

Fe가 첨가된 MgO 보호막의 표면특성 개선에 관한 연구

(Study on Surface Characteristics of Fe Doped MgO Protective Layer)

이돈규* · 박차수 · 김광태 · 성열문**

(Don-Kyu Lee · Cha-Soo Park · Kwang-Tae Kim · Youl-Moon Sung)

요 약

플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel : PDP)이 다른 평판 디스플레이 분야(Liquid Crystal Displays(LCDs) and organic light emitting diodes(OLEDs) 등)와 경쟁에서 이기기 위해서는 제품의 고화질화, 저소비전력과 고속구동 등의 성능향상이 필요하다. 본 논문에서는 PDP의 성능향상을 위하여 유전체 보호층으로 쓰이는 MgO 박막에 Fe를 미량 첨가한 박막을 증착하고, 그 특성에 대하여 연구하였다. e-beam 증착법으로 증착된 Fe 도핑 된 MgO 박막의 표면특성과 전기광학적 특성을 4인치 테스트 패널을 제작하여 연구하였다. Fe가 도핑된 MgO 박막을 가지는 PDP는 Fe가 도핑되지 않은 PDP에 비해 낮은 방전전압 특성을 나타내었으며, 이는 박막에서 측정된 2차전자방출계수의 실험결과와 잘 일치되었다. 증착된 박막의 결정성과 표면 거칠기는 XRD 와 AFM 측정방법을 통하여 결정되었다. 또한, Fe가 도핑된 PDP는 고속구동을 위한 향상된 어드레스 방전 늦음의 특성을 나타내었다.

Abstract

In order to compete with other flat display devices such as Liquid Crystal Displays (LCDs) and organic light emitting diodes (OLEDs), Plasma Display Panels (PDPs) require to have high performances like high image quality, low power consumption and high speed driving. In this paper, Fe doped MgO protective layer was introduced for higher performance. Both the surface characteristics of the deposited thin films and the electro-optical properties of 4 inch test panels were investigated. It has been demonstrated experimentally that ac PDP with Fe doped MgO protective layer has lower discharge voltage than that of undoped MgO film, which corresponds to measured secondary electron emission coefficients. The crystallinity and surface roughness of thin films were determined by XRD patterns and AFM images. In addition, ac PDP with Fe doped MgO protective layer has improved address discharge time lag for high speed driving.

Key Words : AC-PDP, Fe Doping, MgO Protective Layer, Discharge Voltage

* 주저자 : 동의대학교 전기공학과 전임강사
 ** 교신저자 : 경성대학교 전기전자공학과 부교수
 Tel : 051-890-1666, Fax : 051-890-1664, E-mail : donkyu@deu.ac.kr
 접수일자 : 2010년 1월 8일, 1차심사 : 2010년 1월 11일, 심사완료 : 2010년 1월 26일

1. 서 론

현재 각광받고 있는 FDP(flat display panel) 중 하나인 ac PDP(alternating current - plasma display panel) 의 유전체 보호막으로 사용되고 있는 MgO 우수한 내열성과 내마모성을 지니고 있으며, 단결정 형성시 높은 광투과도를 가지고 있다. PDP에 사용되는 MgO 보호막은 방전 전극을 덮고 있는 유전체를 보호하는 층으로, 양이온이 음극으로 이동하면서 유전층과 충돌하는 현상으로 인해 생기는 스퍼터링 현상을 견디게 하여 수명을 결정짓게 한다. 보호막의 또 다른 중요한 역할은 양이온이 음극과의 충돌로 인해 생기는 이차전자 방출 확률이 비교적 높다는 것이다. [1-2] 따라서, 많은 연구자들이 MgO를 대체할 수 있는 여러 다른 보호물질들을 개발하거나 [3-6] 첨가되는 도핑물질을 제어하여 [7-10] MgO 보호막의 특성을 개선하는 연구가 이루어져 왔다. MgO 보호막은 아주 작은 양의 성분변화나 증착 방법에 따라서도 전기 및 광학적 특성에 큰 영향을 미치게 되므로, 현재까지 연구는 주로 이차전자방출 계수를 증가시켜 이에 따른 방전 전압과 방전지연을 감소시키는 것이었다. 예를 들어, MgO를 증착하여 얻게 되는 결정방향은 주로 (111), (200), (220) 방향으로, (111) 결정방향으로 증착된 MgO 보호막은 이차전자방출계수의 증가로 방전전압의 감소를 얻을 수 있고, (200) 방향으로 증착된 보호막은 (111) 방향보다는 작지만 방전전압의 감소를 얻을 수 있는 동시에 고온에서의 misfiring과 잔상 등에도 도움을 준다고 알려져 있다[11-12].

