

A Study on the Sputtering-resistant Properties of MgO Thin-film in the AC Plasma Display Panel (PDP)

池性元*, 呂宰榮*, 李禹根**, 曹正守***, 朴正后***

(Song-Won Chi, Jae-Young Yeo, Woo-Geun Lee, Jung-Soo Cho, Chung-Hoo Park)

Abstract - The life of AC PDP depends largely on the sputtering-resistant property of the protecting layer such as MgO thin-film. However, it is very difficult to measure the sputtering-resistant property in the stable driving conditions of AC PDP. In this paper we have suggested a high speed measurement technique of the sputtering-resistant property of MgO thin-film by applying the MgO thin-film as the target of RF magnetron sputtering system. We have also applied this method to the e-beam MgO and sputter-MgO and e-beam MgO was superior to sputter-MgO 3 times over. Also, the relation of Xe gas partial pressure(X) and sputtered thickness(Y) was $Y=3.4X+13.5$.

Key Words :AC PDP, PDP protecting layer, RF discharge, sputtering-resistant property

1. 서 론

플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel : PDP)은 50" 이상의 대화면 TV가 가능할 뿐만 아니라, 적은 방에서도 많은 사람들이 동시에 볼 수 있는 광시야각, 화면 구석구석까지 화상이 이그러지지 않는 평면성, 10[cm] 이하의 얇은 두께, CRT 중량의 약 1/6 등 벽걸이 TV에 필요한 모든 요건을 겸비한 디스플레이(display)로서 최근 급속한 발전을 거듭하고 있다.[1-3] 국내에서는 40" 급 color TV가 주문생산에 들어갔으며 일본을 중심으로 가격이 높긴하지만 상품으로 시장에 진출하고 있다.

그러나, 성능면이나 가격면에서 아직도 많은 문제점을 안고 있다. 특히, PDP TV로서 수명성능은 15,000시간 이상이 요구되고 있으며 수명을 결정하는 가장 중요한 인자 중의 하나가 유전체 보호층 재료인 MgO박막의 내스퍼터링성과 관계되고 있다.[4] 즉, AC PDP color TV의 기본동작원리가 그림 1과 같이 상판의 MgO표면에서 형성되는 표면방전 plasma에서 방사되는 자외선이 하판에 도포한 형광체를 여기하여 방출되는 가시광을 이용하고 있다. 그러므로, 유지전극

(sustain electrode)이 부(-)로 될 때마다 MgO박막이 정이온 등의 충격을 받게 된다. 이 충격에 의해 균열이 발생하거나 MgO표면이 스퍼터되어 버리면 방전동작특성이 저하하여 TV로서 수명이 현저히 저하하게 된다. 그러나, MgO박막의 스파터링성이 낮고, 장시간 실험을 요하므로 MgO의 내스퍼터링성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 지금까지 MgO박막 형성은 고속 증착 및 경제적 측면에서 주로 전자빔 증착법에 의존하고 있으며 성능향상을 목적으로 스퍼터 방법에 의한 증착방법도 연구되고 있다.[5]

본 연구에서는 AC PDP의 유전체 보호층인 MgO박막을 기관에 형성한 후 RF 스퍼터링의 타겟으로 적용함으로써 MgO박막의 내스퍼터링성을 단시간에 계속할 수 있는 새로운 방법을 제안하고, 이 방법에 의해 전자빔 MgO박막과 스퍼터링 MgO박막의 내스퍼터링성을 비교검토했다.

2. 실험방법

MgO박막의 내스퍼터링성 연구에서 가장 큰 문제점은 실험에 10,000시간 이상의 장시간이 소요된다는 점과 스퍼터율이 낮아 MgO박막의 내스퍼터링성을 쉽게 계속할 수 없다는 점이다. 그러므로, AC PDP를 장시간 정상 동작시켜 MgO박막의 내스퍼터 성질을 규명한다는 것은 실험상 많은 어려움이 있다. 그러므로, 구형과 교류 펄스 전압을 상승시켜 가속시험을 채택하는 수도 있으나, 단락 상태에 이르지 않고 장시간 인가할 수 있는 적정 전압을 선정하기가 극히 어렵다.

