

## 플라즈마 디스플레이 보호막으로 사용되는 마그네슘 산화막(MgO)의 내식각 특성

논문  
13-2-12

### The characteristics of anti-erosion for MgO protecting layer in plasma display panel

최훈영\*, 이석현\*

(Hoon-Young Choi\*, Seok-Hyun Lee\*)

#### Abstract

In this paper, we showed the erosion characteristics of MgO protector layer related to lifetime of plasma display panel(PDP). We observed MgO erosion characteristic as a functions of deposition conditions, pressure and distance between electrodes. In RIE condition of Xe gas, the lowest erosion rate appears in the conditions of no heating, bias voltage -30V and pressure 5mtorr. In general, as deposition rate increases, erosion rate decreases. In real panel, when the gap distance between electrodes is narrow and the pressure is low, the heavy plasma damage appears. Also, the surfaces between electrodes and on the bus electrode are extremely damaged.

**Key Words(중요용어)** : PDP, erosion, lifetime, MgO, protecting layer.

#### 1. 서 론

최근 HD(High Definition) TV와 같은 고화질 대형 평판표시장치나 휴대용 컴퓨터, 통신장비, 옥외광고 등의 여러 분야에서 경량, 박형의 평판디스플레이의 필요성이 급속히 증대되고 있으며 평판디스플레이의 시장형성도 매우 빠른 속도로 신장되고 있다. 대부분의 디스플레이의 응용은 기본적으로 정보전달의 매체로서 이용되고 있는데 평판디스플레이의 세계시장 규모는 1998년에 \$14 billion에서 2004년에는 \$26 billion으로 확대될 것이며 계속 성장할 것으로 보고되고 있다[1]. 평판디스플레이 소자 중 가스방전관을 이용한 자발광 소자인 플라즈마 디스플레이 패널(PDP)은 전극 구조상 전극이 방전가스에 노출되어 동작되는 DC형과 유전체층으로 절연되어 교류로서 동작하는 AC형으로 나눌 수 있다[2]. 1964년 Illinois 대학의 Bitzer와 Slottow에 의해 개발된

AC형 PDP는 DC형 PDP에서 부각된 모든 cell에 전류제한용 고저항을 부가해야 하는 점과 전극이 sputtering에 의해 깎여 수명이 단축되는 단점을 방전용 금속전극 상부에 유전체와 보호층을 균일하게 도포함으로써 개선할 수 있다는 점 때문에 1995년을 기점으로 연구개발이 집중되었다. 현재까지 AC형 PDP에서 사용되고 있는 보호막 물질로는 이온의 충격에 의하여 발생하는 이차전자를 priming 전자로 이용할 수 있을 정도의 높은 이차전자 방출계수를 지니고 있고 낮은 부식 특성을 갖는 MgO가 사용되고 있다[3].

AC형 PDP는 1997년 일본 전자회사의 42인치 급양산을 필두로 하여 우리나라 전자회사에서 60인치 급이 개발될 정도로 급격한 발전을 해왔다. 그러나 아직까지 장수명 실현을 위한 MgO막의 erosion에 대한 결과들이 미흡하고, 높은 소비전력, 낮은 효율 등의 문제점이 남아있다[4] [5] [6].

본 논문에서는 AC형 PDP의 장수명과 관련있는 MgO 보호막의 erosion 특성을 MgO막의 증착변수인 온도, 압력, bias에 따라 제작된 시편을 ICP 장비를 이용하여 반응성 이온 식각(RIE) 모드에서 PDP에 사용되는 He, Ne, Xe 가스를 사용하여 각각의 가스에 대한 erosion 특성을 살펴보고, 또한 유지전극만 있고 Bus 전극이 없는 패널을 이용하여 유지전극과 유

\* : 인하대학교 전기공학과  
(인천광역시 남구 용현동 253, Fax : 032-863-5822 E-mail : g1991156@inhavision.inha.ac.kr)  
1999년 9월 7일 접수, 2000년 1월 22일 심사완료

플라즈마 디스플레이 보호막으로 사용되는 마그네슘 산화막(MgO)의 내식각 특성.....최훈영, 이석현

지전극의 거리에 따라서 erosion 특성을 살펴보았으며, 유지전극, Bus 전극이 있고 격벽을 부착한 패널을 이용하여 Ne-Xe(4%) 혼합가스 300torr와 400torr에 대해 압력에 따른 erosion 특성을 살펴보았다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 반응성 이온 식각(RIE) 조건에서의 MgO erosion 실험

실험에 사용한 유도 결합형 플라즈마 식각 장치(Inductivity Coupled Plasma Etching System, ICP)의 개략도를 그림 1에 나타냈으며 실제 MgO막의 erosion 실험에서는 바이어스용 고주파 전원만 사용하여 반응성 이온 식각(RIE) 모드에서 실험하였다.

