

논문 20-7-8

# 수소 Plasma 처리 후의 MgO 보호막에 대한 일함수 변화 측정

## Measurement of Changes in Work Function on MgO Protective Layer after H<sub>2</sub>-plasma Treatment

정재천<sup>1</sup>, 이석주<sup>2</sup>, 조재원<sup>3,a</sup>

(Jae Cheon Jeong<sup>1</sup>, Seuk Joo Rhee<sup>2</sup>, and Jaewon Cho<sup>3,a</sup>)

### Abstract

The changes in the work function( $\Phi_w$ ) in the MgO protective layers after plasma(Ar, H<sub>2</sub>) treatment have been studied using  $\gamma$ -focused ion beam ( $\gamma$ -FIB) system. The  $\Phi_w$  was determined as follows: Ar-plasma treatment( $\Phi_w=4.52$  eV), H<sub>2</sub>-plasma treatment( $\Phi_w=5.65$  eV), and non-plasma treatment( $\Phi_w=4.64$  eV). The results indicated that the H-plasma could not make any effective physical etching due to the small masses of hydrogen atoms and molecules while the hydration of H-plasma could grow some contaminating materials on the surface of MgO.

**Key Words** : MgO, Plasma, Work function( $\Phi_w$ ), Secondary electron emission coefficient( $\gamma$ )

### 1. 서론

AC plasma display panel (AC-PDP)의 유전체 보호막으로 사용되는 MgO는 글로우 방전으로 형성되는 이온들의 충돌로부터 유전층을 보호한다. 또한, 높은 이차전자방출계수( $\gamma$ )로 인해 방전 전압이 낮아진다[1,2]. 이러한 MgO 보호막의 역할로 panel의 수명을 늘리고 소비전력의 감소를 기대할 수 있다.

현재 사용되는 MgO 보호막은 대기 중의 H<sub>2</sub>O나 CO<sub>2</sub> 분자들이 표면에 흡착하여 Mg(OH)<sub>2</sub>와 MgCO<sub>3</sub>의 불순물이 만들어진다. 이런 불순물은 구동 시에 panel의 특성을 저하시켜 이차전자방출이 감소하는 문제점이 생긴다[3].

본 연구에서는 Ar, H<sub>2</sub> 가스를 사용한 plasma 처리 방법을 이용하여 이차전자방출의 변화와 일함수를 측정하였다. MgO 박막 표면의 물리적 특성 조사는  $\gamma$ -focused ion beam( $\gamma$ -FIB)장비를 사용하여 이루어졌다[4,5].

### 2. 실험 방법

이번 연구에서 사용된 MgO 박막은 유리 기판 위에 E-beam(electron beam) 증착기를 사용하여 성장시켰다. 박막의 두께는 4000~5000 Å이었으며, 성장 온도는 200 °C, 성장 후에 200 °C에서 30분 동안 annealing을 하였다. MgO 성장 전의 기판 유리는 초음파를 이용한 화학적 세척 방식으로 유리 표면 위의 유기물들을 제거하였다. 그 구체적인 처리 과정은 다음과 같다: (i)TCE(trichloroethylene)-15분, (ii)Acetone-15분, (iii)Methanol-15분, (iv) DI Water(deionized water)-15분, (v)린스 후 N<sub>2</sub> 가스로 건조. 증착된 MgO 박막은 RF(13.56 MHz) plasma 처리되어지는데 그 조건은 표 1과 같다.

