

# 고속 입자 충격을 도입한 AC PDP의 MgO 보호층 형성에 관한 연구

論文  
49C-9-6

## Preparation of MgO Protective Layer for AC PDP by High Energy Particle Bombardment

金榮奇\* · 朴正泰\*\* · 高光式\*\* · 金圭燮\* · 曹井守\*\*\* · 朴正后\*\*\*

(Young-Kee Kim · Jung-Tae Park · Kwang-Sik Ko · Gyu-Seob Kim · Jung-Soo Cho · Chung-Hoo Park)

**Abstract** - The performance of ac plasma display panels (PDP) is influenced strongly by the surface glow discharge characteristics on the MgO thin films. This paper deals with the surface glow discharge characteristics and some physical properties of MgO thin films prepared by reactive RF planar unbalanced magnetron sputtering in connection with ac PDP. The samples prepared with the dc bias voltage of -10V showed lower discharge voltage and lower erosion rate by ion bombardment than those samples prepared by conventional magnetron sputtering or E-beam evaporation. The main factor that improves the discharge characteristics by bias voltage is considered to be due to the morphology changes or crystal structure of the MgO thin film by ion bombardment during deposition process.

**Key Words** : MgO protective layer, PDP, Unbalanced magnetron sputtering, Ion assistance

### 1. 서론

AC PDP는 유전체 보호층인 MgO 표면에서 형성되는 표면방전에서 방사된 자외선이 형광체를 여기하여 얻어지는 가시광을 이용하는 차세대 벽걸이용 대형 디스플레이로 개발되고 있다. AC PDP 전극상의 MgO 박막은 방전가스와 직접 접촉하고 있으며 AC PDP의 방전특성 및 수명에 직접적인 영향을 미치게 된다. 현재 AC PDP에서 최대 현안 문제는 휘도 및 발광효율의 향상, 높은 Contrast의 실현, 전력손실의 저감 및 제조 비용의 삭감 등이 있으며 이와 관련하여 연구되어야 할 많은 과제 중에서 MgO 박막의 특성 개선에 관한 연구는 다른 연구에 선행되어야 할 가장 중요한 과제중의 하나로 알려져 있다[1-3].

현재까지 알려진 MgO 박막을 형성하는 방법으로는 스퍼터링 및 E-beam 증착법, 이온 플레이팅(Ion plating) 방법과 후막인쇄법(Screen printing)등이 있다. 후막인쇄법은 대형화 및 생산 비용면에서 이점을 가지고 있지만 아직까지는 방전 개시전압이 높고 투명도 및 수명면에서 문제시되므로 실용화 하는 데는 어려운 점이 산재해 있고, E-beam 증착법은 박막 표면이 균일하지 못하고 경시변화가 클 뿐 아니라 대화면이 될수록 연속 공정화하기 어려워 대량생산에 부적합하며 박막 형성시 고진공을 유지해야 하므로 경제적인 부담도 증가하게 된다[3,4]. 반면에 스퍼터링법은 방전특성 및 수명이 우수하며 특히, 불평형 마그네트론 스퍼터링법은 고속 입자 충격에 의

한 박막의 특성을 개선하는 것으로 알려져 있다[5-7].

본 연구에서는 유지전극상에 형성된 유전체에 Unbalanced magnetron sputtering(UBMS)에 의한 MgO 제작 조건과 AC PDP의 방전특성과의 상관관계를 고찰하였다.

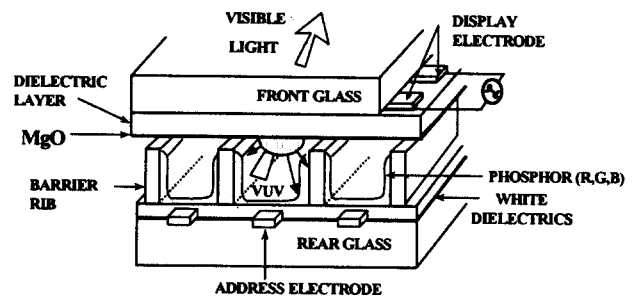


그림 1 AC PDP Cell 구조의 개략도

Fig. 1 The schematic diagram of AC PDP cell

표 1 3인치 패널

Bus 전극 폭	300 $\mu$ m
Bus 전극 간격	100 $\mu$ m
유전체 두께	20 $\mu$ m
MgO 층 두께	5000 Å

### 2. 실험 방법

그림 1은 AC PDP 방전셀의 개략도를 나타내고 있다. 본 실험에서는 표면방전을 형성시킬 수 있는 전면 판넬(Front

\* 正會員 : 釜山大 工大 電氣工學科 博士課程  
 \*\* 準會員 : 釜山大 工大 電氣工學科 碩士課程  
 \*\*\* 正會員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博  
 接受日字 : 2000年 3月 22日  
 最終完了 : 2000年 8月 24日

panel)을 제작하여 실험을 행하였으며 사용한 시료인 3인치 패널의 규격은 표 1과 같다.