Magnetron sputtering 방법으로 증착된 MgO막의 증착 변수와 조건은 표 1에 나타났다.

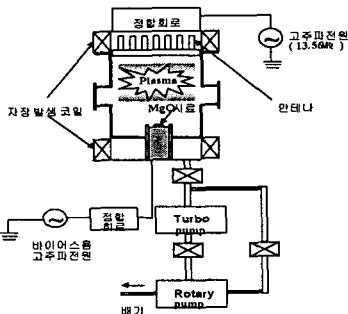


그림 1. 유도 결합형 플라즈마 식각 장치  
Fig. 1. Schematic diagram of Inductivity Coupled Plasma Etching System

표 1. MgO의 증착변수와 증착조건  
Table 1. Deposition parameters and condition of MgO

증착변수	증착조건
온도	no heating, 200°C, 300°C, 400°C, 450°C
bias	ground, floating, -10V, -30V, -50V
pressure	5mtorr, 10mtorr, 20mtorr

온도, bias, pressure의 증착 변수에 따라 제작된

MgO막을 ICP 장비에 넣고 PDP에서 사용되고있는 네온(Ne), 헬륨(He), 제논(Xe) 가스를 흘리면서 RIE(Reactive Ion Etching) 모드에서 erosion 실험을 하였다. Rotary pump로  $10^{-3}$ torr 까지 pumping 한 후 turbo pump로  $3 \times 10^{-6}$ torr 이하의 초기 진공을 유지시킨 후 mass flow controller를 사용하여 가스유량을 조절하였다.

### 2.2 PDP에서의 MgO erosion 실험

그림 2와 같이 제작된 chamber에 plasma display 상판 panel을 넣고 외부에서 전압을 인가하면서 erosion 실험을 하였다. 우선 유지전극만 있고 bus 전극이 없는 패널을 이용하여 Ne-Xe(4%) 혼합가스 300torr를 chamber에 채우고 50kHz의 구동주파수를 사용하면서 370V의 방전유지전압으로 유지전극과 유지전극의 거리가 110 $\mu$ m, 220 $\mu$ m, 300 $\mu$ m일 때 300시간 동안 erosion 실험을 하였다. 다음에는 유지전극, bus 전극이 있고 격벽이 형성된 패널을 이용하여 Ne-Xe(4%) 혼합가스 300torr와 400torr에서 구동 주파수 50kHz, 방전 유지전압 370V의 조건으로 400시간 동안 가스 압력에 따른 erosion 실험을 하였다.

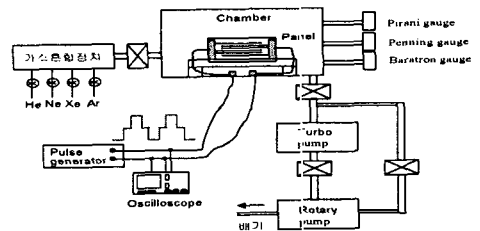


그림 2. erosion 실험 장비  
Fig. 2. Schematic diagram of MgO erosion system

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 반응성 이온 식각(RIE) 조건에서의 MgO erosion 분석

He, Ne, Xe 가스 각각에 대해 50mtorr, 자기 바이어스 전위 -400V의 RIE조건에서 60분 동안 erosion 실험을 하였으며, ellipsometer를 사용하여 erosion rate을 분석하였다. 각각의 조건에서 증착된 sample을 한 가스에 대해 동시에 loading하여

erosion 실험은 동일조건에서 수행되었다. 주로 PDP의 수명은 Xe 이온의 충격에 의해 직접적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다[7][8]. 따라서 Xe 가스가 erosion에 중요한 역할을 수행하게 된다.

