

반응성 스파트링에 의한 PDP용 MgO 보호층 형성과 그 방전특성에 관한 연구  
A Study on the Discharge Characteristics and Formation  
of MgO Protection Layer for PDP by Reactive Sputtering

하홍주, 이우근, 남상욱, 박영찬, 조정수, 박정후

부산대학교 전기공학과

H.J. Ha, W.G. Lee, S.O. Nam, Y.C. Park, J.S. Cho, C.H. Park

Dept. of Electrical Eng. Pusan National University .

**Abstract** - MgO protection layer in ac PDP(plasma display panel) prevents the dielectric layer from ion bombarding in discharge plasma. The MgO layer also has the additional important role in lowering the firing voltage due to a large secondary electron emission coefficient. Until now, the MgO protection layer is mainly prepared by E-beam evaporation.

In this study, MgO protection layer is prepared on dielectric layer of ac PDP cell by reactive R.F magnetron sputtering with Mg target under various conditions of oxygen partial pressure. Discharge characteristics of PDP is also studied as a parameter of MgO preparation conditions. The sputtered MgO shows the better discharge characteristics compared with MgO deposited by E-Beam evaporator.

### 1. 서론

현재 디스플레이 시장의 대부분을 차지하고 있는 CRT가 40인치 이상의 크기로 될 경우, 부피가 커질 뿐 아니라 중량도 수백 Kg 이상이 될 것으로 예상되어 가전제품으로 취급하기 어렵게 되며, LCD의 경우는 향후 30인치 이상의 대화면 구현이 어려울 것으로 예상되고 있다. 한편, 10cm 정도의 두께를 가지며, 40인치 이상의 대화면 구현이 매우 용이한 플라즈마 디스플레이(Plasma display panel : PDP)는 차세대 영상 디스플레이로서 Wide Vision TV 및 벽걸이형 고화질 TV(HDTV)에 가장 유망한 디스플레이 소자로서 확신되고 있으며, 최근 한국 및 일본을 중심으로 요소기술 개발 및 수년 내에 대규모 생산을 위한 양산 설비를 준비 중에 있다.

현재, AC PDP에서 적용되고 있는 유전체는 소결제로서 PbO를 사용하는 SiO<sub>2</sub>-PbO계이며<sup>[1]</sup>, 이 유전체 상에서 표면 방전시에는 양이온의 충격 때문에 유전체의 PbO가 분해되어 방전전압이 높게 될 뿐 아니라,<sup>[2]</sup> 2차 전자방출계수가 낮아 발광효율이 극히 저하하여 PDP로서의 실용화가 불가능하였다. 이러한 결점을 보완하여 유전체를 보호하고, 2차전자방출계수를 증가시킬 수 있는 새로운 유전체 보호층 역할을 할 수 있는 MgO 박막이 개발되어 현재는 유전체 상에 E-beam 증착에 의해 MgO 보호층을 형성하여 사용하고 있다. 이와 같이하여 형성된 MgO 박막의 물성은 방전전압의 저하, 방전의 안정성, 방전전압의 균일성, 동작 마진(margin) 등의 PDP 기본 동작특성에 직접적인 영향을 미치게 된다.<sup>[3,4,5]</sup> 특히, 방전유지전압의 고저는 PDP의 소비전력과 밀접한 상관관계가 있으며 생산단가 면에서도 방전전압 및 전류의 제어회로가 전체가격의 40% 이상의 큰 비율을 차지하고 있는 실정이므로 가능하면, 방전전압을 저하시켜 소비전력을 감소시키고, monolithic IC 회로제작 비용을 저감시킬 필요가 있다.

그러나, 현재와 같이 E-beam 증착에 의해 형성한 MgO 박막은 표면이 균일하지 못하고, 오손되기 쉬우며, 경시변화가 클 뿐 아니라, 대화면이 될수록 연속 공정화하기 어려워 대량생산에 부적합하며, 박막형성시 고진공을 유지해야 하므로 경제적인 부담도 증가하게 된다.<sup>[6]</sup> 그러므로, 본 연구에서는 치밀한 박막을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 타겟의 수명이 길며, 연속운전에 적합한 반응성 RF Planar Magnetron 스파트링에 의해 MgO 박막을 형성하여, MgO의 증착조건, 방전전압 및 동작마진 특성 등을 연구하였다.