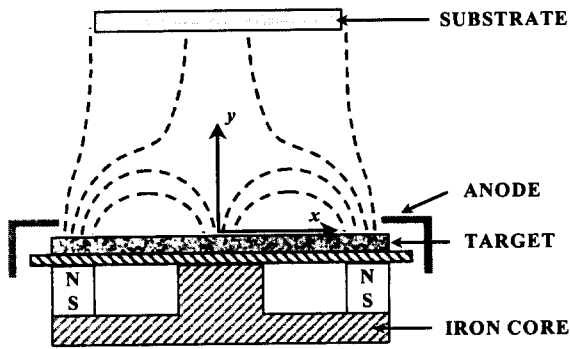


그림 2 불평형 마그네트론 스파터링의 개략도  
Fig. 2 The schematic diagram of unbalanced magnetron sputtering system

그림 2는 본 연구에서 MgO 형성에 이용한 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 이용하여 박막의 특성을 개선시킬 수 있게 된다[7-9]. 기판에 입사하는 이온 전류는 bias 전압과 RF power가 증가함에 따라 상승하였다. 특히 bias 전압이 -40V이하로 되면 이온 전류는 급격히 상승하는 경향을 나타냈으며, -50V이하가 되면 챔버내의 플라즈마가 불안정한 상태로 되어 스파크가 발생하였다.

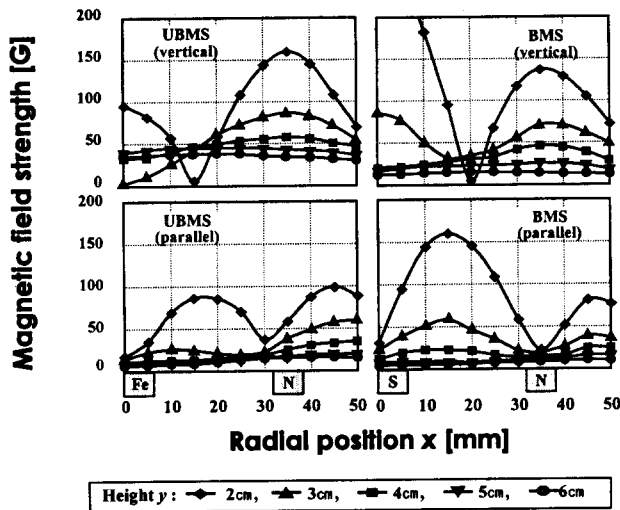


그림 3 UBMS와 BMS의 수직, 수평 자력선 강도  
Fig. 3 The strength of vertical or parallel magnet field of UBMS and BMS along the target surface

그림 3은 그림 2에서 표시한 타겟 중심 표면에서의 수평거리 x와 수직거리 y에 따른 불평형 마그네트론 스파터링(UBMS)과 평형 마그네트론 스파터링(BMS)의 자력선 강도를 나타내고 있다. 그림 2의 자력선 분포와 같이 UBMS의 수직 자기장이 BMS에 비해 기판에 입사하는 자기장이 약 20Gauss 이상 높음을 알 수 있었다.

소성된 유전층 위에 불평형 마그네트론 스파터링(Unbalanced magnetron sputtering)법으로 Mg 타겟을 사용하여 초기 진공  $1.0 \times 10^{-6}$ Torr까지 배기한 후 Ar과 O<sub>2</sub>를 주입하고 RF 전원을 사용하여 MgO 보호층을 형성하였다. 이때 MgO 박막 제작 공정 변수인 RF Power, 기판 bias 전압 그리고 산소분압에 따른 MgO 박막의 방전특성 및 MgO 제작 방법에 따른 내스파터링성을 비교 고찰하였다.