본 실험에서는 순수한 MgO pellet과 MgO에 Fe를 50[ppm], 100[ppm], 200[ppm]을 도핑한 MgO pellet을 직접 제작한 테스트 패널에 e-beam evaporation 방법으로 증착시킨 후, 보호막의 특성과 테스트 패널의 특성을 연구해 보았다. Fe의 도핑으로 MgO의 밴드갭과 결정성의 변화를 주어 순수 MgO가 증착된 패널보다 높은 이차전자 방출계수를 얻는 동시에 광투과 특성도 유지할 수 있었다. 또한, 향상된 어드레스 방전 늦음 특성을 나타냄으로써 고속 구동에서도 유리한 특성을 가짐을 알 수 있었다.

2. 실험 방법

ac PDP 패널에 Fe가 도핑된 MgO 보호막의 특성을 연구하기 위하여 4인치 테스트 패널을 직접 제작하였다. 테스트 패널의 셀 치수는 실제 판매되고 있는 42인치 XGA(extended video graphics array) 해상도 (1366×768×3RGB 셀)를 가지는 PDP 패널과 동일한 크기를 가지고 있다. 그림1과 표1은 각각 ac PDP의 개략도와 테스트 패널의 사양을 나타내고 있다. ac PDP는 상판과 하판의 2층 구조로 이루어져 있고, 상판은 60[μ m]가 떨어져 있는 한 쌍의 방전유지전극이 투명전극과 Ag전극으로 구성되고, 이를 유전체와 MgO 보호막이 덮고 있다. 하판은 방전을 제어하기 위한 어드레스 전극과 유전층, 각각의 R, G, B 삼원색의 형광체를 구분하기 위한 격벽으로 구성되어 있다. 이렇게 제작된 상판과 하판을 합착한 후 Ne + Xe(8%) 이원가스를 400[torr] 주입하게 된다.

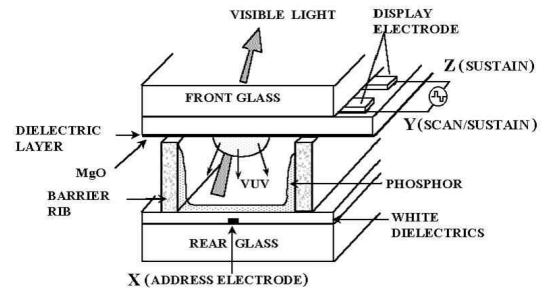


그림 1. ac PDP의 방전 셀 구조
Fig. 1. The schematic diagram of an ac-PDP

보호막의 증착을 위해서 현재 PDP에 MgO 박막을 증착하는데 가장 많이 사용되고 있는 e-beam evaporation 방법을 사용하였다. [13] 표 2는 실제 제작된 MgO 보호막의 자세한 증착조건을 나타낸다. MgO에 Fe를 도핑하는 비율은 보호용 박막의 표면 특성과 PDP 패널의 전기-광학적 특성에 영향을 미칠 수 있는 적정량을 선정하였다. MgO 박막의 증착물과 단면의 형태를 관찰하기 위하여 전자현미경(SEM: scanning electron microscope)을 사용하였고, X선 회절(XRD: X-ray diffraction)을 사용하여 증착된 박막의 결정성을 측정하였다. 또한, AFM(atomic force