3.1.1 온도에 따른 erosion rate 분석

Power 500W, bias -50V, 압력 10mtorr의 magnetron sputter 증착조건에서 no heating, 200℃, 300℃, 400℃의 온도 변화에 따라 증착된 MgO막의 erosion rate을 그림 3에 나타냈다. deposition rate도 같이 도시하였다. He, Xe 가스에서는 no heating시 erosion rate이 가장 낮았으며 기판 온도가 증가함에 따라 deposition rate은 감소하지만 erosion rate은 증가하는 경향이 나타났다. Ne 가스에서는 기판 온도 300℃에서 증착한 MgO의 erosion rate이 낮게 나타났다.

기판온도가 증가함에 따라 기판에 흡착한 입자의 표면이동과 재결합이 활발해지기 때문에 결정입자의 크기가 커진다[9]. 그러나, 기판온도가 증가할 때 결정입자는 커지지만 박막의 구조는 치밀하지 못해 MgO 막이 쉽게 erosion 되어진다고 사료된다.

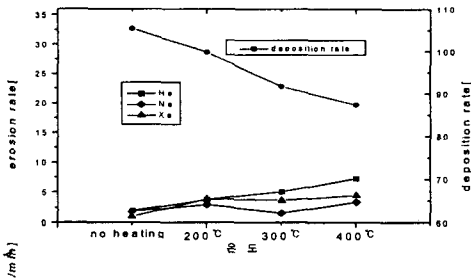


그림 3. 온도에 따라 증착된 MgO의 deposition rate과 erosion rate  
 Fig. 3. Deposition rate and erosion rate of MgO vs. temperatures

3.1.2 bias에 따른 erosion rate 분석

압력 10mtorr, 온도 300℃, power 500W의 magnetron sputter 증착조건에서 bias 전압을 ground, floating, -10V, -30V, -50V로 변화시켰을 때 증착된 MgO막으로 실험을 한 결과를 그림 4에 deposition rate과 erosion rate으로 나타냈다. Ne, Xe 가스에서는 자기 바이어스 전위가 -30V일

때의 erosion rate이 가장 낮았으며 deposition rate이 증가할수록 erosion rate은 감소하는 경향이 나타났다. He 가스에서는 floating시 erosion rate이 낮게 나타났고 자기 바이어스 전압이 증가할수록 erosion rate도 증가하는 것으로 나타났다.

기판의 바이어스 전위가 -10V 이상의 범위에서 바이어스의 크기가 증가함에 따라 증착속도는 약간 증가하다가 높은 바이어스에서는 다소 감소한다. 이것은 낮은 바이어스 영역에서는 바이어스 증가에 따라 기판에 입사하는 입자의 수가 증가하여 증착속도가 증가하지만 높은 바이어스 영역에서는 이러한 입자의 수가 증가하는 것 보다 가속된 이온에 의해 증착된 MgO 박막에서 재 스퍼터링되는 입자가 많기 때문이다. -10V와 -50V의 막 구조가 no bias일 때 보다 치밀하지 못하게 나타났다[9]. 따라서 -10V와 -50V 일때의 erosion rate도 증가하는 것으로 사료된다.

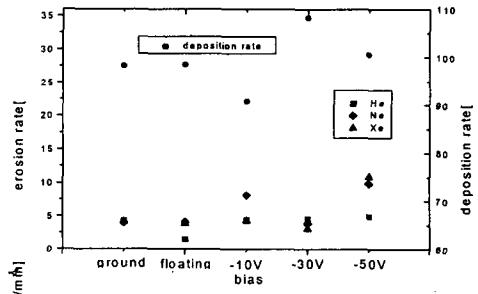


그림 4. bias전위에 따라 증착된 MgO의 deposition rate과 erosion rate  
 Fig. 4. Deposition rate and erosion rate of MgO vs. bias voltage

3.1.3 압력에 따른 erosion rate 분석

Power 500W, 온도 300℃, 바이어스 -50V의 magnetron sputter 증착 조건에서 압력을 5mtorr, 10mtorr, 20mtorr로 변화시켰을 때 증착된 MgO막으로 실험을 한 결과를 그림 5에 deposition rate과 erosion rate으로 나타냈다. He, Xe 가스에서는 압력이 5mtorr일 때 erosion rate이 가장 낮았으며 deposition rate이 증가할수록 erosion rate은 감소하는 경향이 나타났다. Ne 가스에서는 deposition rate이 크면 erosion rate도 크게 나타났다. 압력이 높아짐에 따라 평균 이동 거리(mean free path)가 짧아지므로 타겟을 출발한 입자 중에서

기판에 도달하는 입자의 비율이 작아지기 때문에 증착 속도가 낮아진다[9]. 그리고 내식각 특성은 저압에서 증착된 MgO막이 우수한 특성을 보이고 있다.