* 準 會 員 : 釜山大 工大 電氣科學科 碩士課程

** 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 博士課程

*** 正 會 員 : 釜山大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 1998년 12월 17일

最終完了 : 1999년 4월 2일

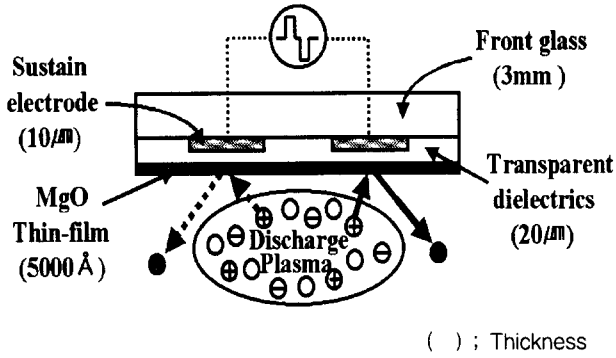


그림 1. AC PDP 상판에서 표면 방전과 MgO의 스퍼터링 과정
 Fig. 1 The surface discharge on the front glass of AC PDP and sputtering process of MgO thin-film

본 연구에서는, 장시간이 필요한 MgO박막의 내스퍼터링 성질을 단시간에 제작하기 위하여 전자빔 방법으로 형성한 MgO박막 및 스퍼터링 방법으로 형성한 MgO박막 시료를 기존의 RF 스퍼터링 장비의 타겟으로 사용하여 MgO박막을 스퍼터시켜 그 현상을 고찰함으로써 MgO박막 자체의 내스퍼터링성을 규명하는 새로운 방법을 제안하게 되었다. 이 방법의 장점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 일반 DC 스퍼터링 장비에서는 MgO와 같은 절연물의 스퍼터링이 거의 불가능하지만 RF 스퍼터링 방법에서는 절연물의 스퍼터링이 가능하다.
- (2) RF 전원주파수가 13.56[MHz]로서 PDP의 구동주파수(30-200[KHz])보다 높기 때문에 가속 수명시험이 가능하다.
- (3) RF power는 고출력까지 제어가 용이하므로 power를 상승시켜 단시간에 실험을 완료할 수 있다.
- (4) PDP에서 사용하는 gas와 동일한 gas의 조건하에서 내스퍼터링 시험이 가능하다.
- (5) 기판에 증착되는 MgO박막의 두께를 계속함으로써 타겟에 위치한 전자빔 MgO 및 스퍼터 MgO박막의 내스퍼터링성을 직접 구할 수 있다.

한편, 시료는 소다 라임(soda lime) 유리 기판상에 전자빔 증착 및 magnetron 스퍼터링 증착 방법으로 약 5000[Å]의 MgO박막을 형성하였다. 여기서, 전자빔 증착의 경우는 전자빔 소스(source)로서 MgO 결정을 사용하였으며, 스퍼터링 증착의 경우는 타겟으로 Mg를 사용하고 동작가스로서 Ar, 반응가스로서 O₂를 사용하여 반응성스퍼터링 방법으로 MgO박막을 형성하였다.

본 연구에서는 전자빔 증착 및 반응성스퍼터링법에 의해 1차로 형성된 시료를 각각 E₁-MgO 및 S₁-MgO라 부르기로 한다. 그리고, E₁-MgO 및 S₁-MgO를 타겟으로 하여, RF 전력 100[W], 동작가스압 2[mTorr]의 조건하에서 5분간 RF 스퍼터링하였을 경우 새로운 기판상에 재증착되어 형성된

MgO시료를 각각 E₂-MgO 및 S₂-MgO라 부르기로 한다.

본 연구에서 다른 언급이 없을 경우 그래프상의 MgO두께는 5분간 재증착된 E₂-MgO 및 S₂-MgO의 두께를 의미한다. 전자빔 증착법에 의해 MgO 시료(E₁-MgO)제작의 경우 공급 전압과 전류는 각각 3.5[kV] 및 10[mA]로 일정유지하였으며, 기판 온도는 100[°C]로 일정유지하면서 30분간 증착하였다. 스퍼터링 증착법에 의해 MgO시료(S₁-MgO)제작의 경우는 RF 전력 150[W], 진공조압력 2[mTorr], 기판온도 100[°C]로 하여 2시간 증착하였으며, O₂/(Ar+O₂) 유량비를 30[%]로 제어하였다. 한편, MgO박막의 두께측정은 Plasmos-ellipsometer를 이용하였으며, MgO박막 시료의 표면고찰은 SEM사진을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 논문에서는 실제 PDP cell에서가 아닌 RF 마그네트론 스퍼터링 장비에서 PDP와 유사한 방전조건을 구성하여 실험하였으며, PDP에서 음극 스퍼터링에 영향을 주는 변수(압력, 전력, 가스종류 등)를 중심으로 실험하여 그 결과를 고찰하면 다음과 같다.

