AC PDP 유전층의 절연내력과 투명도에 관한 연구

이성현 , 김방주, 김규섭 , 박 정후 , 조 정수
부산대학교 전기공학과

A STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF DIELECTRIC LAYER ON THE DISCHARGE ELECTRODES IN AC PDP

Sung-Hyun Lee , Bang-Ju Kim , Gyu-Seup Kim
Chung-Hoo Park , Jung-Soo Cho.
Department of Electric Engineering, Pusan National University

Abstract - The dielectric layers in AC plasma display panel(AC PDP) are essential to the discharge cell structure, because they protect metal electrodes from sputtering by positive ion bombarding in discharge plasma and form a sheath of wall charges which are essential to memory function of AC PDP. This layer should have high dielectric strength, and also be transparent because the luminance of PDP is strongly correlated this layer. In this paper, we discussed the dielectric strength and transparency of the dielectric layer under various conditions.

As a result, on the 15㎛ thickness, the minimum dielectric strength was 29V/㎛ and the transmittance coefficient was about 80% after 570℃ firing process. It can be proposed that the resonable dielectric thickness in AC PDP is 15㎛ because it has about 80V margin on the maximum applied voltage.

1. 서 론

방전으로부터 발생한 진공 자외선이 형광체를 여기시켜 가시광을 내게 하는 color AC PDP의 원리는 형광등의 원리와 유사하다. 그러나, 형광등의 경우 전극간 거리가 길게 되므로 열전자 방출과 양광주를 이용하는 반면에 color AC PDP는 전극간 거리가 100㎛정도로 적어 부글로우와 이차전자방출을 이용하는 점에서는 서로 차이점을 가지고 있다.

AC PDP에서 방전전극은 오존발생기와 같이 유전체로 덮여져 있고, 방전은 이 유전층의 표면에서 행해진다. 특히 AC PDP에서는 유전체의 2차전자방출계수 및 내스퍼트링성의 향상을 목적으로 MgO박막을 유전체위에 코팅하여 사용하고 있으며 또한, 유전층을 도입함으로써 금속전극이 sputter되는 것을 막는 역할 뿐 아니라, 대화면 패널에 대해서도 휘도의 저하 없이 고화질을 구현하도록 하는데 용이한 메모리 효과를 얻을 수 있다.

유전층이 갖추어야 할 필요조건으로는 높은 절연내력과 가시광 투과율이 80%이상 되는 투명도가 요구되고 있다. 일반적으로 유전체의 두께는 PDP의 방전특성과, 투과율은 휘도와 상관관계를 가지기 때문에 유전층의 상태는 효율에 큰 영향을 미치게 된다. 그러나, 이러한 투명도는 유전체의 소성조건에 의존하고, 절연내력의 경우는 소성조건 뿐 아니라 인가전압의 상태, 혼합 gas의 압력이나 종류등 여러 조건들에 의해서 영향을 받을 수 있기 때문에 본 연구에서는 이러한 실험 변수들에 따른 AC PDP 유전층의 전기적, 광학적 특성들을 연구하였다.

2. 본 론

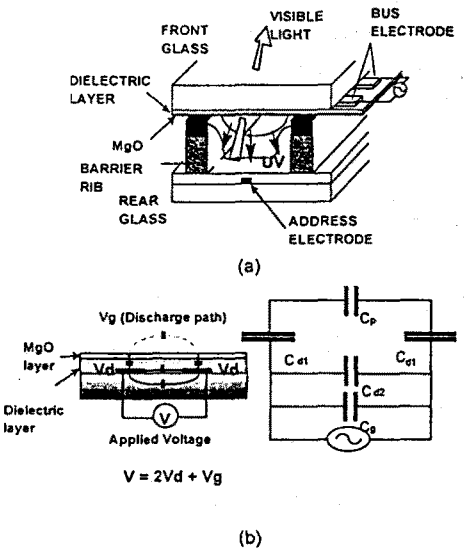

그림. 1 AC PDP의 개략도와 C 등가회로도.

그림. 1은 표면방전형 AC PDP의 개략도와 방전이 발생하기 전의 cell 내의 정전용량의 등가회로도를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 전면 유리기판에는 10쌍의 유지 전극을 먼저 프린팅기법을 통해서 형성한 후 소성공정을 행하였으며, 그 위에 유전층을 형성하였다. 본 실험에서 형성된 유지전극의 폭은 300㎛이고, 전극사이의 간격은 100㎛이다. 전극의 재료는 Ag이고, 유전체의 재료로는 SiO_2-PbO-B_2O_3 계열의 (Noritake사) paste를 사용하였다. 배면 유리기판에는 폭이 150㎛, 높이가 200㎛이며 사이 간격이 350㎛인 격벽을 sand- blast법으로 형성하였다.