## 2. 실험방법

그림 1은 본 연구에서 제작하여 사용한 전극과 유전체 및 MgO를 형성한 외관의 개략도를 나타내고 있다. 유리기판으로는 크기가 70mm×90mm×3mm인 창유리를 사용하였다. 방전전극 한선(그림 1에서 "a") 선폭은 0.2mm, 두께 약 7 $\mu$ m이며, 두 전극 간격(그림 1의 "b")을 0.2mm로하여 1조의 전극으로 하였으며 모두 10조의 방전전극을 설치하였다. 이때 각조 간의 간격은 2mm로 하였으며, 1조의 방전전극이 나란히 계속되는 길이는 40mm로 하였다.

이상의 방전전극은 스크린 프린팅(ATMA Co. type AT-600H/E)에 의해 형성하였다. 전극은 Ag paste(Du pont. 7713 Ag conductor paste)를 사용하여 프린팅 한후 열처리하여 형성하였다. 이와 같이 주전극이 형성되면 전극 상에 스크린 프린팅에 의해 유전체를 형성하였다. 이 유전체는 SiO<sub>2</sub>-PbO계(NEG Co. PLS-3232)로서 열처리한 후 두께가 약 15 $\mu$ m 되도록 제어하였다. 이상과 같이 전극과 유전체가 형성되면 유전체 상에 다음과 같이 MgO 박막을 형성하였다.

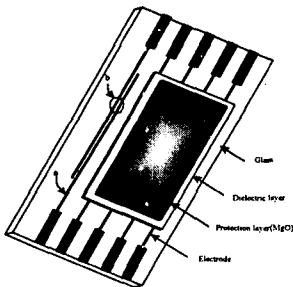


그림 1. 표면 방전형 AC PDP의 상판  
Fig 1. Schematic diagram of AC PDP front panel

그림 2는 본 실험에서 MgO 박막 형성에 이용한 RF planar magnetron 스파터링 시스템의 개략도를 나타내고 있다. 이 시스템은 3개의 Target 물질을 동시에 스파터링할 수 있는 구조로 설계되었으며, 진공조는 스테인레스(SUS-304) 재질로서 직경 약 40cm의 반원형에 가깝다. 타겟의 크기는 직경 3인치의 원판형이며 O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 및 Ar gas를 각각 MFC를 통해 정해진 유량으로 공급할 수 있다. 타겟과 기판간격은 10cm로 하였으며 기판은 회전할 수 있는 구조로 되어 있고 필요에 따라 기판은 800 $^{\circ}$ C까지 가열할 수 있다. 3개의 700W용 RF 전원(ENI co. OEM-6)을 보유하고 있으며 초기진공은 로타리 펌프와 디퓨전 펌프를 이용하여 10<sup>-6</sup> Torr까지 배기 할수 있다. 특히, 성막 중 진공조 내에는 일정압력을 자동적으로 유지할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

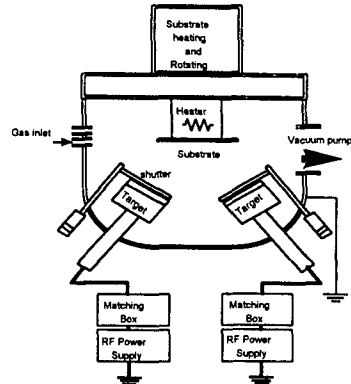


그림 2. RF-magnetron sputtering system의 개략도  
Fig 2. Schematic diagram of RF-magnetron sputtering system

본 연구에서는 Mg 타겟(Plasmaterials Co.)을 사용하고 Ar 동작가스 외에 O<sub>2</sub> 가스를 주입하여 반응성 스파터링에 의해 MgO 박막을 형성하였다. Ar에 대한 O<sub>2</sub>분압비를 10%에서 50%까지 10% 단위로 변화하여 각 조건하에서 MgO 박막을 형성한 후 MgO 박막의 방전특성을 구하였다. 이 경우 RF전력을 130W로 일정 유지하고 60분 동안 스파터링 하면 약 2000Å의 MgO 박막을 형성할 수 있었다.

