

불평형 마그네트론 스파터링에 의한 AC PDP용 MgO 보호층의 최적형성조건에 관한 연구

김영기, 박정태, 김규섭*, 조정수, 박정후
부산대학교 전기공학과, *동명대학 전기과

A Study on the Optimum Preparation Conditions of MgO Protecting Layer in AC PDP by Unbalanced Magnetron Sputtering

Young-Kee Kim, Jung-Tae Park, Gyu-Seup Kim, Jung-Soo Cho, Chung-Hoo Park
Dept. of Electrical Engineering, Pusan National University

Abstract - The performance of as plasma display panels (PDP) is influenced strongly by the surface glow discharge characteristics on the MgO thin films. This paper deals with the optimum preparation conditions of MgO protecting layer by RF unbalanced magnetron sputtering(UBMS) in surface discharge type AC PDP. The samples prepared with the dc bias voltage of -10V showed lower discharge voltage, lower erosion rate as a consequence of ion bombardment, higher optic transparency and higher crack resistance in annealing process than those samples prepared by conventional magnetron sputtering or E-beam evaporation.

1. 서 론

AC PDP는 유전체 보호층인 MgO 표면에서 형성되는 표면방전에서 방사된 자외선이 형광체를 여기하여 얻어지는 가시광을 이용하는 디스플레이이다. MgO박막은 Penning 방전가스와 직접 접촉하고 있으며 AC PDP의 방전특성 및 수명에 직접 영향을 미치게 된다. 현재 AC PDP에서 최대 현안 문제로 떠오르고 있는 휘도 및 발광효율의 향상, 높은 Contrast의 실현, 전력손실의 저감 및 제조 비용의 삭감 등과 관련하여 연구되어야 할 많은 과제 중에서 MgO박막의 특성 개선에 관한 연구는 다른 연구에 선행되어야 할 가장 중요한 과제중의 하나이다[1,2].

현재까지 알려진 MgO 박막을 형성하는 방법으로는 스파터링 및 E-beam 증착법, 이온 플레이팅(Ion plating) 방법과 후막인쇄법(Screen printing)등이 있다. 본 연구에서는 유지전극상에 형성된 유전체 위에 UBMS에 의한 MgO 제작 조건과 AC PDP의 글로우 방전특성과의 상관관계를 고찰하였다.

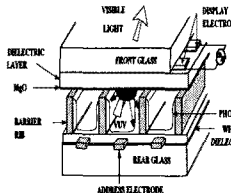


그림 1. AC PDP의 개략도

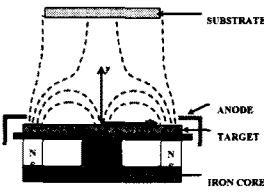


그림 2. 불평형 마그네트론 스파터링의 개략도

2. 실험장치 및 실험방법

그림 1은 AC PDP 방전셀의 개략도를 나타내고 있다. 본 실험에서는 표면방전을 형성시킬 수 있는 전면판넬(Front panel)을 제작하여 실험을 행하였으며 시료는 먼저 70mm×90mm×3mm의 창유리 위에 Ag 페이스트를 사용하여 스크린 프린팅(Screen printing,

ATMA co., type AT-600H/E)에 의해 전극을 형성하였다. 방전전극의 치수는 전극폭 300 μ m, 전극간격 100 μ m로 기판위에 10조를 형성하였다. 프린팅으로 형성된 전극은 건조로에서 온도는 120 $^{\circ}$ C, 시간은 10분정도 건조한 후, computer 제어용 소성로에서 소성하였다. 전극소성 후 전극상에 유전체층을 형성하였으며 유전체층의 재료는 SiO₂계로서 하층용과 상층용 유전체 페이스트를 사용하여 각각 1회 프린팅한 후 건조 및 소성공정을 거쳤다. 소성 후 유전체층의 두께는 약 20 μ m였다.