본 연구에서 실시한 내스파터링성 실험은 우선 각 MgO 제작 방법으로 두께 5000Å으로 일정하게 증착한 후, 이 시료를 기존의 마그네트론 스파터링 장비의 타겟으로 장착하고 동작가스로는 AC PDP에서 사용하고 있는 He+Xe(0.2%) 혼합가스를 사용하여 동작 압력 4mTorr에서 RF Power 50W를 인가하여 MgO 박막을 재스파터링시켰다. 이때, 스파터링 시간의 경과에 따른 MgO 박막의 erosion 영역에서 재스파터링 두께변화를 ellipsometer로 측정하여 내스파터링성을 고찰하였다.

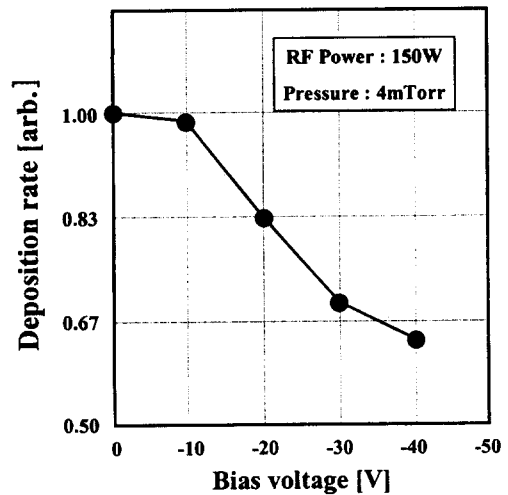


그림 4 Bias 전압에 따른 증착율  
Fig. 4 Deposition rate as a parameter of bias voltage

방전실험용 진공조는 직경 12cm, 높이 17cm의 원통구조로 되어 있으며, 진공조의 상부면은 석영창으로 하여 전극의 방전상태 및 발광특성을 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(0.2%) Penning 동작가스를 주입하여 방전압력 300Torr에서 방전특성 실험을 실시하였다. 구동전압으로는 교류 구형파 펄스전압(펄스주파수 30kHz)을 단계적으로 증가하여 처음으로 쉘이 켜지는 전압인 방전개시전압(V<sub>i</sub>)을 측정

하고, 전체 방전셀을 발광하도록 전압을 상승시킨 후 단계적으로 전압을 감소하여 방전 셀이 최초로 꺼지기 시작하는 전압인 방전유지전압( $V_s$ )을 측정하여 방전특성을 고찰하였다 [10-12].

### 3. 실험 결과 및 고찰

그림 4는 기판 bias 전압에 따른 증착율을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 bias 전압이 -10V까지는 증착율이 거의 일정하나 bias 전압 -20V이하에서는 증착율이 급격히 감소하였다. 그 이유는 bias 전압이 증가함에 따라 기판에 입사하는 이온이 가속되어 재스파터링이 발생했기때문으로 생각된다.

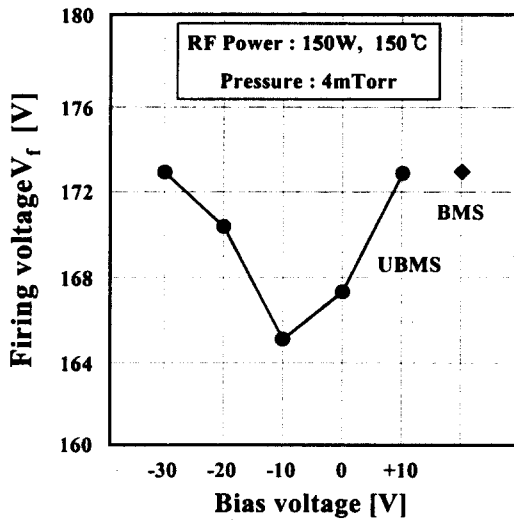


그림 5 Bias 전압에 따른 방전 개시 전압  
Fig. 5 Firing voltage as a parameter of bias voltage

그림 5는 타겟에 인가한 RF power 150W, 기판 온도 150°C에서 불평형 마그네트론 스파터링으로 기판 bias 전압을 변수로 하여 MgO를 형성한 시료에 대한 방전개시전압 특성을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 방전개시전압은 기판 bias 전압이 감소함에 따라 저하하는 경향을 나타내다가 bias 전압 -20V이하로 되면 방전개시전압은 오히려 상승하였다. 방전개시전압의 최소값은 기판 bias 전압 -10V에서 얻어졌으며 평형 마그네트론 스파터링(Balanced magnetron sputtering : BMS)의 173V에서 165V로 약 8V정도 방전개시전압이 저하하였다. 그 이유는 UBMS의 자력선의 일부가 기판으로 향하고 plasma 중의 이온이 자력선을 따라 기판에 입사하여 이온 어시스트 역할을 하여 MgO 박막의 결정성장에 도움을 주지만, 기판 bias 전압이 -20V이하로 되면 이온 에너지가 너무 커져서 이온 충격에 의해 MgO 박막이 재스파터링되기 때문으로 생각된다.