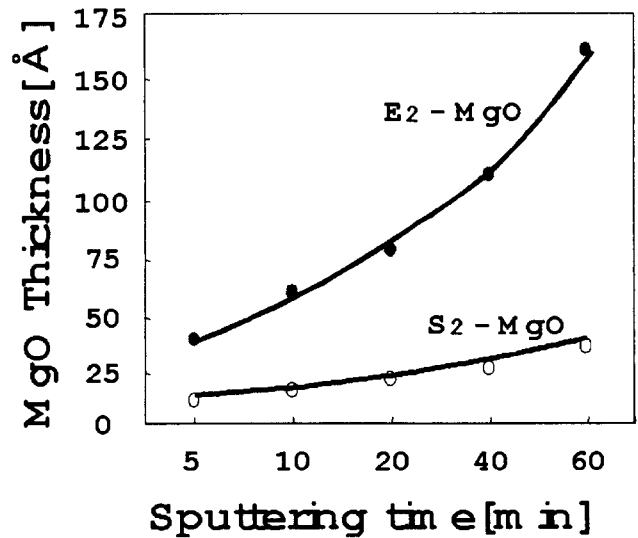
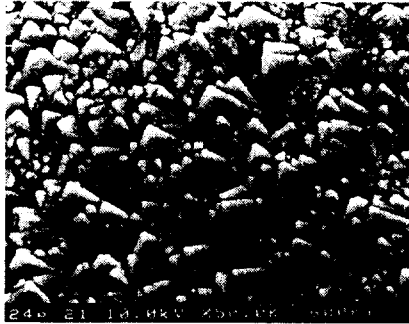


그림 2. E₁-MgO 및 S₁-MgO 시료의 스퍼터링 시간과 재증착 두께의 관계

Fig. 2 Sputtering time vs. deposited thickness for E₁-MgO and S₁-MgO samples

그림 2는 E₁-MgO 와 S₁-MgO를 타겟으로 하여 MgO박막을 스퍼터링시킬 경우 스퍼터링 시간과 스퍼터된 MgO박막의 평균두께를 나타내고 있다. 이 경우 RF 전력은 100[W], 진공조압력 2[mTorr]였고, 동작가스는 Ar을 사용한 결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 전자빔증착법에 의해 형성된 MgO박막은 스퍼터링 증착법에 의해 형성된 MgO박막보다 약 3배 이상 쉽게 스퍼터링되므로 스퍼터링 증착법으로 형성된 박막 쪽이 내스퍼터링성이 3배 이상 우수함을 알 수 있다. 이의 원인은 다음과 같이 생각된다. RF 스퍼터링의 경우는 양이온이 수백 볼트정도의 음극강하영역을 통과하면

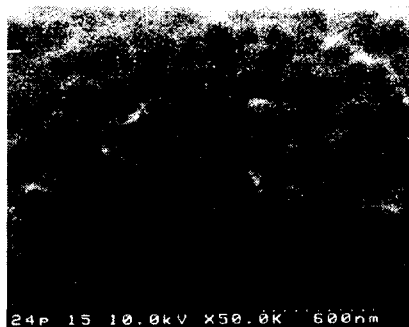
서 고속입자로 되며, 타겟과 충돌한 후 타겟에서 스퍼터된 MgO원자의 에너지도 10[eV]정도의 값을 갖게 된다.[6] 이 고에너지 원자가 중성가스 영역을 지나 기관에 치밀하게 부착하여 MgO박막을 형성하게 된다. 한편, 전자빔 증착의 경우 전자빔가열에 의해 증발된 MgO원자는 열에너지만을 갖게 되며 종류에 따라 다르지만 대략 0.2[eV]정도의 증발에너지를 갖게 된다.[6] 이 값은 대략 스퍼터링 경우의 1/50 정도이므로, 스퍼터링에 의해 증착된 박막은 기관에 부착력이 우수하고, 치밀한 박막이 형성되어 내 스퍼터링성이 우수하게 됨을 알 수 있다.