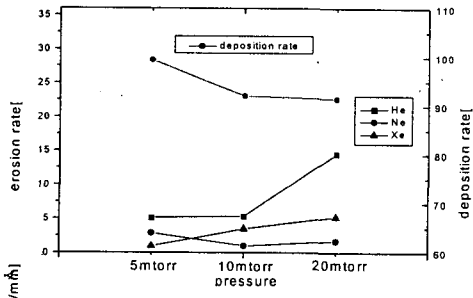


그림 5. 압력변화에 따라 증착된 MgO의 deposition rate과 erosion rate

Fig. 5. Deposition rate and erosion rate of MgO vs. pressures

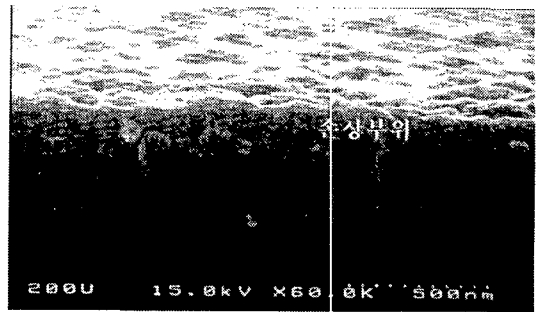
RIE 조건에서 내식각 실험을 분석해보면 대체적으로 Xe 가스에 대해 deposition rate이 증가 할수록 erosion rate은 감소하는 경향이 나타났다.

### 3.2 PDP에서의 MgO erosion 분석

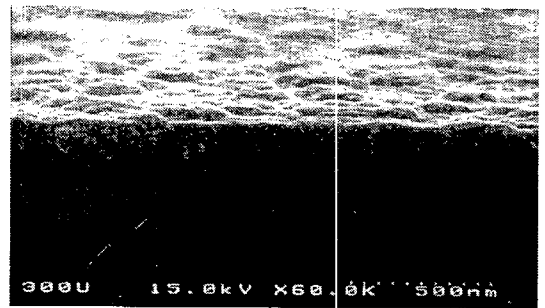
#### 3.2.1 유지전극만 있고 Bus 전극이 없는 패널

실험에 사용된 패널의 유전층 두께는 30 $\mu$ m이며 인쇄기법으로 제작되었고, MgO의 두께는 5000 Å이며 magnetron sputtering법으로 제작되었다. 전극과 전극사이의 거리가 110 $\mu$ m, 220 $\mu$ m, 300 $\mu$ m로 제작하였으며 전극폭은 110 $\mu$ m이다.

그림 6은 유지전극만 있고 Bus 전극이 없는 패널에서 300시간 동안 erosion 실험을 한 MgO 단면



(b) 전극간격 220 $\mu$ m



(c) 전극간격 300 $\mu$ m

그림 6. 전극사이의 간격에 따른 단면 SEM 사진

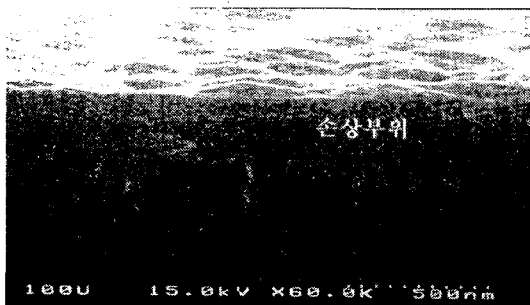
Fig. 6. Cross section SEM images vs. gap distances between electrodes

SEM 사진에 plasma damage 정도를 함께 표시하였다. 전극사이의 거리가 110 $\mu$ m일 때 전계가 가장 강하게 형성되므로 PDP 방전 시 발생하는 열에 의한 plasma damage가 MgO막 내부까지 나타났으며, 220 $\mu$ m일 때보다 더 심한 plasma damage를 받은 것을 알 수 있다. 300 $\mu$ m일 때는 표면에서만 plasma damage가 나타났다.