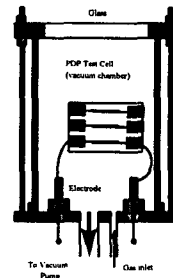


그림 3. PDP의 방전실험 장치의 개략도  
Fig 3. Schematic diagram of PDP discharge test cell

그림 3은 MgO 박막까지 형성한 시료의 방전특성을 구하기 위한 전용의 진공조로써 직경 12cm, 높이 17cm의 원통구조로 제작하였다. 이 진공조 상부면은 석영창으로 하여 전극의 방전상태 및 광특성을 외부에서 용이하게 관찰할 수 있도록 하였다. 이 진공조 내의 진공도를 상압에서 1Torr 진공까지 쉽게 확인할 수 있도록 압력변환기(Setra co. Model 280)와 디지털 디스플레이(GLA co. MD-1000)를 조합하여 사용하였으며, 디지털 디스플레이 값을 보면서 쉽게 필요한 진공도를 제어할수 있도록 하였다. 방전실험에서는 방전전압을 저하할 목적으로 He-Xe(1%)의 Penning 혼합가스를 사용하였으며 10<sup>-6</sup>Torr까지 초기배기 한 후 혼합가스를 주어진 압력까지 주입하여 방전특성 실험을 행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 4는 Mg 타겟을 사용하여 반응성 스파터링에 의해 MgO 박막을 형성할 경우, 진공조 내의 산소분압에 대한 MgO의 증착을 변화를 나타낸 것이다. 그림 4에서 알수 있는 바와 같이 산소분압이 증가하면 MgO의 증착율이 증가하여 산소분압 30%에서 최고 32A/min의 증착율을 나타내었으며, 그 이상 산소분압이 증가하면 MgO의 증착율이 도리어 감소하였다. 이와 같이 산소분압 30%에서 최고 증착율을 나타내는 이유는 일반적으로 반응성 스파터링에 의해 금속의 산화물이나 질화물을 형성할 경우 금속과 산소의 화학반응이 일어나는 장소는 타겟 표면과 기판표면으로 생각할 수 있으나, 실제로는 주로 타겟 표면에서 화학반응이 일어난다고 생각되고 있다.<sup>[7]</sup> 이 경우 만약 산소의 분압이 과잉으로 되면 타겟의 표면은 MgO로 덮히게 되고 결국 MgO 타겟으로 스파터링하는 결과가 된다. MgO를 타겟으로하고 Ar 플라즈마에 의한 스파터링 실험을 행하여, 그 결과 얻어진 증착율을 그림 4에 표시하였다. 이 경우의 증착율은 약 10A/min로서 Mg를 타겟으로하여 반응성 스파터링 할 경우의 1/3이하였다.<sup>[8]</sup>

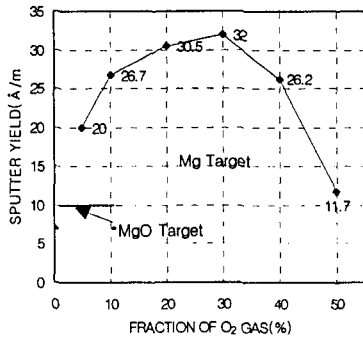


그림 4. 산소분압에 대한 증착율 특성 변화  
Fig 4. Sputter yield as a parameter of O<sub>2</sub> partial Pressure

그림 5는 Ar에 대한 O<sub>2</sub>의 분압을 달리하여 반응성 스파터링으로 MgO 박막을 형성한 시료의 방전 유지전압 특성을 나타내고 있다. 일반적으로 저기압 기체방전에서는 방전유지전압이 방전개시전압보다 다소 높은 값으로 되며, 본 그림에서는 He-Xe(1%)의 Penning gas 압력을 변화시켰을 경우 그 방전유지전압 특성을 나타낸 것이다.<sup>[9]</sup>

그림 5에서 또 다른 하나의 특징은 산소분압이 30%에 이르기까지 방전유지전압은 감소하여 30%에서 최저값을 나타내지만 그 이상 증가하면, 방전유지전압은 다시 상승하고 있음을 알수 있다. 산소분압 30%에서 최저방전유지전압이 얻어지는 이유는

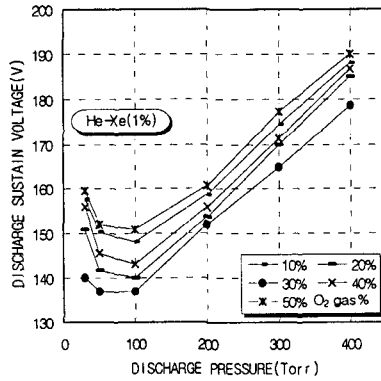


그림 5. 산소분압에 따른 MgO 시료의 방전 특성  
Fig 5. Discharge characteristics for the sample made by various fraction of O<sub>2</sub> gas

다음과 같이 생각할수 있다.