(a) 스퍼터링 전



(b) 스퍼터링 중



(c) 스퍼터링 후

그림 3. 스퍼터링에 의한 E₁-MgO 시료의 시간에 따른 표면 변화

Fig. 3 The surface variation of E₁-MgO in sputtering process

그림 3은 전자빔으로 제작된 MgO박막을 타겟으로 하여 Ar 동작가스 내에서 스퍼터링할 경우에 나타나는 전형적인 표면 변화를 그림3의 (a)스퍼터링 전, (b) 스퍼터링 중, (c) 스퍼터링 후의 순으로 나타내고 있다. 시간이 지남에 따라 초기의 뾰족한 표면이 이온의 충격, 즉 스퍼터링에 의해 서서

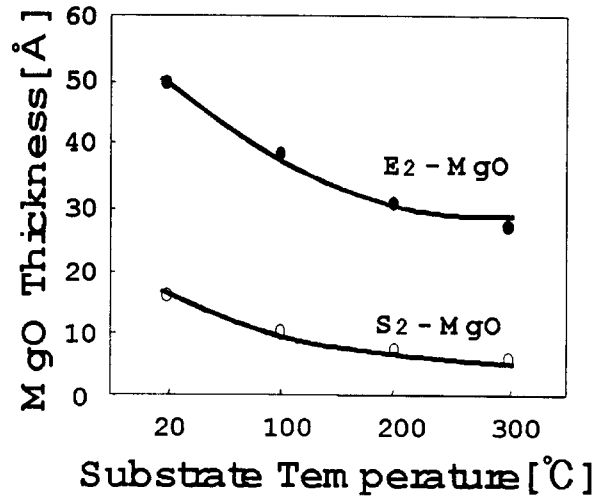


그림 4. E₁-MgO 및 S₁-MgO 시료 제작시의 기관온도에 따른 재증착 두께 변화

Fig. 4 The deposited thickness as a parameter of substrate temperature of E₁-MgO and S₁-MgO

히 마모되어 결국에는 굴곡이 없는 평탄한 표면을 갖게 됨을 알 수 있다.

그림 4는 E₁-MgO 및 S₁-MgO시료 제작시의 기관온도를 변수로 하여 Ar 동작가스 내에서 스퍼터링시킬 경우 기관온도와 스퍼터된 MgO박막 두께의 상관관계로 나타내고 있다. 그림에서 제작시의 기관온도가 높을수록 스퍼터되는 두께는 감소하며 내스퍼터링성이 우수함을 알 수 있다. 이것은 실온에서 형성된 대부분의 박막은 불균일하고, 공격자점(vacancy), 전위(dislocation), 결정립 경계(grain boundary) 등의 격자결함을 가지는 매우 불완전한 상태에 있다. 그런데, 기관온도를 상승시켜서 박막을 형성하면 그 박막의 구성 원자들이 기관의 열에너지를 얻어 그 표면 및 내부에서 원자의 이동 즉, 확산이 일어난다. 이와 같은 확산현상에 의해 원자의 재배치가 쉽게 이루어져 박막 결합이 감소하고, 치밀해지기 때문이라고 생각된다.[7]

그림 5는 E₁ MgO 및 S₁ MgO를 타겟으로 하여 Ar 동작가스 내에서 스퍼터링시킬 경우의 RF 전력에 따른 MgO박막의 두께변화를 나타내고 있다. RF 전력을 증가시킬수록 타겟의 양극과 음극 사이에 인가되는 전계의 세기가 커지게 되어 이온이 타겟으로 입사하는 속도(입사 에너지)가 증가하게 된다. 그림에서 알 수 있듯이 100[W]이상이면 MgO 스퍼터링량이 크게 됨을 알 수 있으며, 특히 전자빔 증착에 의해 형성된 MgO박막의 두께 변화가 심하게 됨을 알 수 있다. 그림 3에서 논한 바와 같이 전자빔 MgO의 경우에는 박막이 치밀하지 못하기 때문에 나타난 결과라고 생각된다.