#### 3.2.2 유지전극, Bus 전극 그리고 격벽을 형성한 패널

실험에 사용된 패널의 유전층 두께는 30 $\mu$ m이며 인쇄기법으로 제작되었고, MgO의 두께는 5000 Å이며 magnetron sputtering법으로 제작되었다. 전극과 전극사이의 거리가 80 $\mu$ m로 제작하였으며 전극폭은 300 $\mu$ m, bus전극폭은 100 $\mu$ m이다.

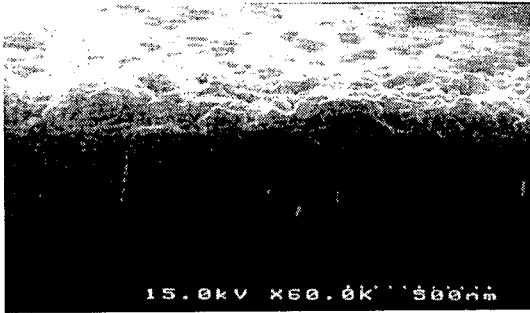
400시간 erosion 실험을 하여 ITO 전극과 ITO 전극사이, ITO 전극 위, bus 전극 위의 표면 및 단면 SEM 사진을 그림 7, 그림 8, 그림 9에 나타냈다.



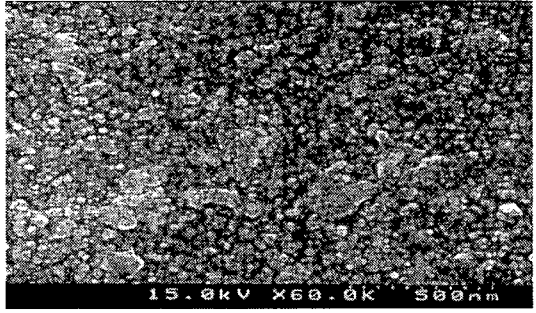
(a) 전극간격 110 $\mu$ m

그림 7은 ITO 전극과 ITO 전극사이에서의 단면과 표면 SEM 사진을 나타낸 것이다. ITO 전극과

ITO 전극사이에서의 plasma damage가 그림 8과 그림 9와 서로 비교해볼 때 ITO 전극 위와 bus 전극



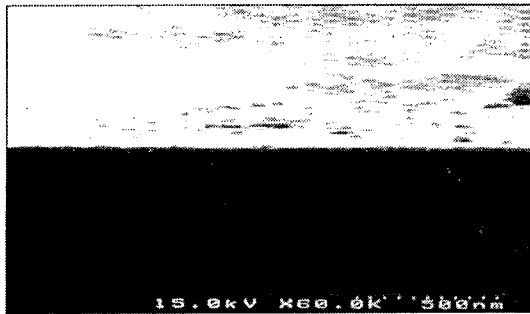
(a) 전극과 전극사이 단면



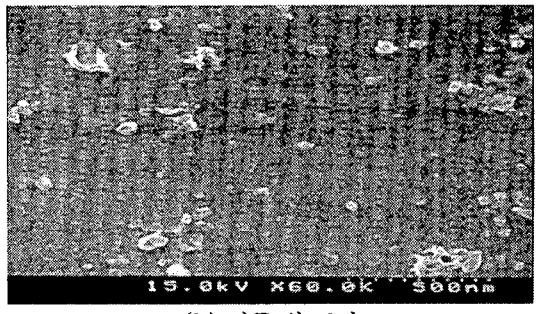
(b) 전극과 전극사이 표면

그림 7. 전극사이의 간격 위에서의 단면·표면 SEM 사진

Fig. 7. Cross section and surface SEM images on the gap between electrodes



(a) 전극 위 단면



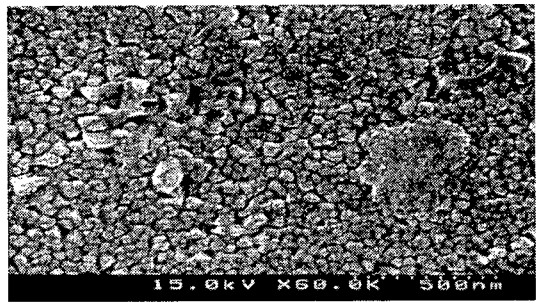
(b) 전극 위 표면

그림 8. 전극 위에서의 단면·표면 SEM 사진

Fig. 8. Cross section and surface SEM images on a electrode



(a) bus 전극 단면



(b) bus 전극 표면

그림 9. Bus 전극 위의 단면과 표면 SEM사진

Fig. 9. Cross section and surface SEM images on a bus electrode

위에서의 plasma damage보다 훨씬 큼을 나타내고 있다. 이것은 ITO 전극과 ITO 전극사이에서 방전시 전계가 가장 집중되기 때문이라고 사료된다.