Fe가 첨가된 MgO 보호막의 표면특성 개선에 관한 연구

microscopy)를 사용하여 박막 표면의 이미지와 거칠기의 정도를 관측하고, FIB(γ -focused ion beam) 시스템을 사용하여 증착된 MgO 박막의 표면에서 방출되는 이차전자 방출계수를 측정하였다. [14] Fe가 도핑된 MgO를 증착시킨 PDP 패널의 전기적 특성을 조사하기 위하여 제작된 테스트 패널의 방전개시전압과 방전유지전압, 마진, 어드레스 방전 늦음 등을 측정하였다.

표 1. 테스트 패널 사양

Table 1. The specification of test panel MgO

Working gas : Ne + Xe(8%) 400[torr]			
Front glass		Rear glass	
Thickness of dielectric layer	30[μm]	Width of the address electrode	100[μm]
Width of electrodes	270[μm]	Thickness of white back	20[μm]
Electrode gap distance	60[μm]	Height of the barrier rib	130[μm]
		Pitch of the barrier rib	270[μm]

표 2. e-beam evaporation의 증착조건

Table 2. The deposition conditions of electron-beam evaporation system

Deposition condition	
Voltage	-7.5[kV]
Current	4[mA]
Temperature	250[$^{\circ}\text{C}$]
Total thickness of MgO	4000[\AA]
Fe doping rate	0, 50, 100, 200[ppm]

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 10분 동안 유리판에 증착된 Fe의 도핑율에 따른 MgO 보호막의 SEM 이미지로 표 2에 나타난 증착조건을 모든 샘플에 동일하게 적용 시켰다. MgO 보호막은 Fe의 도핑율에 크게 영향을 받지 않고 4,000[\AA]으로 거의 동일하게 증착되었을 뿐만 아니라 단면적의 형태도 큰 차이점을 발견할 수 없었다. 즉, Fe가

0~200[ppm] 정도이 미량이 도핑될 경우에는 MgO 박막의 증착율이나 증착형상에 크게 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다.

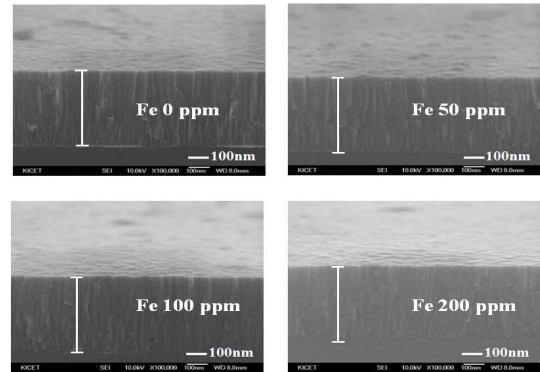


그림 2. 동일 조건에서 증착된 MgO 박막의 SEM 이미지
Fig. 2. SEM images of the Fe-doped MgO films

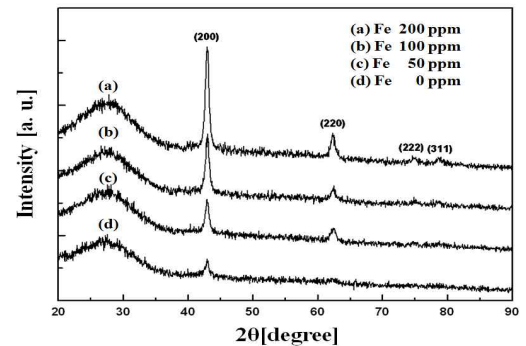


그림 3. 동일 조건에서 증착된 MgO 박막의 XRD 패턴
Fig. 3. XRD patterns of the Fe-doped MgO thin films as a function of Fe doping