그림 2는 불평형 마그네트론 스파터링(Unbalanced magnetron sputtering : UBMS)의 개략도를 나타내고 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이 평형 마그네트론 스파터링과 비교하면 외부자극에 비해 중심자극을 약하게 하면 외부자극에서 나온 자력선은 중심자극으로 향하여 터널을 만들지만, 여분의 자력선은 외부로 향해 기판에 도달한다. 이와 같은 자력선분포를 가진 음극을 불평형 마그네트론(Unbalanced magnetron)이라 한다. 기판으로 향하는 자력선에 의해 플라즈마의 일부를 기판방향으로 인출하기 때문에 어시스트용 이온을 유효하게 이용할 수 있게 된다[3,4].

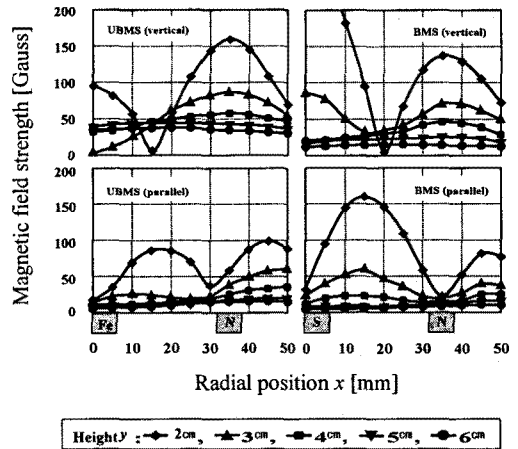


그림 3. UBMS와 BMS의 수직, 수평 자력선 강도

그림 3은 그림 2에서 표시한 타겟 중심 표면에서의 수평거리 x와 수직거리 y에 따른 UBMS와 BMS의 자력선 강도를 나타내고 있다. 그림 2의 자력선 분포와 같이 UBMS의 수직 자계가 BMS에 비해 기판에 입사하는 자계가 약 20Gauss 이상 높음을 알 수 있었다.

소성된 유전층 위에 UBMS법을 사용하여 동작 압력 4mTorr하에서 기판 온도 150 $^{\circ}$ C로 MgO 보호층을 형성시 RF Power와 기판 bias 전압에 따른 MgO박막의 방전특성 및 내스파터링성을 고찰하였다. RF Power는 0~250W 범위로 하였으며 기판 bias 전압은 0~-50V 범위로 하였다. MgO박막의 두께는 약 5000 \AA 으로 일

정하게 증착한 후 조건에 따라 실험을 행하였다.

그림 4는 주어진 조건하에서 MgO막막의 방전특성 측정용 진공조이다. 진공조는 직경 20cm, 높이 8cm의 원통구조로 되어 있으며, 진공조의 상부면은 석영창으로 하여 전극의 방전상태 및 방광특성을 외부에서 용이하게 관찰할 수 있도록 제작하였다. 압력변환기(Setra co. Model 280)와 디지털 디스플레이(GLA co. MD-1000)를 조합하여 진공도를 간편하게 확인할 수 있도록 하였다. 방전실험에서는 초기 배기한 후 He+Xe(1%) Penning 동작가스를 주입하여 방전압력 300Torr에서 방전특성 실험을 실시하였다. 방전실험에서는 교류 구형파 펄스전압(펄스주파수 30kHz)을 단계적으로 증가하여 처음으로 쉘이 꺼지는 전압인 방전개시전압(V_i)을 측정하고, 전체 방전셀을 발광하도록 전압을 상승시킨 후 단계적으로 전압을 감소하여 방전 셀이 최초로 꺼지기 시작하는 전압인 방전유지전압(V_s)을 측정하였다.