그림 8은 ITO 전극 위에서의 단면과 표면 SEM 사진을 나타낸 것이다. ITO 전극 위에서는 방전으로 인한 plasma damage가 거의 나타나지 않았다.

그림 9는 bus 전극 위의 표면 및 단면 SEM 사진을 나타낸 것이다. bus 전극이 ITO 전극 보다 전기전도성이 좋으므로 ITO 전극 보다 많은 전류가 흘러 plasma damage가 ITO 전극 보다 더 심하게 나타난 것으로 사료된다.

그림 10으로부터 방전으로 인해 MgO막이 plasma damage를 심하게 받는 부분이 ITO 전극과 ITO 전극사이, bus 전극 위인 것을 명확하게 알 수 있다.

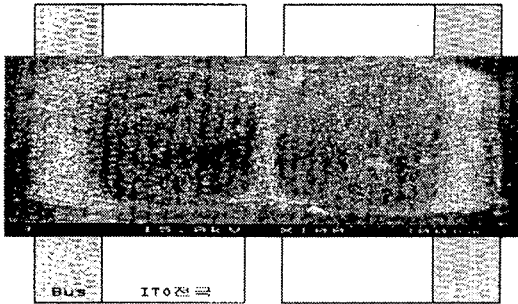
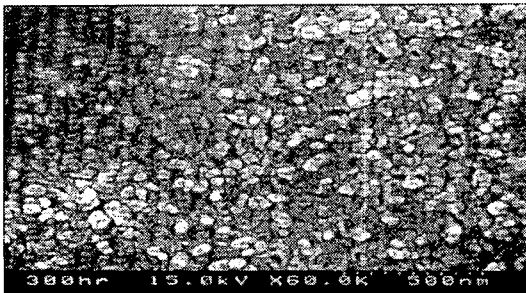
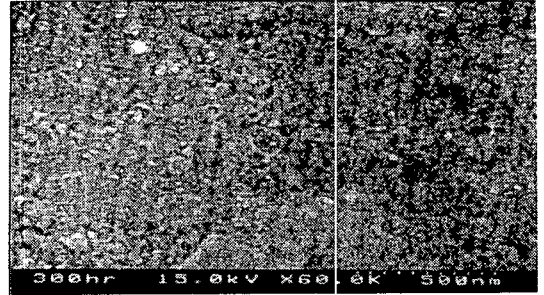


그림 10. 방전 셀의 표면 사진  
Fig. 10. Surface SEM images of a discharge cell

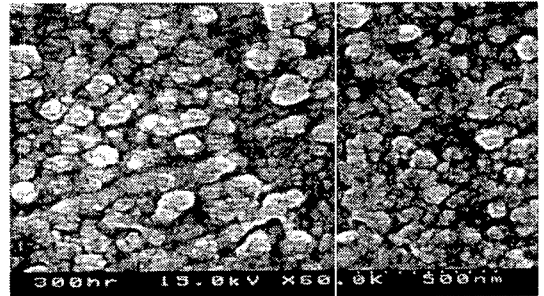
그림 11과 그림 12는 300torr, 400torr의 압력에 따른 SEM 사진을 나타낸 것이다. 300torr일 때의 MgO 표면이 더 많은 손상을 입은 것을 알 수 있다. 이것은 300torr일 때 400torr보다 erosion에 기여하는 Xe 이온 입자의 운동이 더 활발해져 나타나는 것으로 사료된다.