그림 3은 Fe가 도핑된 함유량에 따른 MgO 보호막의 XRD 패턴을 나타낸 그림이다. 증착된 모든 MgO 보호막은 4,000[\AA]의 두께를 가지고 있고, (200) 결정방향과 (220) 결정방향이 두드러지게 나타나고 있다. Fe의 도핑율이 증가함에 따라 (200) 결정방향을 나타내는 피크의 강도가 급격히 증가하게 되는 반면에 (220) 결정방향을 나타내는 피크의 강도는 조금씩 증가하였다. (200) 결정방향을의 급격한 증가 때문에 방전전압의 감소뿐만 아니라 고온오방전 및 잔상 등의 문제에서도 호전된 특성을 얻을 수 있을 것이다. 그러나

(111) 결정방향을 나타내는 피크는 발견할 수 없었는데, 그것은 MgO 박막의 증착속도가 너무 빨라서 사라진 현상으로 증착속도를 느리게 하면 (111) 결정방향을 발견할 수 있다.

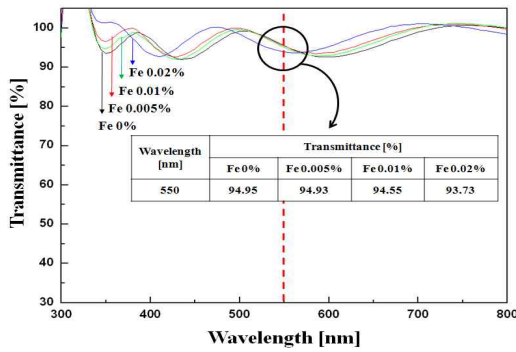


그림 4. 동일 조건에서 증착된 MgO 박막의 투과도 특성
Fig. 4. The transmittance of the Fe-doped MgO thin films as a function of Fe doping

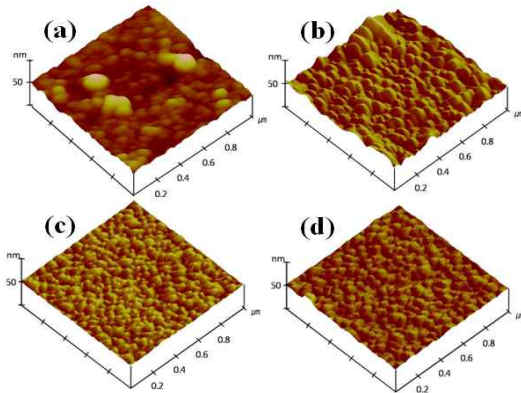


그림 5. 동일 조건에서 증착된 MgO 박막의 AFM 이미지 (Fe: (a) 0[ppm], (b) 50[ppm], (c) 100[ppm], (d) 200[ppm])
Fig. 5. AFM images of the Fe-doped MgO thin films as a function of Fe doping: (a) 0, (b) 50, (c) 100, and (d) 200[ppm]

방전 셀 내부에서 생성되는 가시광으로 정보를 나타내는 PDP에서는 상판의 투명도가 가장 중요한 특성 중의 하나이다. 따라서 그림 4에서는 Fe 도핑율에 따른 MgO 보호막의 투명도를 나타내었다. 초록색 광을 나타내는 550nm에서의 투명도를 측정해보면, Fe의 도핑율이 200[ppm] 까지 증가할 경우 투명도가 낮아

지지만 그 양은 1[%] 정도로 매우 작았다. 즉, Fe가 200[ppm] 까지 도핑 되어도 가시광의 투명도는 거의 변화하지 않는 것을 알 수 있다.