본 실험에서 사용된 전원은 20Hz에서 20kHz까지 가변이 가능한 교류 정현파 전원과 duty비가 0.5인 AC 구형파 전원을 사용하였다. 표준실험조건은 두께 15㎛ 혹은 20㎛, 가스압 100 torr, 인가주파수 10 kHz, 유전체의 소성온도 570℃, MgO층의 두께는 2000Å으로 하였다.

그림. 2는 AC 정현파를 인가했을 때 유전체 두께에 따른 절연내력 특성을 나타내고 있다. 방전이 발생한 후부터 유전층 표면에 벽전하가 형성되어 방전이 소멸하기까지 방전공간은 거의 단락상태와 같게 되고, 인가전압의 대부분은 유전층(C_{d1})에 인가되므로 인가전압이 증가하면 유전체가 절연파괴에 이르게 된다. 그림. 2에서 MgO층의 유무에 따라 절연내력이 차이를 나타냄을 알 수 있다. 유전체상의 MgO는 2차전자방출계수가 유전체

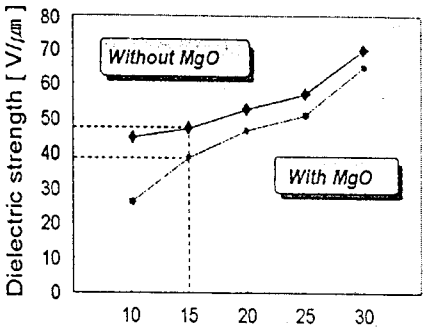

그림. 2 유전층 두께에 따른 절연내력.

에 비해 높기 때문에 방전개시전압과 유지전압은 낮게 된다. 결과적으로 MgO가 있는 유전층에 인가되는 전압은 MgO가 없는 경우에 비해서 항상 높게 되고, 따라서 유전체 절연내력은 저하하게 된다.

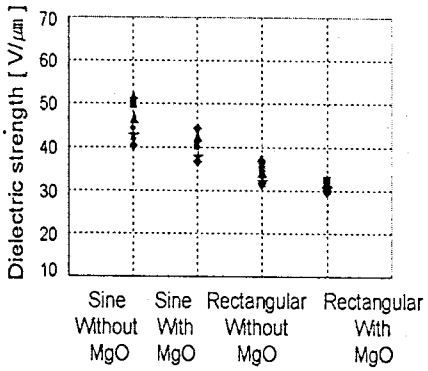

그림. 3 인가전압원에 따른 절연내력.

그림. 3은 15㎛두께 유전층에 정현파 및 구형파를 각각 인가했을 경우 유전체의 절연내력특성을 나타내고 있다. 일반적으로 구형파가 인가될 경우 정현파 인가시보다 cell내의 전압변동율이 증가하게 되어 방전전류와 벽전하양이 상대적으로 증가함으로써 절연내력은 감소한다.

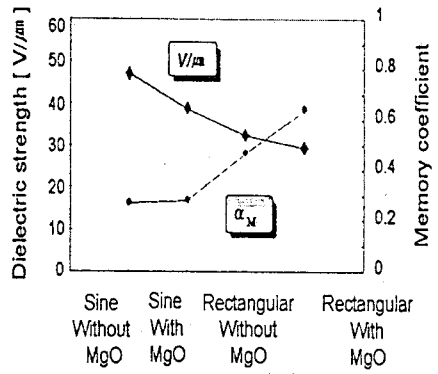

그림. 4 인가전압에 따른 메모리 계수와 절연내력과의 상관관계.

그림. 4에서는 위에서 언급한 정현파 인가시와 구형파 인가시 벽전하에 의한 메모리 계수와 절연내력과의 상관관계를 나타내고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 구형파 인가시가 정현파 인가시보다 방전전류와 벽전하에 의한 메모리 계수가 더 크다는 것을 알 수 있다.

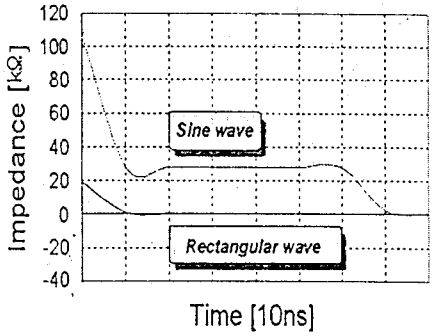

그림. 5 인가전압에 따른 절연파괴시 임피던스 변화율.