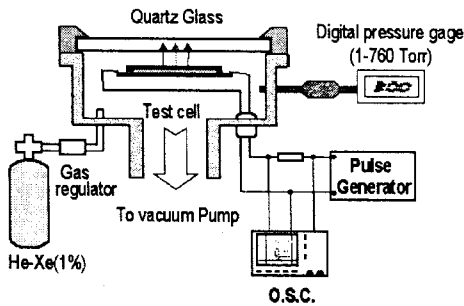


그림 4. 방전 챔버의 개략도

3. 실험결과 및 고찰

그림 5는 RF Power와 기판 bias 전압에 따른 이온 전류를 나타내고 있다. 기판과 타겟과의 거리는 60mm이며 이온 전류 측정용 전극은 직경 35mm를 사용하여 이온 전류를 측정하였다. 이온 전류는 bias 전압과 RF Power가 증가함에 따라 상승하였으며 UBMS의 경우가 BMS에 비해 전체적으로 2배이상 이온전류가 증가함을 알 수 있었다. 특히 bias 전압이 -40V이하로 되면 이온 전류는 급격히 상승하는 경향을 나타냈으며, -50V이하가 되면 챔버내의 플라즈마가 불안정한 상태로 되어 스파크가 발생하였다.

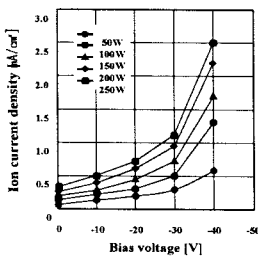


그림 5. RF Power와 기판 Bias 전압에 따른 이온 전류

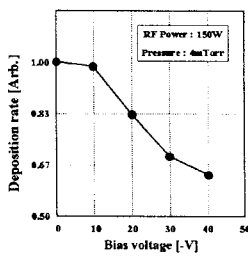


그림 6. 기판 Bias 전압에 따른 증착율

그림 6은 기판 bias 전압에 따른 증착율을 나타내고 있다. 그림에서도 알 수 있듯이 bias 전압 -10V까지는 증착율이 일정하다가 bias -20V이상에서는 재스파터링이 일어나 증착율이 감소함을 관찰할 수 있었다.

그림 7은 RF power와 기판 bias 전압에 따른 방전

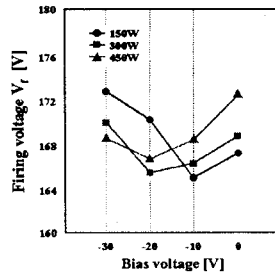


그림 7(a). RF power에 따른 방전개시전압

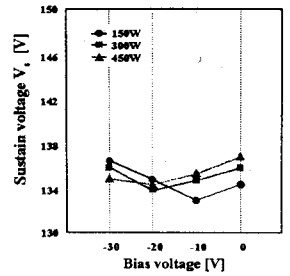


그림 7(b). RF power에 따른 방전유지전압

특성을 나타내고 있다. 150W의 경우 기판 bias 전압 -10V에서 최소방전전압을 나타내었으며, 300W 이상의 경우에는 기판 bias 전압 -20V에서 최소방전전압을 나타내었다. 그 이유는 RF power가 증가함에 따라 스파터링된 입자의 수가 증가하므로 기판 bias 전압이 증가하였을 때 최소방전특성을 나타내는 것으로 생각된다.

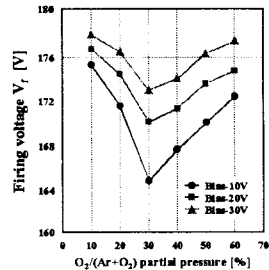


그림 8(a). 산소 분압에 따른 방전개시전압

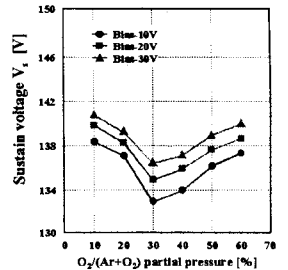


그림 8(b). 산소 분압에 따른 방전유지전압

그림 8은 Mg 타겟을 사용하여 RF 반응성 스파터링 시 기판 bias 전압과 (Ar+O₂)에 대한 O₂가스의 유량에 따른 방전전압특성을 나타내고 있다. O₂/(Ar+O₂)의 값이 30%일 때 최소방전전압을 나타내었다. O₂/(Ar+O₂)의 값이 50%이상이면 산소과잉상태로 되고 20%이하로 되면 산소부족상태로 되어 오히려 방전전압을 상승하게 된다. 즉, MgO 보호층의 최적 조성비(stoichiometry)는 O₂/(Ar+O₂)의 값이 30%인 것으로 생각된다.