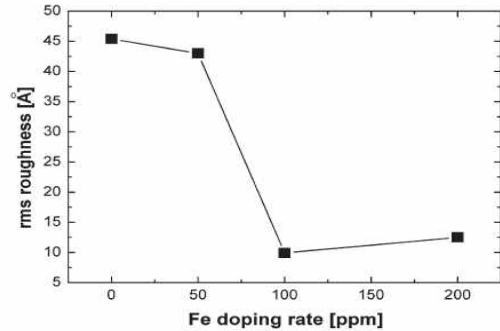


그림 6. 동일 조건에서 증착된 MgO 박막의 표면 거칠기 특성
Fig. 6. The rms roughness of Fe-doped MgO films

그림 5와 6은 AFM으로 측정된 Fe 도핑율에 따른 MgO 보호막의 표면 입자 특성과 거칠기를 나타낸 그림이다. Fe의 도핑양이 증가 할수록 입자 사이즈가 더욱 작아지면서 표면의 거칠기도 줄어들었다. 그러나 Fe를 100[ppm] 이상 도핑 하면 다시 입자의 사이즈와 표면의 거칠기가 조금 증가하였다.

일반적으로 PDP에서 방전개시전압은 혼합가스의 조성비, 동작압력 뿐만 아니라 보호막에서의 이차전자 방출계수와 밀접한 관계를 갖는다는 것은 잘 알려진 사실이다. [15-16] 방전개시전압은 파센의 법칙에 의해 다음과 같이 정해진다.

$$V_f = \frac{Apd}{\ln[Bpd/\ln(1+1/\gamma)]} \quad (1)$$

여기서, A와 B는 가스의 특성에 의해 결정되는 상수이고, p는 가스의 동작압력이고, d는 방전이 개시되는 전극 사이의 거리이다. 파센의 법칙에 의하면 방전개시전압은 MgO 보호막에 주입되는 양이온에 의해 생성되는 이차전자 방출계수 (γ) 와 밀접한 관계를 가지므로, Fe의 도핑양에 따라 이 이차전자 방출계수의 변화를 측정해 보았고, 이를 그림 7에 나타내었다. [14] 그림 7은 100[V]에서 200[V]까지의 이차전자 방

출계수를 나타낸 그래프로 Fe가 도핑되지 않은 수순 MgO 보호막에 비하여 Fe 가 도핑된 MgO 보호막의 이차전자 방출계수가 증가하는 것을 알 수 있다. 가장 높은 이차전자 방출계수를 가지는 Fe 도핑량은 100[ppm]으로 수순 MgO 보다 25[%] 까지 증가하였다. Fe가 100[ppm] 이상 첨가된 MgO 보호막의 경우 오히려 이차전자 방출계수가 낮아지기 시작 하였으며, 이는 AFM 결과에서 입자의 크기와 표면의 거칠기가 증가하는 양상과 잘 일치된다.

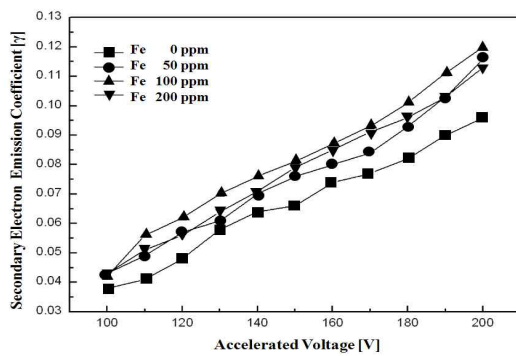


그림 7. 동일 조건에서 증착된 MgO 박막의 2차 전자 방출계수 특성
 Fig. 7. Secondary electron emission(SEE) coefficient of the Fe-doped MgO thin films as a function of Fe doping

ac PDP에서는 발광 효율의 개선을 위하여 입력 전력과 밀접한 관계가 있는 방전 개시전압의 감소가 필수적이며, 그 핵심적인 역할을 이차전자 방출계수와 관계가 있는 MgO 보호막이 한다. Fe가 도핑된 MgO 보호막의 특성을 평가하기 위해 Fe 도핑율에 따른 방전개시전압(Vf), 방전유지전압(Vs), 메모리 계수(MC)를 측정하고 계산하여 그림 8에 나타내었다. 그림에 나타난 Vf1은 테스트 패널에서 한 개의 셀이 방전을 개시하기 시작하는 최소방전개시전압이고, Vfn은 패널 모든 셀이 방전하는 최대 방전개시전압을 말한다. Vsn은 패널의 모든 셀이 방전개시 후 점차 전압을 낮추어 갈 때, 한 개의 셀이 꺼지기 시작하는 최대 방전유지전압을 나타내고, Vs1은 패널의 모든 방전 셀이 꺼지게 되는 최소 방전유지전압이 된다. MC 값은 다음의 식으로 정의되고, 만약 MC의 값이 매우 크다면,

