

반응성 스파트링에 의한 PDP용 MgO 보호층의 최적 형성조건에 관한 연구

A Study on the Optimum Preparation Conditions of MgO Protection Layer in PDP by Reactive Sputtering

류 주 연* 부산대학교 공대 전기공학과
김 영 기 부산대학교 공대 전기공학과
김 규 섭 부산대학교 공대 전기공학과
조 정 수 부산대학교 공대 전기공학과
박 정 후 부산대학교 공대 전기공학과

Ju-Youn Ryu* Dept. of Electrical Eng. Pusan National University
Young-Kee Kim Dept. of Electrical Eng. Pusan National University
Gyu-Seup Kim Dept. of Electrical Eng. Pusan National University
Jung-Soo Cho Dept. of Electrical Eng. Pusan National University
Chung-Hoo Park Dept. of Electrical Eng. Pusan National University

Abstract

In AC PDP, electrodes are covered with dielectric layer and the discharge is formed on the surface of the dielectric layer. MgO protection layer on the dielectric layer in PDP prevents a dielectric layer from sputtering and lowers the firing voltage due to a large secondary electron emission yield(γ). Until now, the MgO protection layer is mainly prepared by E-beam evaporation. However, there are some problems that is easy pollution and change of its characteristics with time and delamination. Therefore, in this study, MgO protection layer is prepared on dielectric layer by reactive R.F. magnetron sputtering with Mg target. Discharge characteristics and secondary electron emission coefficients of PDP are studied as a parameter of preparation conditions. Discharge voltage characteristics of the prepared MgO layer can be stable and improved by the annealing process in vacuum chamber.

1. 서 론

정보화 시대에 있어서 HDTV 및 Wide Vision TV에 관한 연구가 활발히 진행중이다. 차세대 대 화면 평판 디스플레이로서 주목을 받고 있는 것은 Plasma Display Panel(PDP)라고 할 수 있다. AC 형 PDP는 주전극이 유전층에 피복되어 있으므로 표면 방전을 이용하게 된다.¹⁾ AC PDP는 2차전자 방출계수가 높은 MgO보호층을 유전층 위에 형성함으로써 방전에서 발생되는 이온 충격으로부터 유전층을 보호하며, 저전압 구동이 가능하게 된다. 또한 고휘도 및 장수명 등의 이점을 얻게 된다. 특히 MgO표면에 축적되는 전하를 이용하는 방전 기억기능은 대화면 방전제어에 중요한 역할을 한다.¹⁾ 일반적으로 MgO 보호층을 형성하는 방법으로는 E-beam증착, 스파트링법, 그리고, 후막 인쇄법 등

이 있다. 후막 인쇄법은 대형화 및 생산 단가면에서 유리하지만 방전개시 전압이 높으므로 아직 실용화 단계에 이르지 못하는 실정이다. 현재까지는 주로 E-beam증착에 의하여 MgO유전체 보호층을 형성하고 있으나, 여러 가지 난점들이 따른다. 스파트링으로 형성된 MgO박막은 E-beam 진공 증착된 MgO박막에 비하여 균일하고 치밀한 박막 구조를 가지며, 내오염성이 강하므로 방전개시전압이 낮은 특징을 가지고 있다.¹⁾²⁾

본 연구에서는 RF Planar Magnetron Sputtering을 이용하여 증착을 특성이 우수한 반응성 스파트링에 의해 MgO박막을 형성함으로써 최적의 MgO형성 조건을 고찰하였다. MgO 스파트링 시간, 스파트링 동작압력 및 기판온도, RF 전원, 산소분압비, Annealing 조건과 방전특성 및 증착율과의 상호관계를 조사하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

그림 1에서 보논바와 같이 AC PDP는 상·하판으로 구성되어 있다. 상판에는 유지전극이 나란히 유전체 속에 배치되어 있으며, 유전체 표면에서 방전에 의한 자외선이 발생하게 된다. 발생한 자외선이 하판의 형광체를 여기시켜서 가시광으로 변환되어 PDP의 출력광으로 된다.¹⁾

상판의 유지전극은 스크린 프린팅에 의하여 선폭 150 μ m, 전극간격 200 μ m의 구조로 형성하였으며, 유전층도 스크린 프린팅으로 20 μ m 두께가 되도록 제작하였다. 이와같이 형성된 유전층 위에 증착을 특성이 우수한 Mg 타겟을 이용하여 R.F. 반응성 마그네트론 스파터링에 의하여 MgO 유전체 보호막을 형성하였다. 그리고 본 연구에서는 MgO 보호층의 장수명화와 방전전압의 저하를 도모하기 위하여 고온 진공중에서 Annealing 시켰다. 하판은 스크린 프린팅에 의하여 격벽체를 형성한 후 Dry Film으로 patterning 한 후 Sandblast에 의하여 원하는 형태의 Barrier Rib을 제작하였다. 이렇게 제작된 상·하판을 이용하여 방전특성 및 2차전자방출계수, 증착을 특성을 구하였다. 방전 실험용 전원으로는 자체 제작한 구형파 펄스전원으로 주파수는 30kHz로 고정하여 전압과 동작가스의 압력을 변화시키면서 방전실험을 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 전기적 특성