그림. 5는 정현파 인가시와 구형파 인가시 절연파괴 동안의 임피던스 변화율을 보여주고 있다. 정현파의 경우 절연파괴가 발생하기 직전의 초기 전류값이 5.26mA 정도였고, 구형파의 경우에는 15.6mA정도였다. 이 결과도 벽전하에 의한 cell내 인가전압의 차이로 발생하는 방전전류량의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 이 때문에 절연파괴가 일어나는 시점의 초기 임피던스도 구형파 인가시가 약 20kΩ정도로 정현파 인가시 110kΩ에 비해서 낮은 값을 보였다. 또한, 절연파괴로 발달해 가는 시간도 구형파가 약 10ns정도가 소요되는데 반해서 정현파의 경우 70ns정도가 소요됨을 알 수 있었다.

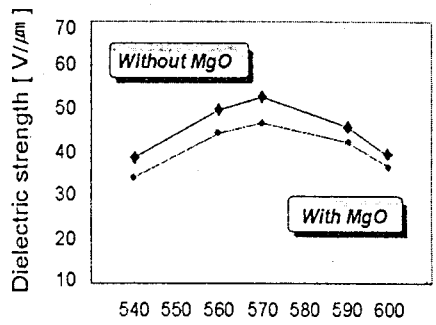

그림. 6 소성온도에 따른 절연내력.

(a) 540℃ (b) 570℃ (c) 600℃
그림. 7 소성온도에 따른 시료의 단면 SEM 사진.

그림. 6은 유전체의 소성온도에 따른 절연내력을 나타내고 있다. 일반적으로 유리의 변형점을 고려한다면 유전체 뿐만 아니라, 격벽과 형광체 등은 600℃이하에서 소성되어져야 한다.[1] 실험결과 가장 높은 절연내력은 570℃에서 소성되어진 시료에서 얻어졌으며, 소성온도가 그 보다 높거나 낮으면 절연내력이 저하하는 것을 알 수 있었다. 이는 낮은 소성온도에서는 그림.7에서 알 수 있듯이 유전체 재료의 완전용해가 이루어지지 못하기 때문에 유전층의 두께가 불균일하게 되며, 그 내부에는 기포나 공동의 수가 많아져서 상대적으로 두께가 얇은 부분이나 기포 혹은 공동이 존재하는 부분에서 먼저 절연파괴를 일으키는 것으로 사료된다.[2] 더욱이 소성온도가 최적값에 비해서 더 높은 경우에는 유전체가 과도하

게 용해됨으로써 약 6㎛~7㎛정도의 두께를 가지는 방전전극위로의 실제 유전층 두께가 감소하게 될 뿐 아니라, 전극재료의 확산현상 등으로 인해서 절연내력이 저하하는 것으로 사료된다.

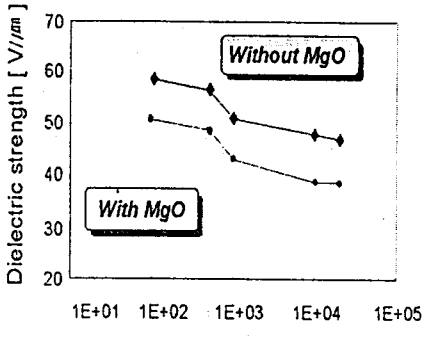

그림. 8 인가전압의 주파수에 따른 절연내력.

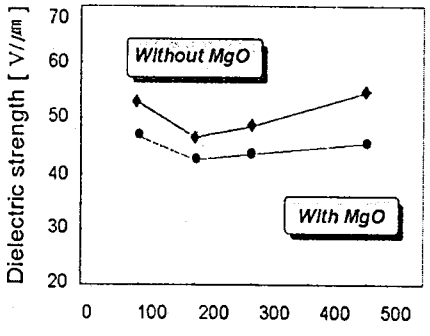

그림. 9 가스 압력에 따른 절연내력.

그림. 8은 인가전압의 주파수에 따른 절연내력을 나타내고 있다. 주파수가 상승할수록 절연내력은 저하하였고[3], 구형파가 인가되었을 때 10kHz와 50kHz에서 29.2V/㎛와 29V/㎛의 절연내력을 가졌다.

그림. 9는 가스 압력에 따른 절연내력을 나타내고있다. 그 결과는 파센곡선과 유사하고 파센법칙에 따라서 200에서 300torr에서 절연내력이 최소값을 가짐을 알 수 있었다.