그림 6은 그림 5와 동일한 실험 조건에서 기판 bias 전압을 변수로 하여 MgO를 형성한 시료에 대한 방전유지전압 특성을 나타내고 있다. 방전유지전압 특성은 그림 5의 방전개시전압 특성과 유사한 경향을 나타내었다. 그러나, 그림 5

의 방전개시전압과 비교하여 방전유지전압 특성에 대한 기판 bias 전압의 영향은 감소하였다. 즉, 기판 bias 전압 -10V의 방전개시전압은 약 8V 저하하였으나, 방전유지전압은 3.5V정도만 저하하였다.

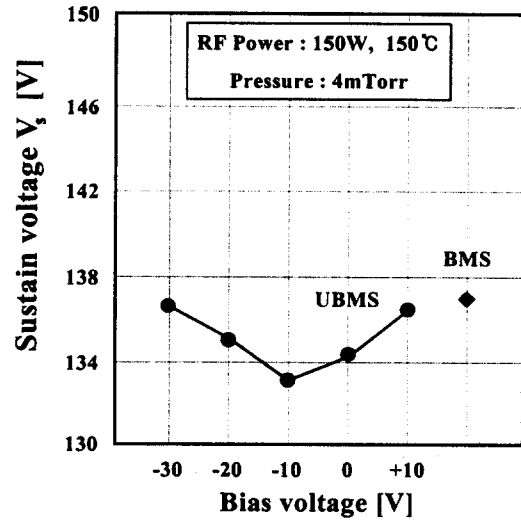


그림 6 Bias 전압에 따른 방전 유지 전압  
Fig. 6 Sustain voltage as a parameter of bias voltage

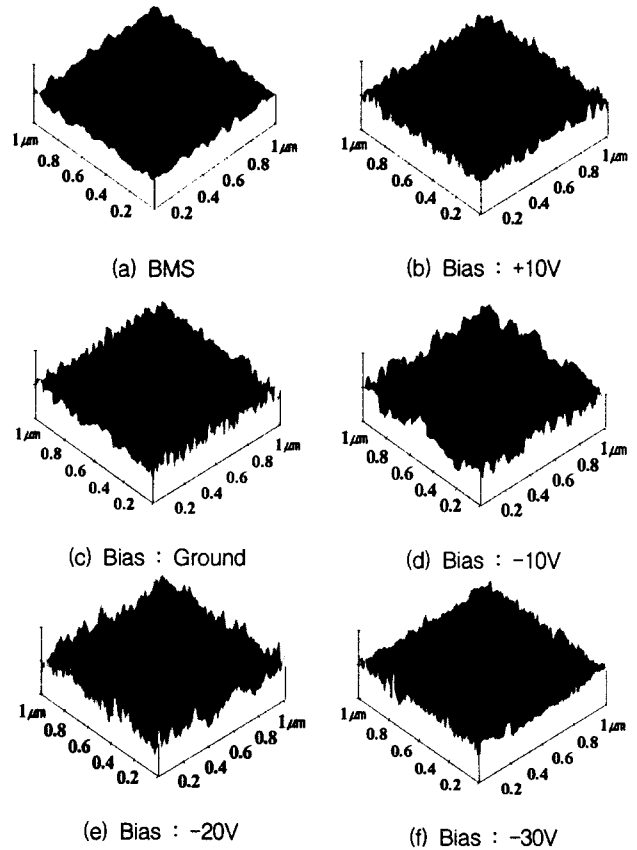


그림 7 Bias 전압에 따른 MgO 표면의 AFM 사진  
Fig. 7 AFM photo of MgO surface as a parameter of bias voltage