PDP 패널의 안정적인 구동의 확률이 매우 크다는 것을 의미한다.

$$MC = \frac{2 \times (V_{f1} - V_{sn})}{V_{f1}} \quad (2)$$

도핑이 첨가되지 않은 MgO 보호막이 증착된 패널의 Vf1, Vsn, MC의 값은 각각 247[V], 155[V], 0.745이고, Fe가 100[ppm] 도핑된 패널의 Vf1, Vsn, MC의 값은 각각 236[V], 150[V], 0.723로서, Fe가 100[ppm] 도핑된 패널의 방전개시전압과 방전유지전압은 수순 MgO가 증착된 패널보다 각각 11[V], 5[V]가 감소하였다. 100[ppm] Fe가 도핑된 경우 방전유지전압이 감소보다 개시전압의 감소가 더욱 커서 MC의 값은 상대적으로 다소 감소하였다. 이 결과는 이전에 보고된 표면 거칠기의 감소 [7]와 (111) 혹은 (200)의 결정성의 피크 강도가 증가[9-10] 하면 방전 개시전압과 유지전압이 감소한다는 결과와 그림 3과 6을 비교한 결과와 완전히 일치한다. 그리고 그림 7에서 측정된 Fe 도핑량에 따른 이차전자 방출계수의 변화와 방전전압의 변화도 정확히 일치함을 알 수 있다. 그림 8에서 Vsn과 Vs1의 값의 차이가 Fe의 도핑율이 점점 더 증가함에 따라 줄어드는 현상을 보이는데, 이는 MgO 보호막의 표면 거칠기가 더욱 작아지면서 PDP 전체 셀의 균일도가 향상되었기 때문이다.

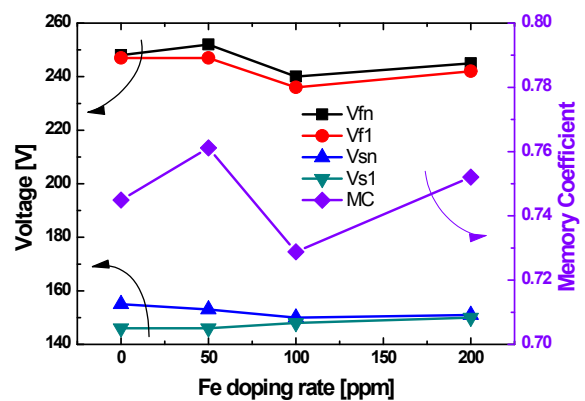


그림 8. 제작된 테스트 패널의 방전 전압 특성과 메모리 계수 특성
 Fig. 8. Discharge voltages of test panels with MgO doped various Fe contents

그림 9는 제작된 테스트 패널의 어드레스 방전 늦음 특성을 나타내고 있다. 어드레스 방전 늦음이 작을수록 고속 구동이 가능해짐으로 고해상도와 고화질의 화면을 표시하는 것이 가능해진다. 일반적으로 어드레스 방전 늦음은 형성 늦음과 통계적 늦음으로 나타나게 되는데, 형성 늦음은 방전셀의 구조와 관련이 있고 통계적 늦음은 이차전자 방출계수와 연관되게 된다. 그림 9에서 볼 수 있는 것과 같이 Fe 도핑양이 증가할수록 어드레스 방전의 통계적 늦음은 감소하다가 200[ppm]부터 다소 증가하는 경향으로 그림 7의 이차전자 방출계수 측정 데이터와 잘 일치하는 결과를 보여주고 있다.