AC PDP에서는 방전 공간에 노출된 표면의 2차전자방출계수가 방전개시전압의 결정적인 역할을 한다.¹⁾ MgO는 전자전하력이 작으며 에너지 갭이 크기 때문에 이온충격에 의하여 내부에서 생성된 2차전자가 표면까지 이동할 때, 가전자대의 전자와 반응할 확률이 적으므로 큰 에너지를 가진 채 표면에 도달할 수 있으므로 2차전자방출계수가 높다.

$$V_f = \frac{BPd}{\log \frac{APd}{\log(1 + \frac{1}{\gamma})}}$$

방전개시전압과 2차전자방출계수와의 상관관계는 위의 Paschen법칙에 의하여 알 수 있다. 본 실험에서 방전특성이 우수한 MgO박막을 형성함으로써 AC PDP의 저전압구동과 장수명화를 도모할 수 있었다.¹⁾²⁾

그림 2는 MgO 스파터링시 기판온도와 동작압력에 따른 방전전압 특성을 살펴본 것이다. 고온에서 증착된 MgO 박막일수록 기판에 흡착된 입자들의 표면확산이 활발해지므로 결정성이 증가되고 불순물 함유량이 적다. 낮은 기판온도에서는 원자, 이온 간의 충돌이 적고, 그로 인하여 MgO 막 중에 혼입하는 Ar의 혼입량이 증가하게 되므로 2차전자방출계수가 낮아지게 된다. 그리고 높은 동작압력에서 형성된 MgO 박막일수록 Grain 크기가 증가하게 된다.¹⁾ MgO의 Grain 크기가 클수록 Crystal

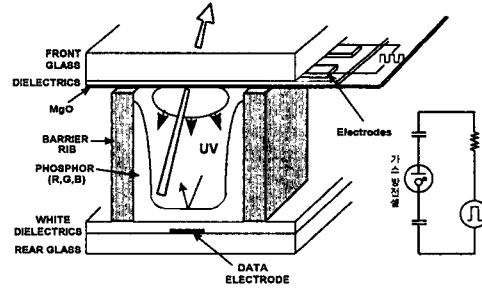


그림 1. AC PDP의 구조와 등가회로도
Fig.1 The structure and equivalent circuit of AC PDP

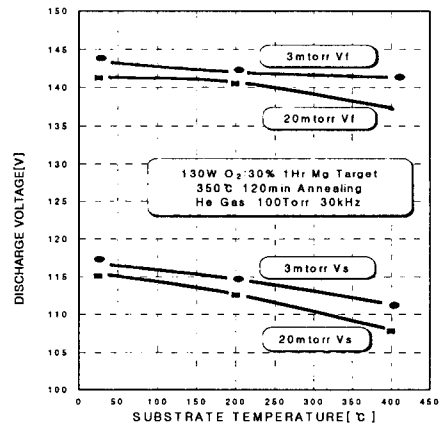


그림 2 기판온도와 동작압력에 따른 방전전압
Fig. Discharge voltage variation versus substrate temperature and working pressure

Defect가 적으며, Grain 크기가 작은 경우에 비하여 표면적이 작으므로 OH기 오염도가 작기 때문에 2차전자방출계수가 증가된다고 보고 되어지고 있다.³⁾

그림 3은 RF Power변화에 따른 방전전압 관계를 살펴본 것이다. RF 입력전원이 증가함에 따라 타겟에서 sputtering 되어 나오는 입자들이 큰 운동 에너지를 가지므로 MgO박막의 결정성이 증가하게 되므로 방전특성이 향상된다. 그러나 입력 전원이 너무 높게 되면 MgO박막의 Grain크기는 증가하지만, resputtering 효과에 의한 요철이 심한 MgO 박막이 형성되게 된다. MgO박막의 요철이 심할수록 OH기 흡착이 증가되므로 방전개시전압이 높아지는 결과를 보이게 된다.³⁾

MgO유전체 보호막 형성에 있어서 Annealing 공정을 추가함으로써 방전전압의 안정화와 panel의 장수명화 등의 이점을 얻을 수 있다.⁴⁾ 그림 4는 Annealing분위기에 따른 방전특성을 나타낸 것이다. Annealing을 통하여 MgO 보호층 표면에 잔류