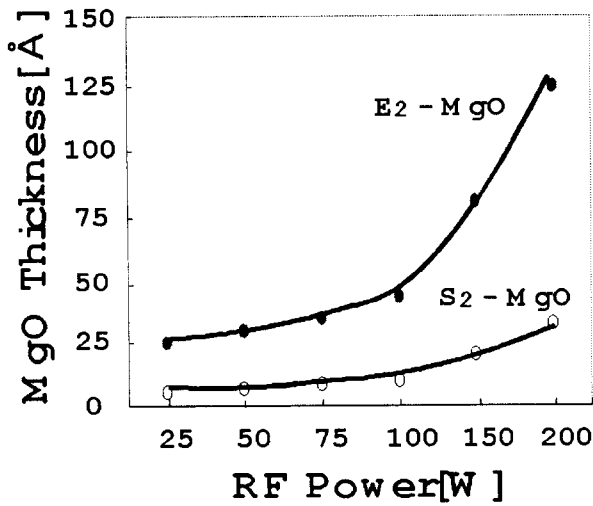


그림 5. E₁-MgO 및 S₁-MgO 시료의 RF 전력에 따른 재증착 두께의 변화
 Fig. 5 RF power vs. deposited thickness for E₁-MgO and S₁-MgO samples

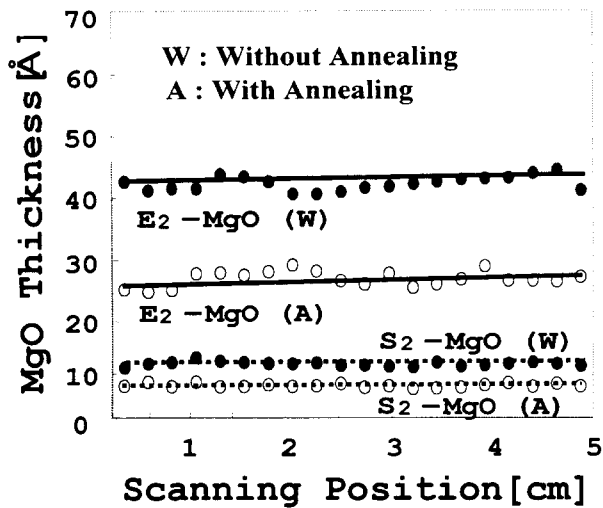
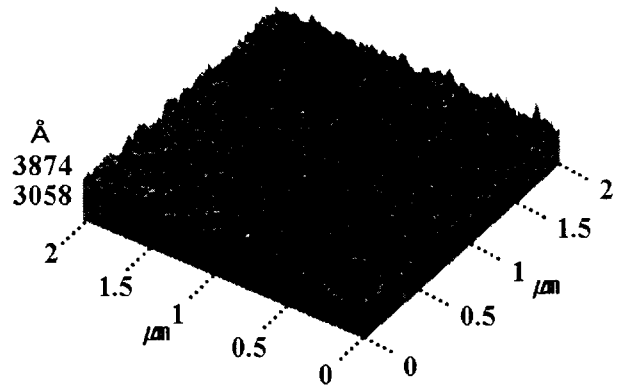
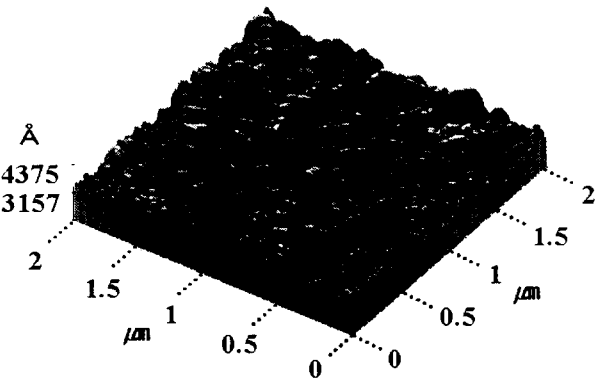


그림 6. E₁-MgO 및 S₁-MgO 시료의 활성화 공정에 따른 재증착 두께의 변화
 Fig. 6 The effect of annealing on the deposition thickness for E₁-MgO and S₁-MgO samples

그림6은 E₁-MgO 및 S₁-MgO를 350[°C]에서 2시간 동안 진공 중에서 활성화 공정을 거친 후 RF전력 100[W], 압력 2[mTorr]에서 5분간 Ar 동작가스 내에서 스퍼터링했을 경우, 직경 5[cm] 기판의 각 부분의 두께를 측정한 결과를 나타내고 있다. 비교하기 위하여 활성화 공정을 거치지 않은 시료의 결과도 같이 표시하였다. 그림에서 E₂-MgO 시료는 활성화 공정을 거친 후 약 20[Å]정도 줄어들었으며, S₂-MgO 시료는 약 5[Å]정도 줄어들었다. 즉, 전자빔 증착법에 의해 제작된 시료가 활성화 공정을 거친 후 내스퍼터링성이 현저히 향상되었음을 알 수 있다. 이와같이, 활성화 공정이 내스퍼터링을 증가시키는 원인으로는 활성화 공정 중 MgO박막의 표면 불순물의 제거 및 구조적 변화 때문으로 생각 할 수 있다.[8]