즉, Paschen 법칙에서 기체절연과괴전압  $V_B$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>[7]</sup>

$$V_B = \frac{Bpd}{\log \frac{APd}{\log(1 + \frac{1}{\gamma})}} \quad (1)$$

여기서, A, B는 기체의 전리전압을  $V_i$ 라 할 경우  $B=AV_i$ 의 관계가 있는 상수이다. P는 기체압력, d는 전극간 거리이며  $\gamma$ 는 2차전자방출계수를 나타내고 있다.

식 (1)에서  $V_B$ 는 Pd의 함수로 되고, 최소과괴전압  $V_{min}$ 를  $dV_B/d(Pd) = 0$  의 조건에서 구하면 다음과 같다.

$$V_{min} = 2.718 \frac{B}{A} \log(1 + \frac{1}{\gamma}) \quad (2)$$

(2)식에서 알수 있는 바와 같이  $V_{min}$ 은  $\gamma$  값에 의존하게 되며,  $\gamma$  값이 클수록 기체절연과괴전압은 저하하게 된다. 그러므로, 본 실험에서 산소분압 30%에서 얻어진 MgO를 사용할 경우 방전유지전압이 최소로 되는 이유는 이 조건하에서 형성된 MgO 박막이 가장 높은  $\gamma$  값을 가지게 되기 때문으로 생각된다. 결국, 이 실험에서 산소분압 30%에서 MgO 박막을 형성하면 박막 증착율이 가장 높을 뿐만 아니라, 이 경우 2차전자방출계수도 커서 방전유지전압이 최소로 된다는 사실을 알수 있다.

그림 6은 MgO 보호층의 2차전자 방출에 의한 방전전압 저하 효과를 파악하기 위하여 MgO를 형성하기 직전의 시료와 산소분압 30%로서 반응성 스파터링에 의해 MgO 보호층을 형성한 시료의 방전개시전압과 방전유지전압의 특성을 비교한 것이다. 그림에서 알수 있는 바와 같이 방전가스압 100Torr에

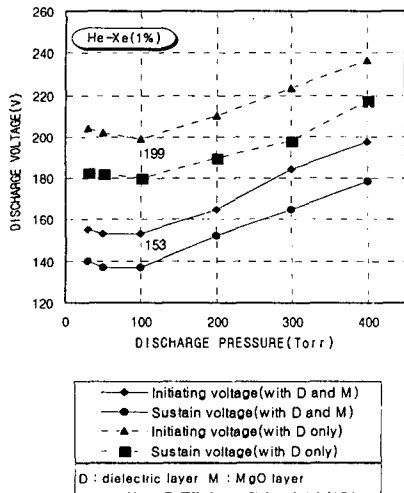


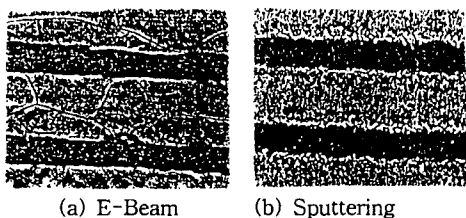
그림 6. MgO층을 형성한 시료의 방전전압특성  
Fig. 6. The effect of MgO layer on the discharge voltage

서 MgO를 형성한 시료가 방전개시전압은 약 46V, 방전유지전압은 약 43V 저하하고 있음을 알 수 있다. 한편, 이 경우 MgO를 도포하지 않은 시료의 방전개시전압은 199V, MgO까지 증착한 시료의 방전개시전압은 153V 정도이므로, MgO 형성으로 인한 2차 전자방출계수의 개략적인 변화를 알기 위하여 이 값을 (2)식에 대입하면 다음식을 얻을 수 있다.

$$\frac{199}{153} = \frac{\log\left(1 + \frac{1}{r_1}\right)}{\log\left(1 + \frac{1}{r_2}\right)} \quad (3)$$

만일, MgO를 도포하지 않은 시료의 2차 전자방출계수  $r_1$ 을 0.1로 가정하면  $r_2 \approx 0.18$ 으로 되어 MgO를 형성한 경우의 2차 전자방출계수가 약 80% 이상 증가하는 효과가 있음을 알 수 있다.