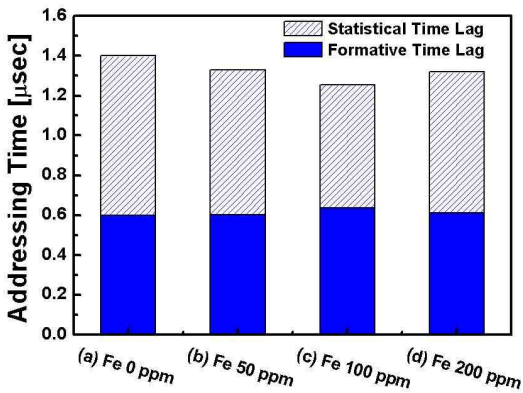


그림 9. 제작된 테스트 패널의 어드레스 방전 늦음 특성
Fig. 9. Address discharge delay of test panels with MgO doped various Fe contents

4. 결 론

AC-PDP의 MgO 보호막에 Fe를 미량 도핑하여 방전특성이 개선되는 것을 실험적으로 증명해 보았다. XRD 이미지 결과와 AMF 결과로부터 Fe가 도핑됨에 따라 MgO 보호막의 결정 피크의 강도가 증가하고 표면의 거칠기가 더욱 부드러워지며, 입자의 사이즈도 감소하는 특성을 가졌다. 이런 특성의 변화는 이차전자 방출계수를 증가시키고, 결과적으로 PDP 패널의 방전전압을 11[V] 까지 감소시켰다. 즉, PDP의 방전 개시전압과 방전유지전압은 MgO 보호막의 결정성과 표면 거칠기 같은 구조적 특성과 매우 밀접한 관계를

가지고 있다. 실험결과로부터 100[ppm]의 Fe가 도핑된 MgO 보호막의 특성이 제일 좋은 것을 알 수 있었고, 더욱 많은 Fe가 도핑될 경우 보호막의 구조적 특성뿐만 아니라 방전전압도 다시 상승함을 알 수 있었다. 또한, 테스트 패널의 어드레스 방전 늦음을 측정할 결과 이차전자 방출계수 특성과의 잘 일치되는 결과를 얻을 수 있었다.

이 논문은 2009 학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(과제번호 2009AA163).

References

- [1] J.P. Boeuf, "Plasma display panels: physics, recent developments and key issues" J. Phys. D, 36, R53, (2003).
- [2] D.-K. Lee, C.-H. Park, H. J. Lee, W.-S. Choi, D.-H. Kim, H.-J. Lee, "Electro-optical characteristics of plasma display panel with Mg1-xSixO protecting thin films deposited by an electron-beam evaporation method", Appl. Phys. Lett., 89, 191501, (2006).
- [3] D.-K. Lee, C.-H. Park, H. J. Lee, J.-Y. Choi, D.-H. Kim, H.-J. Lee, "The effect of a Si-doped protective layer on the discharge characteristics of an alternating current plasma display panel", Phys. Plasmas, 14, 103505, (2007).
- [4] R. Kim, Y. Kim, Y.U. Lee, H.J. Kim, J.W. Park, "Effect of ZrO2 addition on the structural, optical and electrical properties of MgO protective films", Surf. Coat. Technol. 161, 52, (2002).
- [5] B. Guo, C. Liu, X. Z. Song, L. Liu, Y. Fan, X. Xia, D. Fan, "Influence of ZrO2 addition on the microstructure and discharge properties of Mg-Zr-O protective layers in alternating current plasma display panels", J. Appl. Phys. 98, 043304, (2005).
- [6] J. H. Eun, J. H. Lee, S. G. Kim, M. Y. Um, S. Y. Park, H. J. Kim, "The protection of MgO film against hydration by using Al2O3 capping layer deposited by magnetron sputtering method", Thin Solid Films, 435, 199, (2003).
- [7] E.Y. Jung, S.G. Lee, S.H. Sohn, D.K. Lee, H.K. Kim, "Electrical properties of plasma display panel with Mg1-xZnxO protecting thin films deposited by a radio frequency magnetron sputtering method", Appl. Phys. Lett. 86, 153503, (2005).
- [8] J.H. Cho, R.H. Kim, K.W. Lee, C.Y. Son, G.Y. Yeom, H.J. Kim, J.Y. Kim, J.W. Park, "Low-voltage characteristics of MgO-CaO films as a protective layer for AC plasma display panels by e-beam evaporation", J. Mater. Sci. 34, 5055, (1999).
- [9] E.H. Choi, H.J. Oh, Y.G. Kim, J.J. Ko, J.Y. Lim, J.G. Kim, D.I. Kim, G. Cho, S.O. Kang, "Measurement of Secondary Electron Emission Coefficient(γ) of MgO Protective Layer