(a) bus 전극 표면

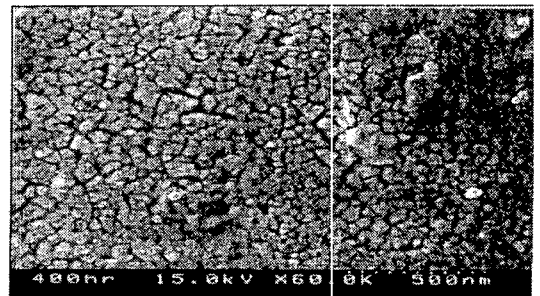


(b) 전극 위 표면

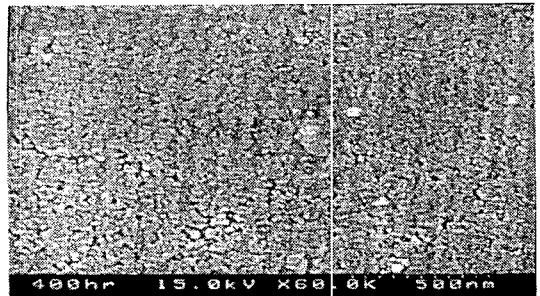


(c) 전극과 전극사이 표면

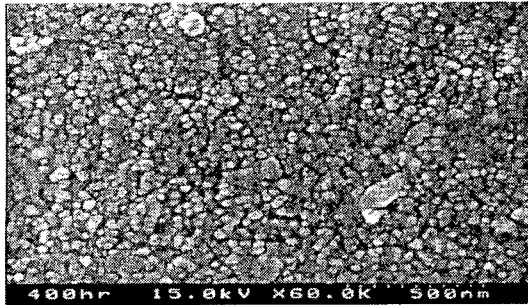
그림 11. 300torr 압력의 표면 SEM 사진  
Fig. 11. Surface SEM images at the pressure of 300torr



(a) bus 전극 표면



(b) 전극 위 표면



(c) 전극과 전극사이 표면

그림 12. 400torr 압력의 표면 SEM 사진  
Fig. 12. Surface SEM images at the pressure of 400torr

#### 4. 결 론

실제 panel에서 MgO막의 erosion이 정량적으로 측정되지 못했으나 정성적인 erosion 측정 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) MgO막은 수명에 큰 영향을 미치는 Xe 가스에 대해, 기판을 가열하지 않고, 자기 바이어스 전위가 -30V, 압력이 5mtorr의 조건으로 증착된 MgO막에서 erosion rate이 가장 낮았으며 일반적으로 deposition rate과 erosion rate이 반비례하는 경향이 나타났다.
- (2) PDP에 있어서 전극과 전극사이의 거리에 있어서는 거리가 좁아질수록, 즉 전계가 강할수록 MgO막의 손상이 더 커짐을 알 수 있다( $110\mu\text{m} \gg 220\mu\text{m} \gg 300\mu\text{m}$ ).
- (3) 면방전을 이용하는 PDP의 전극구조상 MgO막의 가장 많이 erosion되는 부분은 ITO 전극과 ITO 전극사이 부분이고, bus 전극 위의 MgO막이 ITO 전극 위의 MgO막 보다 더 많이 erosion되었다.
- (4) Ne-Xe(4%)에서 300torr의 압력이 400torr의 압력보다 MgO막의 erosion이 더 큰 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 서울대학교 반도체 공동연구소의 교육부 반도체분야 학술 연구 조성비(과제번호 : ISRC-97-E-1043) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Joseph A. Castellano, "Market & technology trends in the global flat panel display market", Asia Display 98, pp. 259-264, 1998.
- [2] 御子柴茂生, "플라즈마 디스플레이 最新技術", ED 리サーチ社, pp. 19-20, 1996.
- [3] K. Amano, "Characteristics of thick-film-printed MgO for a practical use in ac plasma displays", SID '94 Digest, pp. 323-326, 1994.
- [4] Larry F. Weber. "Color plasma displays", SID '95. Seminar lecture. pp. M-9/3~M-9/38, 1995.
- [5] Hiroshi Murakami, "Progress in HDTV PDP technologies at NHK", Asia Display 98, workshop digest, pp. 227-238, 1998.
- [6] Mitsuhiro Kurashige, "The challenge of next-generation PDPs for the hi-vision PDP consortium in cooperation with the micro-discharge research Society established in 1997", Asia Display 98, workshop digest, pp. 223-226, 1998.
- [7] 登尾雅之, 吉岡俊博, 佐野舞志雄, 布村恵史, "ac面放電型 플라즈마 디스플레이의放電劣化의 檢討", 電子情報通信學會, pp. 1-5, 1993.
- [8] M. Noborio, T. Yoshioka, Y. Sano, and K. Nuno-mura, "(He, Ne)-Xe gas mixtures for high luminance color ac PDP", SID 94 DIGEST, pp. 727-730, 1994.
- [9] 鄭然友, "Magnetron sputtering 방법을 이용한 MgO 박막의 증착 및 그 특성분석", 서울대학교 석사학위논문, pp. 5-21, 1997.