그림 7은 스파트링과 E-beam으로 형성된 두 시료의 경시변화 및 내열특성을 고찰하기 위하여 4회에 걸쳐서 450°C에서 2시간 열처리 한 후 상온으로 식혀 MgO의 표면 상태를 현미경으로 관찰 한 것이다.



(a) E-Beam (b) Sputtering

그림 7. MgO의 내열 특성

Fig. 7. The anti-thermal characteristics of MgO

스파트링 시료의 표면은 이상이 없었으나, E-Beam시료는 그림에서 알 수 있는 바와 같이 많은 미세 크랙을 발견할 수 있었다. 이러한 크랙은 PDP의 수명에 치명적인 영향을 미치게 되므로 E-beam 증착한 MgO의 경우는 열처리 등에 많은 주의를 기울일 필요가 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

종래 PDP의 유전체 보호층 MgO를 E-beam에 의한 형성방법은 증착속도는 빠르나, 표면 두께 불균일, 경시변화, 오손 및 대면적 박막형성에 많은 문제점이 제기 되어 왔다. 본 연구에서는 이러한 결점을 개선하기 위하여 Mg타겟을 사용하여 반응성 마그네트론 스파트링에 의해 MgO를 형성한 후 그 방전특성을 고찰하였다. 그 결과 반응성 스파트링에 의해 MgO 박막형성시 Ar에 대한 O<sub>2</sub>의 분압을 30%로 할 경우 가장 높은 스파트율(32 A/min)을 얻을 수 있었으며, 이 값은 MgO를 타겟으로 하여 MgO를 형성할 경우에 비하여 3배 이상 높은 스파트율임을 알 수 있었다. 특히, 산소분압 30%에서 형성한 MgO 박막은 2차전자방출계수가 유전체만 있을 경우에 비하여 80%이상 개선되어 방전유지 전압이 137V로 되었으며 유전체 만일 경우의 180V에 비교하면 43V 정도 저하하는 효과를 나타내었다. 더욱이, E-beam에 의해 MgO를 형성한 시료보다 방전특성이 우수할 뿐만 아니라 스파트링에 의해 치밀한 박막이 형성되므로 열처리에서도 더 안정된 특성을 나타내었다.

#### 참고문헌

1. I.Koiwa, H.Sawai, "A study of Binders for the Thick-Film Cathodes of DC-Type plasma Display Panels", IEEE Tran. Electron Devices, Vol. ED-41, No.9, pp.1523-1528, 1994
2. K.Amano et al, "Characteristics of Thick-Film-Printed MgO for a Practical Use in ac plasma Display", SID '94 DIGEST, pp.323-326, 1994
3. M.Kamiya et al, "Effects of Protecting Layer on Improvement of Luminance and Luminous Efficiency in color AC Plasma Display", ASIA DISPLAY '95, pp.385-388, 1995
4. 林海, "플라즈마 디스플레이용 보호층재료의 이온 충격에 의한 2차 전자 방출 특성", SID '95 DIGEST, pp. 70-74, 1995
5. 内池 平樹, "最新の 컬러-플라즈마 디스플레이 기술", J.IEE, Vol.116, No.8, pp.503-507, 1996
6. Milton Ohring, "The Materials Science of Thin films", ACADEMIC PRESS, 1991
7. 内池 平樹, "디스플레이", 丸善株式會社, 1993
8. 박종완, "보호막 유전체 기술", 차세대평판 표시장치 기반기술 개발사업 Workshop, pp.13-33, 1996
9. 황기웅, "미소갭 방전 특성에 관한 연구", 기초전력공학 공동연구소, 1995
10. 吉岡 後博, "플라즈마 디스플레이의 방전 및 紫外線發光", J.IEE, Vol.116, No.8, pp.508-511, 1996