실제적인 이차전자방출계수( $\gamma$ )와 일함수의 측정은  $\gamma$ -FIB를 이용하여 측정하였다. 그림 1은  $\gamma$ -FIB의 개략도이다. 텅스텐 필라멘트의 열전자 방출에 의해 불활성기체(He, Ne, Ar)원자와 충돌하여 ion이 형성되면 anode 전압에 의해 ion이 가속된다. 가속전압을 80~200 Volt로 순차적으로 인가하며, 직경 500  $\mu$ m의 폴리브덴 aperture에 의해 1차 집속된다. 1차 집속된 ion beam은 Einzel lens에 의해 2차 집속되고 직경 80  $\mu$ m 집속된 빔은 MgO 표면에서 이차전자방출을 발생시킨다. MgO 시료는 직경 10 mm의 구멍이 뚫려있는 구리 패드로 썬워져

1. 오리온 PDP  
2. 한국외국어대학교 전자물리학과  
3. 광운대학교 전자물리학과  
(서울시 노원구 월계1동)  
a. Corresponding Author : surface@daisy.kw.ac.kr  
접수일자 : 2007. 4. 5  
1차 심사 : 2007. 5. 22  
심사완료 : 2007. 6. 8

있는데 MgO 표면의 charging 현상을 제거하고 전자의 공급원으로 사용된다[5].

이차전자방출에 대한 메카니즘은 Auger 중화 이론으로 설명하였다[6]. Auger 중화 이론을 따르면 이차전자의 운동에너지( $E_k^{max}$ )는 다음과 같이 주어진다:  $E_k^{max} = E_i - 2\Phi_w$ . MgO의 경우 일함수는 편의상 vacuum level과 valence band maximum간의 에너지 차로 정의되어짐을 지적하고자 한다. 이차전자의 방출이 없을 때 즉,  $\gamma=0$  또는  $E_k^{max}=0$ 일때, 위의 관계식으로부터 일함수는  $\Phi_w = E_{i0}/2$  된다. 여기서  $E_{i0}$ 는  $\gamma=0$  또는  $E_k^{max}=0$ 일때의 이온화 에너지이며,  $\Phi_w$ 는 불활성기체(He, Ne, Ar)의 이온화 에너지( $E_i$ )와 이차전자방출계수( $\gamma$ )사이의 관계에서 추정할 수 있었다[5].

표 1. Plasma 처리 조건.

Table 1. The experimental conditions for the plasma treatment.

실험치	값	
기저압력	$6.0 \times 10^{-6}$	(Torr)
공정압력	110	(mTorr)
기판온도	실온 (300 °K)	
RF Power	50 W	
처리시간	10 분	
흘려준 가스의 양 : Ar	10	(sccm)
	H <sub>2</sub> 50	(sccm)

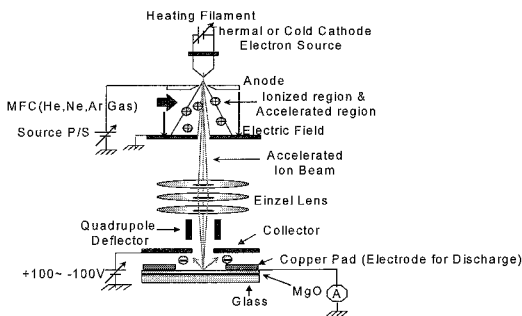


그림 1. MgO박막의 이차전자방출계수( $\gamma$ )와 일함수( $\Phi_w$ )를 측정하기 위한  $\gamma$ -FIB의 개략도.

Fig. 1. Schematic diagram of  $\gamma$ -FIB to measure the secondary electron emission coefficient and work function of MgO thin films.

### 3. 실험 결과

그림 2는 이온빔의 source로 Ne을 사용하였을 때의 가속전압(V)과 이차전자방출계수( $\gamma$ )의 관계를 나타낸 그래프이다. Ar-plasma 처리가 이루어졌을 때  $\gamma$ 값이 제일 컸으며, 다음으로 plasma 처리하지 않은 MgO, H<sub>2</sub>-plasma 처리 순서로  $\gamma$ 값이 나왔다. 가속 전압이 80~200 (V)사이에서 Ar-plasma 처리의  $\gamma$ 값이 0.043~0.088, plasma 처리하지 않은 MgO의  $\gamma$ 값이 0.038~0.078, 그리고 H<sub>2</sub>-plasma 처리의  $\gamma$ 값이 0.02~0.059이었다. 실험의 결과로 보듯이 plasma 처리를 하여도 수소의 경우에는  $\gamma$ 값이 plasma 처리하지 않은 MgO보다도 감소하는 값을 보여주고 있다. 이와 반대로 아르곤의 경우에는  $\gamma$ 값이 커지고 있다. 이것은 H<sub>2</sub>-plasma 처리가 MgO 표면의 불순물을 제거하지 못하고 오히려 표면에 화학적 반응을 통한 수화 작용으로 Mg(OH)<sub>2</sub>라는 불순물이 생성 되었을 것이라 생각한다[7].