(a) 활성화 공정 전



(b) 활성화 공정 후

그림 7. E₁-MgO의 활성화 공정 전후의 표면 AFM 사진
 Fig. 7 The AFM photos of E₁-MgO surface before and after annealing

그림7은 E₁-MgO의 활성화 공정 전후의 표면 Atomic Force Microscope (AFM)사진을 나타내고 있으며, 활성화 전의 미세 결정들이 활성화 공정을 거치면서 큰 결정으로 성장해 감을 알 수 있다.

그림8은 E₁-MgO를 타겟으로 하여 스퍼터링할 경우 동작 가스를 변수로 하여 스퍼터링 시간과 MgO박막 두께와의 상관 관계를 나타내고 있다. 이 경우 동작 가스는 현재 AC PDP의 실제 동작 가스로도 사용되고 있는 He+Xe 혼합가스를 사용하였다. Xe분압이 약 5[%]까지 증가할수록 휘도는 개선되지만 방전 개시 전압은 상승하는 것으로 알려져 있다. Ar의 경우는 비교 때문에 같이 표시하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 He+Xe 혼합 가스 내에 Xe의 분압이 증가할수록 MgO박막의 두께는 증가하여 내스퍼터링성이 저하하고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 스퍼터율[atoms/ion]은 입사 이온의 운동 에너지가 클수록 높아진다. 즉, 스퍼터율은 동작 가스의 원자량과 그 입사 속도에 관계하는데, He의 원자량이 4.003인데 비하여 Xe의 원자량이 131.3으로 30배 이상 크기 때문에 Xe 이온에 의한 스퍼터링이 현저해지기 때문으로 생각된다.[9]

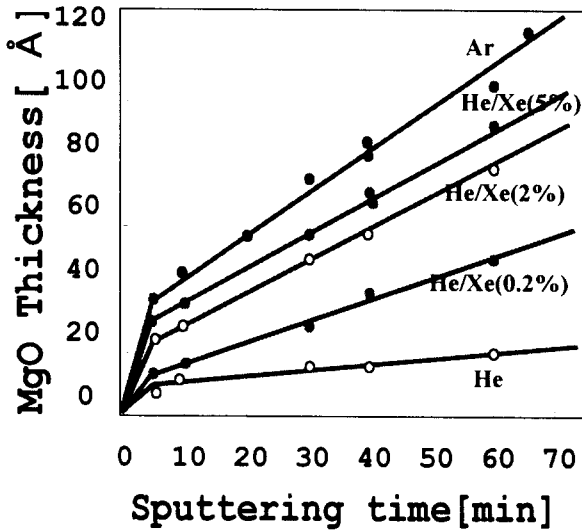


그림 8. 각종 동작가스에서 E₁-MgO시료의 스퍼터링 시간과 재증착 두께의 상관 관계

Fig. 8 The relationships between sputtering time and deposited thickness for E₁-MgO samples as a parameter of working gas

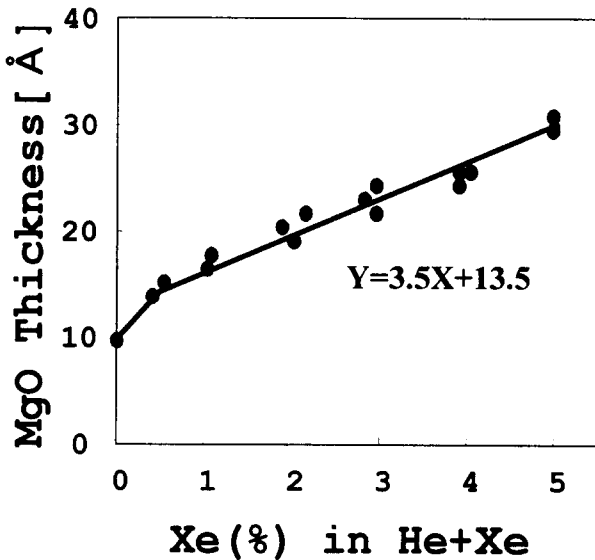


그림 9. He-Xe 혼합가스에서 Xe분압에 따른 E₁-MgO 시료의 재증착 두께의 변화

Fig. 9 The effect of Xe partial fraction in He+Xe mixture gas on the deposited thickness for the E₁-MgO samples