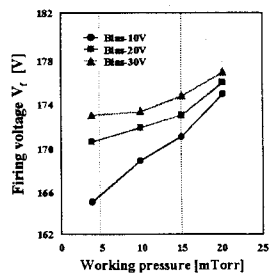


그림 9(a). 동작 압력에 따른 방전개시전압

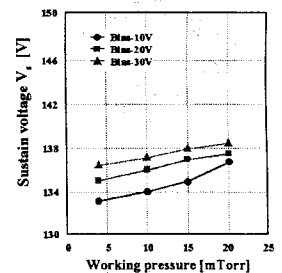


그림 9(b). 동작압력에 따른 방전유지전압

그림 9는 스파터링시 기판 bias 전압과 동작압력에 따른 방전전압특성을 나타내고 있다. 동작압력 4mTorr에서 최소방전전압을 나타내었으며 동작압력이 증가함에 따라 방전전압은 증가하였다. 그 이유는 챔버내의 압력이 증가함에 따라 스파터링된 입자의 산란이 심하게 되어 스파터링된 입자가 충분한 에너지를 가지지 못한 상

태로 기판에 도달하기 때문으로 생각된다.

그림 10(a)는 MgO 박막 형성시 기판 bias 전압에 따른 방전개시전압 특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 방전개시전압은 기판 bias 전압이 감소함에 따라 저하하다가 -20V이하로 되면 오히려 상승하였다. 방전개시전압의 최소값은 기판 bias 전압 -10V에서 얻어졌으며 BMS의 173V에서 165V로 약 8V정도 방전개시전압이 저하하였다. 그 이유는 UBMS의 자력선의 일부가 기판으로 향하므로 이온 어시스트 역할을 하여 MgO 박막의 결정성장에 도움을 주지만, 기판 bias 전압이 -20V이하로 되면 이온 에너지가 너무 커져서 MgO 박막이 재스파터링되기 때문으로 생각된다.

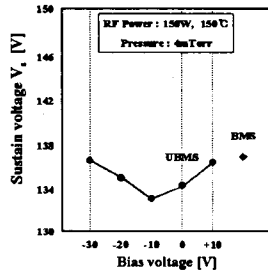
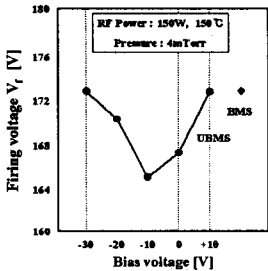


그림 10(a). 기판 Bias 전압에 따른 방전개시전압

그림 10(b). 기판 Bias 전압에 따른 방전유지전압

그림 10(b)는 기판 bias 전압에 따른 방전유지전압을 나타내고 있다. 방전유지전압 특성은 방전개시전압 특성과 유사한 경향을 나타내었다. 그러나, 그림 10(a)의 방전개시전압과 비교하여 방전유지전압 특성에 대한 기판 bias 전압의 영향은 감소하였다. 즉, 기판 bias 전압 -10V의 방전개시전압은 약 8V 저하하였으나, 방전유지전압은 3.5V정도만 저하하였다. 이상에서와 같이 방전개시전압이나 방전유지전압이 저하됨에 따라 AC PDP의 구동회로 IC 단가를 저하시킬 것으로 기대된다.

그림 11은 그림 10(a)와 (b)의 기판 bias 전압에 따른 방전특성을 고찰하기 위한 각 시료의 AFM 사진을 검토한 결과이다. 그림 11(a)는 BMS로 형성된 MgO 박막이며, 그림 11(b), (c), (d)는 UBMS로 형성된 MgO박막으로 기판 bias 전압은 각각 +10V, 0V, -10V이다. 그림에서 알 수 있듯이 bias 전압이 감소함에 따라 MgO박막의 결정성장이 진행하고 있음을 관찰할 수 있었다. 그러나 그림 11(e)와 (f)에서 보이듯이 bias 전압이 -20V이하로 됨에 따라 기판에 입사하는 이온 에너지가 과도하게 증가하여 MgO박막이 재스파터링되고 있음을 알 수 있었다[5].