- with Various Crystallinities”, Jpn. J. Appl. Phys. 37, 7015, (1998).
- [10] N. Yasui, H. Nomura, A. Ide-Ekessabi, “Characteristics of ion beam modified magnesium oxide films”, Thin Solid Films, 447-448, 377, (2004).
- [11] E. H. Choi, “Discharge and γ -characteristics of Ion induced MgO protective layer in PDP”, Information Display, Vol.5, No.6, p.23-35, (2004).
- [12] J.-H. Ryu, “A study on the Improvement of the High Temperature Misfiring in AC PDP”, thesis for a doctor’s degree, Pusan National University, August, (2005).
- [13] Y.W. Choi, J.H. Kim, “Sputtering technique of magnetism oxide thin film for plasma display panel applications”, KIEE J. Electr. Eng. Technol. 1, 110, (2006).
- [14] H.S. Uhm, E.H. Choi, G.S. Cho, “Influence of secondary electron emission on breakdown voltage in a plasma display panel”, Appl. Phys. Lett. 78, 592, (2001).
- [15] 박정후, 유수복, 이돈규, “AC PDP의 전기 광학적 특성과 동작가스 Xe+Ne+Kr의 구성비와의 상관관계에 관한 연구”, 조명·전기설비학회논문지, 제 21권 2호, 2007.02.
- [16] 이돈규, 박정후, “PDP의 동작가스기술 및 최근 연구동향”, 조명·전기설비학회지 특집기사, 제22권 6호, pp. 46-52, 2008.12.

◇ 저자소개 ◇

이돈규(李敦揆)

1976년 10월 15일생. 2002년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 동의대학교 전기공학과 전임강사.
 관심분야 : 디스플레이 및 에너지 재료.
 Tel : (051)890-1666
 Fax : (051)890-1664
 E-mail : donkyu@deu.ac.kr

박차수(朴且洙)

1952년 8월 16일생. 1982년 경남대학교 전기공학과 졸업. 1992년 부산대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(석사). 2005년 동대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1975~2008년 한국전력공사 부산사업본부 지점장. 현재 동의과학대학 전기과 조교수.
 Tel : (051)860-3203
 Fax : (051)860-3327
 E-mail : parkcs@dit.ac.kr

김광태(金光泰)

1952년 3월 1일생. 1983년 경남대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1985년 부산대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 부산정보대학 전기자동차과 교수.
 Tel : (051)330-7155
 Fax : (051)334-7780
 E-mail : kwang@bit.ac.kr

성열문(成烈汶)

1966년 11월 2일생. 1992년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동대학교 대학원 졸업(석사). 1996년 8월 동대학교 대학원 졸업(박사). 1998년 7월 일본 Kyushu 대학 Post-doc. 연구원. 1999년 7월 Kyushu 대학 조수. 2006년 2월 Miyazaki 대학 전기전자공학과 조교수. 현재 경성대학교 전기전자공학과 부교수.
 관심분야 : 에너지 재료 및 응용
 Tel : (051)663-4777
 Fax : (051)624-5980
 E-mail : ymsung@ks.ac.kr