그림 7은 그림 5와 6의 기판 holder에 인가한 bias 전압에 따른 방전특성을 고찰하기 위하여 각 시료의 AFM 사진을 검토한 결과이다. 그림 7(a)는 기존의 평형 마그네트론 스파터링에 의해 형성된 MgO 박막이며 그림 7(b), (c), (d)는 불평형 마그네트론 스파터링으로 형성된 MgO 박막으로 bias 전압은 각각 +10V, 0V, -10V이다. 그림에서 알 수 있듯이 기판에 인가한 bias 전압이 증가함에 따라 MgO 박막의 결정 성장이 진행되고 크기가 작은 그래인이 bias 전압이 증가함에 따라 그래인 크기가 증가하고 있음을 관찰할 수 있다. 그러나 그림 7(e)와 (f)에서 보이듯이 bias 전압이 -20V 이하로 되면 그래인이 작아지고 bias 전압 -30V에서는 거의 침상에 가까운 형상을 하고 있음을 관찰할 수 있다. 이것은 bias 전압이 증가함에 따라 plasma 중의 이온이 MgO를 재스파터링시킬 수 있을 정도의 에너지로 기판에 입사하여 MgO 박막을 재스파터링하기 때문으로 생각된다.

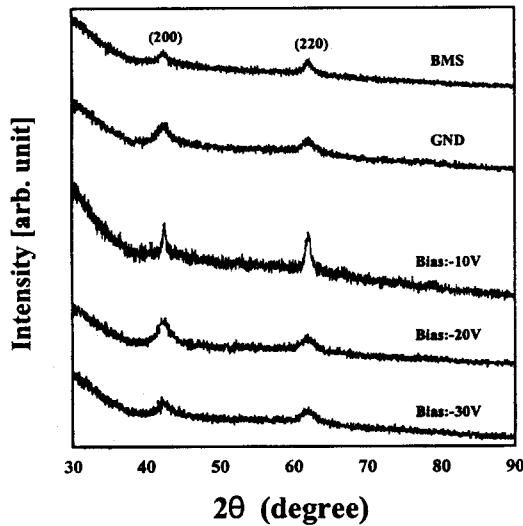


그림 8 Bias 전압에 따른 XRD 분석  
Fig. 8 XRD analysis of MgO thin film as a parameter of bias voltage

그림 8은 기판 bias 전압을 변수로 하여 형성된 시료의 XRD 분석 결과를 나타내고 있다. 불평형 마그네트론 스파터링 bias 전압 -10V에서 형성된 시료에서 결정 성장 파크치가 가장 크고 샤프하므로 결정화가 가장 진행되었음을 확인할 수 있다.

그림 9와 10은 RF power 150W, 동작압력 4mTorr, 기판 온도 150°C에서 Mg 타겟을 사용하여 반응성 스파터링시 기판 bias 전압과 (Ar+O<sub>2</sub>) 혼합가스중의 O<sub>2</sub>가스의 분압을 변수로 하여 MgO 박막을 형성한 후, 방전전압특성을 측정한 것이다. O<sub>2</sub>/(Ar+O<sub>2</sub>)의 값이 40% 이상이 되면 산소과잉상태로 되고 20%이하로 되면 산소부족상태로 되어 오히려 방전전압은 상승하였다. 즉, 본 실험에서의 MgO 보호층의 최적 조성비 (stoichiometry)는 O<sub>2</sub>/(Ar+O<sub>2</sub>)의 값이 30%인 것으로 사료된다.

그림 11은 MgO 박막의 제작 방법에 따른 내스파터링성을 나타낸 것이다. UBMS bias 전압 -10V에서 형성된 시료의

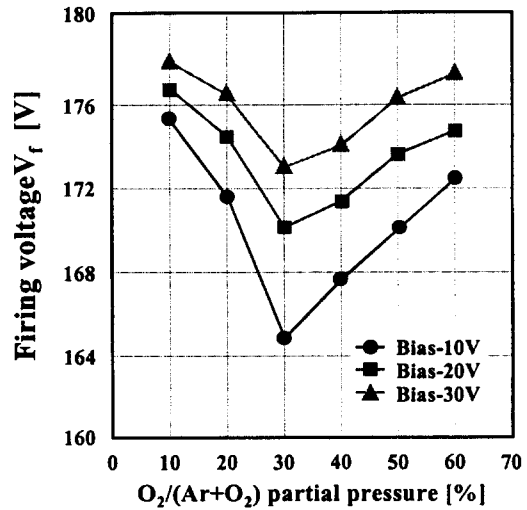


그림 9 산소분압에 따른 방전개시전압  
Fig. 9 Firing voltage as a parameter of O<sub>2</sub> partial pressure