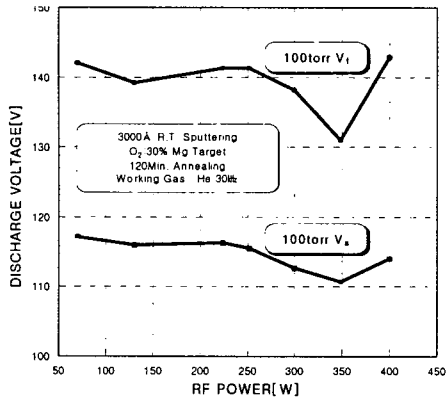


그림 3. RF Power에 따른 방전전압
Fig. 3 Discharge voltage variation versus RF power

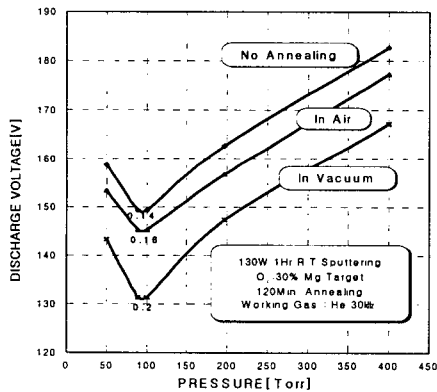
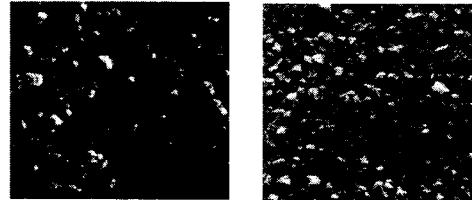


그림 4. Annealing 분위기에 따른 방전전압
Fig. 4 Discharge voltage variation versus atmosphere of the annealing

하는 흡착가스나 유기물질들이 제거되므로 방전 전압이 저하하게 된다. 대기 중에 비하여 진공중에서의 Annealing을 통하여 보다 우수한 방전특성 향상을 얻었다. 진공중에서의 Annealing에 의해서만 Grain 성장을 방해하는 과잉산소가 완벽하게 제거되어지므로 방전개시전압이 감소하게 된다.³⁴⁾ 그림 5에서 보는바와 같이 Annealing을 통하여 MgO의 표면물성이 향상됨을 확인할 수 있었다.

그림 6은 Annealing 온도변화에 따른 방전전압 관계를 나타낸 것이다. 낮은 온도에서 Annealing된 MgO 보호막에 비하여 높은 온도에서 Annealing된 MgO가 우수한 방전특성을 나타내었다. 고온에서 Annealing될수록 MgO표면의 일함수를 감소시키는 OH기의 제거가 쉬우므로 2차전자방출계수가 높아지게 된다.³⁾



(a) Before Annealing (b) After Annealing
그림 5. Annealing에 따른 MgO표면의 SEM 사진
Fig. 5 SEM photo of MgO by Annealing

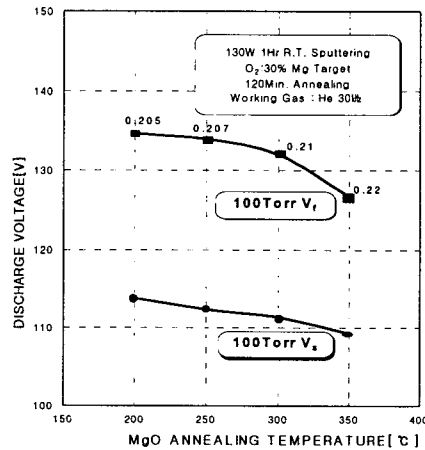


그림 6. Annealing 온도변화에 따른 방전전압
Fig. 6 Discharge voltage variation versus annealing temperature

3.2 증착율 특성

E-beam 증착에 비하여 스파트링으로 MgO박막을 형성할 경우 대형화 공정이 용이한 장점이 있지만, 증착속도가 낮은 단점이 있는데 RF Power 증가로 저증착율의 단점을 극복할 수 있다. 그림 7은 Power 변화에 따른 증착율 관계를 나타낸 것이다. RF Power를 증가시키에 따라 MgO박막의 증착속도가 400W에서 107A/min까지 증가하였다. 입력 RF Power가 증가함에 따라 전력밀도가 증가되어 타겟에서 스파트링 되는 입자들의 운동 에너지가 증가하므로 이온화율이 증대되어 증착율이 증가하게 된다.