그림 3은 He<sup>+</sup>, Ne<sup>+</sup>, Ar<sup>+</sup>의 slow ion에 의한 이차전자방출계수( $\gamma$ )와 이온화 에너지[eV]사이의 관계를 least-squared-fitting method와 바깥 늘림법으로  $\gamma=0$ 인  $E_{i0}$ 을 그래프로 나타내었다[5]. Ar-plasma 처리의 경우에 일함수 값은 4.52 eV을 가지며, plasma 처리하지 않은 MgO의 경우에는 그 값이 4.64 eV, 그리고 H<sub>2</sub>-plasma 처리 일때는 5.65 eV으로 나타났다. Ar-plasma 처리는 MgO 표면에 형성되는 Mg(OH)<sub>2</sub>와 MgCO<sub>3</sub>같은 불순물을 물리적 식각으로 제거하였을 것이라고 여겨진다. 반면에 H<sub>2</sub>-plasma 처리는 plasma의 화학적 반응에 의한 불순물(Mg(OH)<sub>2</sub>)이 형성되었을 것이라 생각한다[7,8].

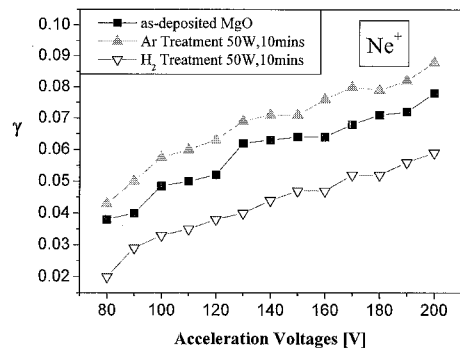


그림 2. MgO박막의 가스별(Ar, H<sub>2</sub>) plasma 처리 후에 Ne<sup>+</sup>이온에 의한 이차전자방출계수( $\gamma$ ).

Fig. 2. The secondary electron emission coefficient( $\gamma$ ) due to Ne<sup>+</sup> after plasma treatments(Ar, H<sub>2</sub>) on MgO films.

#### 4. 결론

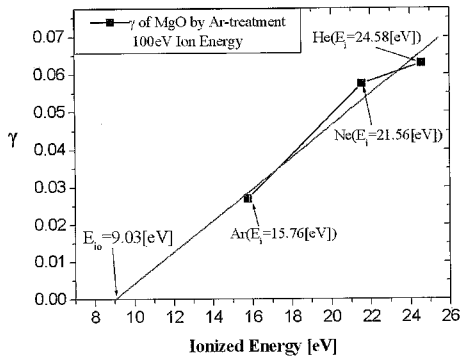
MgO 박막에 Ar, H<sub>2</sub> plasma 처리한 후의 이차 전자방출계수( $\gamma$ )와 일함수의 변화를 실험적으로 확인하였다. Ar-plasma의 경우 Ar<sup>+</sup>이온의 물리적 식각으로 MgO 표면의 불순물(Mg(OH)<sub>2</sub>, MgCO<sub>3</sub>)이 제거되어짐에 따라 높은  $\gamma$ 와 낮은 일함수를 야기하였다고 생각한다. H<sub>2</sub>-plasma에서는 수소 원자의 질량이 매우 작은 이유 때문에 물리적 식각은 이루어지기가 어렵고 반면에 plasma의 수화작용으로 인한 불순물의 영향으로 낮은  $\gamma$ 와 높은 일함수를 초래하였을 것이라 여겨진다. 이번 실험으로 Ar-plasma 처리한 MgO 박막의  $\gamma$ 를 향상시킬 수 있었으며, 그 결과 panel의 방전전압을 낮추는 효과를 기대할 수 있었다.

