험적인 지원과 협조를 아끼지 않은 최낙헌박사와 최광열 박사께 감사드린다.

참고 문헌

- [1] N.-H.Choi, S.Hashiguchi, K.Tachibana, and T.Sakai, "Simulations of steady state discharge in a PDP cell by a two-dimensional cylindrical model", IDW 97, pp563-566, 1997.
- [2] C. Punset, J.P.Boeuf, and L.C.Pitchford, "Two-dimensional simulation of an alternating current matrix plasma display cell : Cross-talk and other geometric effects", J. Appl. Phys. Vol.83, pp1884-1897, 1998.
- [3] K.-C. Choi, and K.-W. Whang, "Numerical analysis of the microdischarge in a DC Plasma display panel by 2-dimensional multifluid equation" IEEE Trans. Plasma Sci. Vol.23, pp399-404, 1995.
- [4] G.-S.Cho, Y.-G.Kim, Y.S.Kim, and D.G.Joh, E.H.Choi, "Analysis of firing voltage in a Plasma Display Panel of coplanar electrodes", Jpn. J. Appl. Phys. Vol37, ppL1178-L1180, 1998.
- [5] N.-H.Choi, C.-S.Park, J.-S.Park and K.Y.Choi, "Modeling of breakdown voltage and the operation current for an AC plasma display panel ", IDRC 99, pp293-296, 1999.
- [6] CPAT ; Kinema Software : <http://www.csn.net/siglo>,(1998).
- [7] F. Namiki, A. Tokai, T. Kosaka, K. Irie, O. Toyoda, N. Awaji, S. Kasahara, K. Betsui, H. Inoue, N. Matsui, and M. Wakitanil. "Characteristics of a High Resolution Full-Color Plasma Display Panel with 0.39 mm Pixel Pitch", IDW 97, pp515-518, 1997.
- [8] T. Sakai, E. Nagasaka, and H. Shoji, "A 20-cm-diagonal DCPDP having positive column cells and dc memory mode operation", SID 98, pp636-639, 1998.
- [9] T.Nishio and K.Amemiya, "High-luminance

and high-definition 50-in-diagonal Co-planar color PDPs with T-shaped electrodes", SID 99 DIGEST, pp268-271, 1999.