그림 8은 산소분압 $O_2/(Ar+O_2)$ 에 따른 MgO증착율 관계를 나타낸 것이다. 일반적으로 세라믹 타겟을 사용하는 경우에 비하여 Mg타겟을 사용하는 반응성 스파트링은 높은 증착율을 갖는다. 하지만,

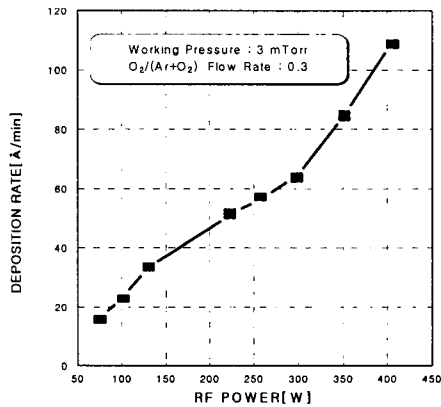


그림 7. RF Power에 따른 증착율
Fig. 7 Deposition rate as parameter of RF power

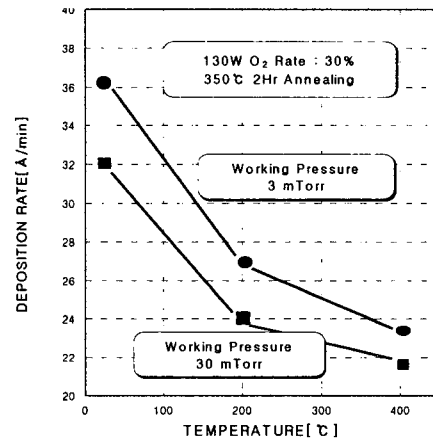


그림 9. 스파터링시 기판온도와 압력에 따른 증착율

Fig. 9 Deposition rate variation versus pressure and substrate temperature for MgO sputtering

함에 따라 지수 함수적으로 증가하게 된다. 따라서, 기판온도가 증가함에 따라 MgO의 결정성은 증가하게 되지만, 반면에 증착율은 낮아지게 된다.

4. 결론

1. 반응성 스파터링에 의하여 MgO 박막을 형성할 경우에 있어서 기판온도와 동작압력이 증가할수록 방전전압은 감소하였으며, RF 전원 350W에서 가장 우수한 방전 특성을 가졌다.
2. 형성된 MgO 보호막은 진공중 350°C에서 120분 동안 Annealing함으로써 AC PDP의 방전특성 향상과 수명향상을 도모할 수 있었다
3. MgO 보호막의 증착율은 RF 입력 전원에 비례하는데, RF 전원 400W에서 107A/min까지 얻을 수 있었다.
4. MgO 보호막은 산소분압 0.3에서 높은 증착율을 나타내었으며, 스파터링시 기판온도와 동작압력이 감소할수록 증착율은 증가하였다.

참고 문헌

- [1] 大脇健一, "プラズマディスプレイ", 共立出版株式会社, 1983
- [2] Toshinori Urade, pp.313-318, IEEE ED, 1976
- [3] K. Machida, H.Uchiike, pp.531-534, SID 92 DIGEST, 1992
- [4] H.Uchiike, S.Harada, SID 91 DIGEST, pp.444-447, 1991

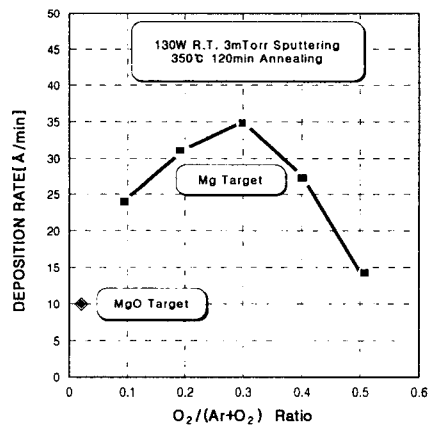


그림 8. 산소분압 변화에 따른 증착율
Fig. 8 Deposition rate as a parameter of O₂/(Ar+O₂) flow rate

O₂/(Ar+O₂)가 0.5정도가 되면 타겟표면상에 MgO 산화막이 형성되므로 세라믹 타겟으로 스파터링하는 것과 동일한 결과를 보인다. 산소분압 0.3에서 35A/min로 가장 높은 증착율을 가졌다.

그림 9는 MgO 스파터링시 기판온도와 동작압력 변화에 따른 증착율 관계를 살펴본 것이다. 기판의 온도가 증가할수록, 스파터링시 동작압력이 높을수록 증착율은 감소하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 기판 위에서 스파터링된 입자들이 존재할 수 있는 시간은 기판온도가 증가함에 따라 지수 함수적으로 감소하게 되며, 기판 위에서 스파터링된 입자들이 운동할 수 있는 능력은 기판 온도가 증가