#### 감사의 글

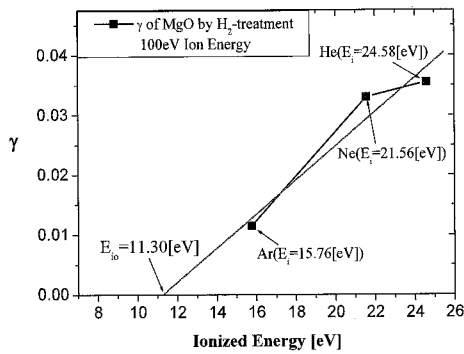
본 연구는 2006학년도 광운대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었습니다. 그리고 연구 과정에서 도움을 주신 광운대학교 PDP 연구팀에게 감사를 드립니다.

#### 참고 문헌

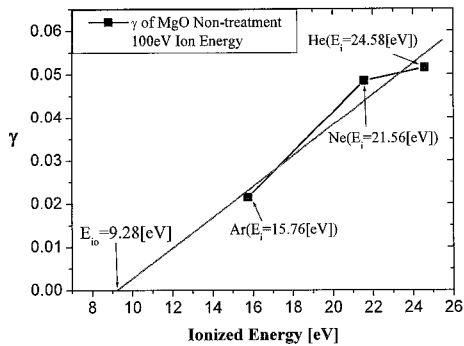
- [1] U. Toshinori, I. Toshiaki, O. Mitsuoki, N. Norihiko, and M. Itsuo, "Protecting layer for the dielectric in AC plasma panels", IEEE Trans Electron Devices, Vol. 23, p. 313, 1976.
- [2] K. Refson, R. A. Wogelius, D. G. Fraser, M. C. Payne, M. H. Lee, and V. Milman, "Water chemisorption and reconstruction of the MgO surface", Physical Review B, Vol. 52, p. 10823, 1995.
- [3] O. Engkvist and A. J. Stone, "Adsorption of water on the MgO(001) surface", Surface Science, Vol. 437, p. 239, 1999.
- [4] G. Y. Kim, J. S. Oh, E. H. Choi, G. S. Cho, S. O. Kang, and J. Cho, "Work function change on O-plasma treated indium-tin-oxide", Materials Science and Engineering B, Vol. 100, p. 275, 2003.
- [5] J. Y. Lim, J. S. Oh, B. D. Ko, J. W. Cho, S.



(a) Ar-plasma 처리



(b) H<sub>2</sub>-plasma 처리



(c) Non-plasma 처리

그림 3. 이차전자방출계수( $\gamma$ ) vs. 이온화 에너지( $E_i$ )의 관계. (a)아르곤, (b)수소, (c)미처리.

Fig. 3. The relation between the secondary electron emission coefficient( $\gamma$ ) and the ionization energy( $E_i$ ). (a) Argon, (b) Hydrogen, (c) Non-plasma treatment.

- O. Kang, G. S. Cho, H. S. Uhm, and E. H. Choi, "Work function of MgO single crystals from ion-induced secondary electron emission coefficient", J. Appl. Phys., Vol. 94, p. 764, 2003.
- [6] H. D. Hagstrum, "Theory of auger ejection of electrons from metals by ions", Phys. Rev., Vol. 96, p. 336, 1954.
- [7] S. B. Jung, H. H. Park, and H. C. Kim, "The role of vacuum ultraviolet in H<sub>2</sub> plasma treatment on SiO<sub>2</sub> aerogel film", Appl. Surface Science, Vol. 216, p. 156, 2003.
- [8] K. K. Choi, J. H. Yun, and S. W. Rhee, "Effect of hydrogen remote plasma annealing on the characteristic of copper film", Thin Solid Films, Vol. 429, p. 255, 2003.