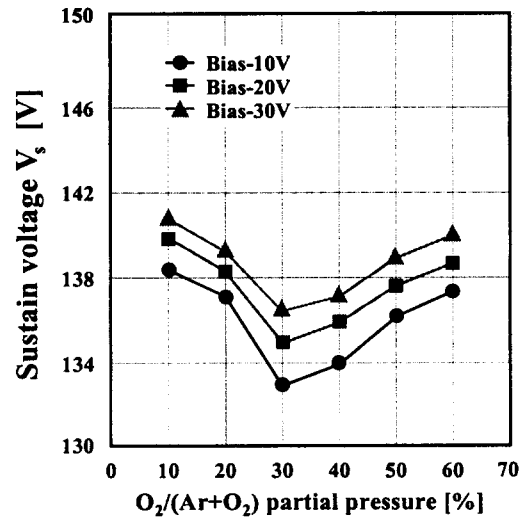


그림 10 산소분압에 따른 방전유지전압  
Fig. 10 Sustain voltage as a parameter of O<sub>2</sub> partial pressure

내스파터링성이 BMS로 형성된 시료의 내스파터링에 비해 약 2배정도 우수하였으며 E-beam 증착법으로 형성된 시료에 비해서는 약 4배정도 내스파터링성이 우수함을 나타내었다. 그 이유는 일반적으로 E-beam 증착법에서 증발된 원자의 에너지보다 스파터링에서 스파터된 원자의 에너지가 약 10~20 배정도 이상 높기 때문에 스파터링으로 형성된 MgO박막의 내부 결합에너지가 크기때문으로 생각된다. 더욱이 UBMS의 경우는 plasma가 자력선의 일부분을 따라 기판으로 향하게 되고 여기에 기판 bias 전압을 인가함에 따라 스파터링된 원자는 더욱 가속되어 더 큰 에너지를 얻어 MgO박막을 형성하기 때문에 내스파터링성이 향상되는 것으로 생각된다[13].

이 결과에서 미루어 생각해 보면 현재 AC PDP의 수명 결점을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

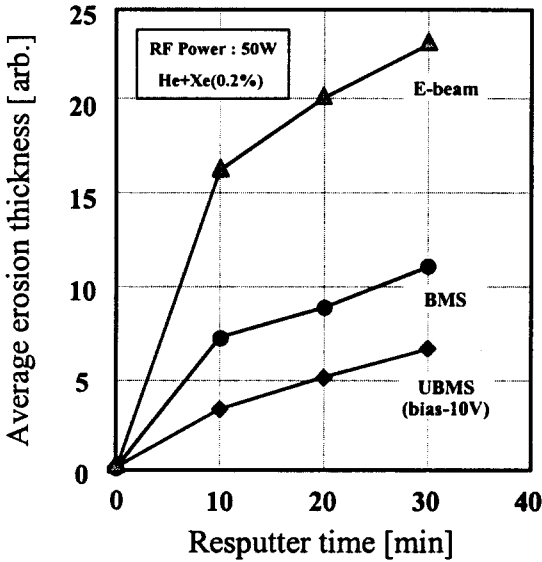


그림 11 MgO 제작 방법에 따른 내스파터링성  
Fig. 11 Sputtering-resistant characteristics as a parameter of MgO deposition method

4. 결 론

본 연구에서는 AC PDP의 유전체 보호층인 MgO 박막에 대하여 불평형 마그네트론 스파터링법의 제작 공정 변수인 RF Power, 기판 bias 전압 그리고 산소분압에 따라 형성된 MgO 박막을 AC PDP로 제작하여 그 방전 특성 및 MgO 박막 특성 변화를 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 기존의 마그네트론 스파터링법으로 형성된 시료의 방전개시전압 173V와 방전유지전압 137V와 비교해 불평형 마그네트론 스파터링법의 기판 bias 전압 -10V, 동작압력 4mTorr, 산소분압 30%에서 형성된 시료의 방전개시전압은 165V로 방전유지전압은 133.5V로서 방전개시전압은 약 4.6%, 방전유지전압은 약 2.6% 저하하였다.
2. RF Power와 기판 bias 전압이 증가할수록 기판에 입사하는 이온 전류는 상승하였으나, 기판 bias 전압이 -20V이하로 되면 재스파터링 등의 원인에 의해 MgO 박막의 방전 특성이 저하하였다.
3. 불평형 마그네트론 스파터링법에 의해 형성된 MgO박막의 내스파터링성이 기존의 마그네트론 스파터링법에 비해 약 2배정도, E-beam 증착법에 비해서는 약 4배정도 우수하였다.