그림9는 He+Xe 혼합가스 내의 Xe분압에 따른 MgO박막 두께 변화만을 정리한 결과이다. Xe의 혼합율이 높을수록 Xe 이온의 생성확률도 커지므로 스퍼터율이 증가하여 Xe분압과 MgO박막의 두께는 대략 비례하게 되고, Xe의 분압(%)을 X, MgO두께를 Y라하면 X, Y관계는 대략 $Y=3.5X+13.5$ 로 나타낼 수 있다. 그러므로, Xe 분압이 0.5[%]에서 5[%]로 증가하면 MgO박막의 두께는 2배 이상 증가하게 됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 AC PDP의 유전체 보호층인 MgO박막을 기관에 형성한 후 RF 스퍼터링의 타겟으로 적용함으로써 MgO박막의 내스퍼터링성을 단시간에 측정할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 이 방법에 의해 얻어진 결과를 요약 하면 다음과 같다.

1. 스퍼터링 증착에 의해 형성된 MgO박막이 전자빔 증착에 의한 MgO박막보다 3배 이상 내스퍼터링성이 우수하였다. 두 경우 모두, 제작시 기관온도가 높을수록 내스퍼터링성이 향상되었다.

2. 스퍼터링 및 전자빔 증착에 의해 형성한 MgO박막은 고진공 내에서 고온으로 하여 활성화 공정을 거치면 내스퍼터링성이 개선되며, 전자빔 증착시료가 더욱 현저히 개선되는 효과를 나타내었다.

3. AC PDP의 동작가스로 사용되고 있는 He+Xe혼합가스에서는 Xe의 분압이 증가할수록 MgO박막의 스퍼터링량이 비례해서 증가하며, Xe의 양이 0.5[%]에서 5[%]로 10배 증가하면 스퍼터링량은 약 2배로 증가하였다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] Shouichi Matsumoto, Isao Oota, Hisashi Okada, Yoshimasa One, and Takao Kishino, "Electric Display," Ohmsha Ltd, pp.83-110, 1995.
- [2] Joseph A .Castellano, "Handbook of Display Technology," Academic Press INC, pp.111-127, 1992.
- [3] 御子紫 茂生, "플라즈마디스플레이," 共立出版株式會社, pp.14-40, 1983.
- [4] M. Noborio, T.Yoshioka, Y.Snao, and K.Nunomura, "Degradation Mechanism of Surface Discharge AC PDP," Technical Report of IEICE. EID, pp.92-85, 1991.
- [5] Yasuhisa Kaneko, Nobuo Mikoshiba and Tsutomu Yamashita, "Preparation of MgO Thin Film by RF Magnetron sputtering," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.30, No.5, pp.1091-1092, 1991.
- [6] 小林, "스퍼터 薄膜", 日刊工業出版, pp.31-82, 1993.
- [7] K.Haruhiro, "Application of Plasma Energy," 日刊工業出版, pp.61-64, 1993.
- [8] Heiju Uchiike and Shigeki Harada, "Annealing Process of Evaporated MgO Films in a Plasma

Displays," SID 91DIGEST, pp.444-447, 1991.

[9] G.K.Wehtner, G.S.Anderson, L.I.Maissel, and R.Glang,
"Handbook of Thin Film Technology," McGraw-Hill,
pp.84-127, 1970.

저 자 소 개



지 성 원 (池 性 元)

1976년 1월 26일생. 1997년 부산대학교 공
대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전
기공학과 졸업(석사). 현재 부산대학교 전
기공학과 조교

Tel : (02) 510-1544



여 재 영 (呂 宰 榮)

1972년 6월 25일생. 1998년 창원대학교 공
대 전기공학과 졸업. 현재 부산대학교 대학
원 전기공학과 석사과정

Tel : (02) 510-1544

이 우 근 (李 禹 根)

전기학회논문지 제 48C권 제 2호 참조

Tel : (02) 510-1544

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

조 정 수 (曹 正 守)

전기학회논문지 제 48C권 제 1호 참조

Tel : (02) 510-2365

박 정 후 (朴 正 后)

전기학회논문지 제 48C권 제 2호 참조

Tel : (02) 510-2369