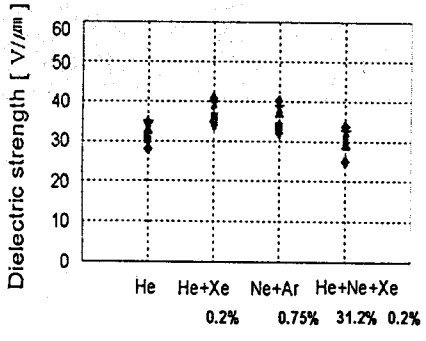

그림. 10 가스 종류에 따른 절연내력.

그림. 10은 동작가스 종류에 따른 절연내력을 나타내고 있다. 본 실험은 PDP 실제 동작 압력에 가까운 300torr에서 행하였다. 최소 절연파괴 전압은 He-Ne-Xe 혼합가스를 사용했을 때 얻어졌으며, 방전개시전압 역시 He-Ne-Xe 혼합 가스를 사용했을 때 최소값을 가

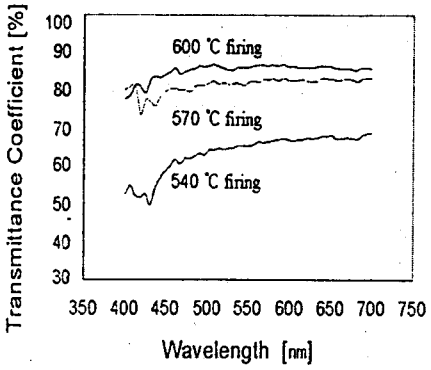

그림. 11 소성온도에 따른 투과율.

짐을 알 수 있었다.[4][5]

그림. 11은 소성온도에 따른 유전층의 투과율을 나타내고 있다. 570℃소성온도에서 80%의 투과율을 얻을 수 있었다.

3. 결 론

본 연구에서는 PDP 방전전극상의 유전층의 절연내력과 투명도를 다양한 조건들 하에서 검토하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 현재 PDP에서 인가되고 있는 방전전극간의 전압은 180V정도이고, 최대인가전압은 address전극과 방전전극간의 360V정도이다. 따라서 실제 동작조건과 유사한 50kHz 구형파에 유전체는 최소 29V/㎛정도의 절연내력을 나타내므로 전압마진을 고려하더라도 유전체의 적정두께는 약 15㎛정도가 적정값으로 생각된다.
(2) 동작 가스압력이 200torr에서 300torr사이에서 정현파 인가시 절연내력이 42.5V/㎛의 최저값을 나타내었으며 유전체상에 MgO 코팅을 한 경우의 절연내력이 항상 낮은 값을 나타내었다.
(3) 인가전압의 주파수가 증가할수록 절연내력이 감소하는 추세를 보였지만 실제 PDP의 동작 영역에 가까운 수십kHz 영역에서는 큰 차이를 보이지 않았다.
(4) 일반적으로 방전개시전압이 낮아질수록 유전체절연내력은 저하하였으며, 정현파 인가시 He-Ne(31.2%)-Xe(0.2%)의 혼합 가스를 사용했을 때 He 단일 가스에 비해서는 1.7V/㎛, He+Xe(0.2%) 가스에 비해서는 6.5V/㎛, Ne+Ar(0.75%) 가스에 비해서는 4.6V/㎛정도 절연내력이 낮았다.
(5) 유전층은 570℃ 소성온도에서 투과율 약 80%를 나타내었고 그 보다 낮은 온도에서는 투과율이 감소했으며, 570℃ 보다 높은 온도에서는 투과율의 변화에 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 유리의 변형온도와 570℃이상에서 절연내력이 감소하는 것을 감안할 때 유전층의 최적 소성온도는 대략 570℃정도였다.

[참 고 문 헌]

[1] S. Sakamoto et. al."Technology and Materials of Color Plasma Display Panel" CMC. Co. 1996.
[2] G. Mitra and B. Salvage, "Electric stress in a circular cylindrical gaseous cavity in a solid dielectric, the axis of the cylinder being parallel to the field", Proc. IEE, Vol. 113. 1966.
[3] V. E. Golant, "Fundamentals of Plasma Physics" John Willey & Sons. 1980.
[4] J. K. Meek and J. D. Craggs, "Electrical Breakdown of Gases", Clarendon Press. 1953
[5] S. C. Brown, "Basic Data of Plasma Physics" Technology Press and Wiley. 1959.