감사의 글

본 연구는 한국디스플레이 연구조합 내 PDP 거점 연구단의 기금 후원으로 이루어졌음을 밝히고 감사의 뜻을 표하는 바입니다.

- [1] T.Urade et al, "A Protecting Layer for the Dielectric in AC Plasma Panels", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.23/3, pp.313-318, 1976
- [2] H.Uchiike et al, "Secondary Electron Emission Characteristics of Dielectric Materials in AC-Operated Plasma Display Panels", IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.ED-23, NO.11, pp.1211-1217, 1976
- [3] S.Sakamoto et al, "Technology and Materials of Color Plasma Panel" CMC. Co, 1996
- [4] H.Uchiike, S.Harada, "Annealing Process of Evaporated MgO Films in ac Plasma Displays", SID 91 Digest, pp.444-447, 1991
- [5] B.A. Shedden, M. Samandi, B.Window, "Stoichiometry of unbalanced magnetron sputtered Al-Mg alloy coatings", Surface & Coatings Technology 97 (1997) 557-563
- [6] C. Wiemer, F. Levy, R. Messier, "Langmuir probe evaluation of ion bombardment during Ti-N growth by unbalanced magnetron sputtering", Thin Solid Films 281-282 (1996) 52-56
- [7] B. Window, "Issues in magnetron sputtering of hard coatings", Surface & Coatings Technology 81 (1996) 92-98
- [8] H. Miyazaki et al, "The structural characteristics of VOx films prepared by He-introduced reactive RF unbalanced magnetron sputtering", Thin Solid Films 281-282 (1996) 436-440
- [9] B. Window, "Recent advances in sputter deposition", Surface & Coatings Technology 71 (1995) 93-97
- [10] S.Sato et al, "Surface-Discharge-Type Plasma Display Panel", IEEE Trans. vol.23, 'No.3, 1976
- [11] B.W.Byrum, "Surface Aging Mechanism of AC Plasma Display Panels", IEEE Trans. vol. ED-22, No.9, 1975
- [12] M.O.Aboelfotoh, J.A.Lorenzen, "Influence of secondary-electron emission from MgO surfaces on voltage-breakdown curves in Penning mixtures for insulated-electrode discharges", Journal of Applied Physics, vol.48, No.11, 1977
- [13] 小林春洋, "スパッタ薄膜 基礎と應用", 日刊工業出版社, 1993

저 자 소 개



김 영 기 (金 榮 奇)

1972년 6월 6일생. 1997년 부경대 전기공학과 졸업. 1999년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 051-510-1544, Fax : 051-513-0212

E-mail : youngkyk@hyowon.pusan.ac.kr



김 규 섭 (金 圭 燮)

1943년 12월 22일생. 1971년 부산대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 부산 동명대학 전기과 교수

Tel : 051-510-1544, Fax : 051-513-0212



박 정 태 (朴 正 泰)

1973년 8월 4일생. 1999년 경성대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 부산대 공대 전기공학과 석사과정

Tel : 051-510-1544, Fax : 051-513-0212

E-mail : reddevil0@hanmail.net



조 정 수 (曹 井 守)

1935년 2월 21일생. 1961년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1976년 부산대 공대 전기공학과 대학원 졸업(공학). 1983~1984년 미국 Oregon Univ. 교환교수. 현재 부산대 공대 전자전기통신공학부 교수

Tel : 051-510-2365, Fax : 051-513-0212

E-mail : chojs@hyowon.cc.pusan.ac.kr



고 광 식 (高 光 式)

1958년 6월 23일생. 1985년 동아대 전기공학과 졸업. 1999년 부산대 공대 전기공학과 석사졸업. 현재 한국전력 부산지사 기술감사과정

Tel : 051-510-1544, Fax : 051-513-0212

E-mail : goksik@DAVA.kepco.co.kr



박 정 후 (朴 正 后)

1945년 4월 8일생. 1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1974년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980~1983년 일본 구주대학 대학원 졸업(공학). 현재 부산대 공대 전자전기통신공학부 교수

Tel : 051-510-2369, Fax : 051-513-0212

E-mail : chpark@howon.cc.pusan.ac.kr