그림 12는 MgO박막의 제작 방법에 따른 내스파터링성을 고찰한 것으로 MgO박막의 두께는 5000Å으로 일정하게 증착한 후, 이것을 다시 스파터링 장치의 타겟으로 장착하여 재스파터링 시간의 경과에 따른 각 MgO박막의 erosion영역에서의 스파터링된 두께변화를 측정하여 내스파터링 특성을 고찰하였다. UBMS bias 전압 -10V에서 형성된 MgO박막이 BMS에 비해 내스파터링성이 약 40%정도 우수하였으며, E-beam 증착으로 형성한 MgO에 비해서는 약 3배정도 내스파터링성이 우수하였다.

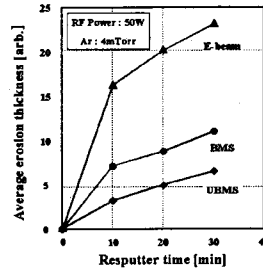


그림 12. MgO 제작 방법에 따른 내스파터링 특성

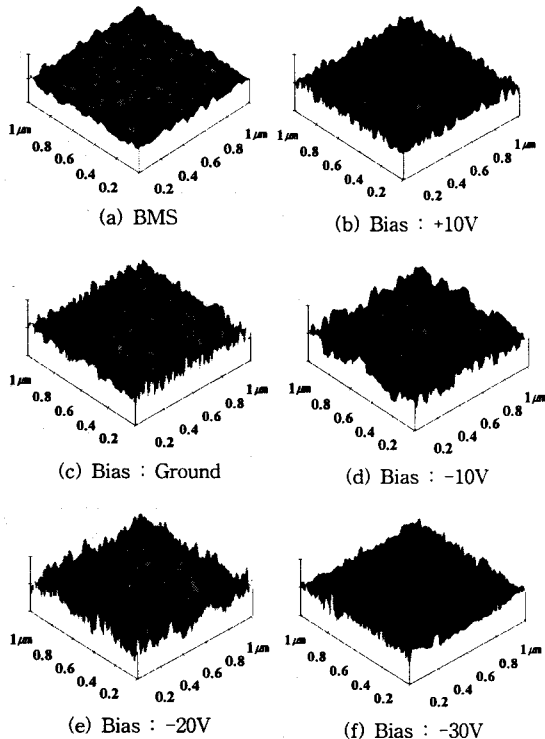


그림 11. 기판 bias 전압에 따른 MgO 표면 AFM 사진

4. 결 론

본 연구에서는 AC PDP의 유전체 보호층인 MgO 박막에 대하여 Unbalanced magnetron sputtering법의 제작 공정 변수인 RF Power, 기판 bias 전압, 동작 압력, 산소 분압에 따른 방전 특성 및 MgO박막의 특성 변화를 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. BMS에 의한 MgO박막의 방전개시전압 173V와 방전유지전압 137V와 비교해 UBMS의 기판 bias 전압 -10V에서 형성된 MgO박막의 방전개시전압은 165V로 방전유지전압은 133.5V로 저하하였다.
2. RF Power와 기판 bias 전압이 증가할수록 기판에 입사하는 이온 전류는 상승하였으나, 기판 bias 전압이 -20V이하로 되면 MgO박막의 방전특성은 오히려 악화되었다.
3. UBMS에 의한 MgO박막이 BMS보다 내스파터링 특성이 약 40%정도 향상되었으며 투과율도 가장 우수하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] B. Window, Surface and Coatings Technology, 81 (1996) 92-98
- [2] P.J. Kelly, R.D. Arnell, Surface and Coatings Technology, 108-109 (1998) 317-322
- [3] B. Window, Surface and Coatings Technology, 71 (1995) 93-97
- [4] H. Miyazaki, F. Utsuno, Y.B.W. Byrum Jr., IEEE Trans. on ED 22 (1975) 685-689
- [5] M.O. Aboelfotoh, J.A. Lorenzen, J. Appl. Phys., 48 (11) (1977)