

## 저에너지 불활성 기체이온에 의한 AC 플라즈마 디스플레이 패널용 MgO막의 이차전자 방출특성에 관한 연구

이상국\*† · 김재홍 · 이지화 · 황기웅\*

서울대학교 공과대학 응용화학부, \*서울대학교 공과대학 전기공학부  
(논문접수일 : 2002년 2월 19일)

### Study of the characteristics of Secondary Electron Emission from MgO Layer for Low-Energy Noble Ions

Sang Kook Lee\*†, Jaehong Kim, Jihwa Lee, and Ki-Woong Whang\*

*School of Electrical Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742 Korea*

*\*School of Chemical Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea*

(Received February 19, 2002)

#### 요 약

AC 플라즈마 디스플레이 패널의 보호막으로 널리 사용되고 있는 MgO막의 2차 전자 방출계수를 저에너지 불활성 기체이온에 대해 펄스 이온빔 기법으로 측정하였다. 실리콘 산화막의 헬륨이온에 의한 2차 전자 방출계수는 300 eV에서 0.82를 보였지만 50 eV에서는 0.22로 운동에너지에 대한 상당한 의존성을 보였다. 한편, MgO막의 이차전자 방출계수는 이온에 의한 스퍼터링이 지속됨에 따라 0.62에서 0.3으로 감소함으로써 이온충돌이 MgO의 이차전자 방출계수에 상당한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

We investigated the secondary electron emission characteristics of MgO layer used as the protecting material in a.c. plasma display panel(a.c.-PDPs) using a pulsed ion beam technique, where the surface charging can be effectively suppressed during the measurement. The measurement of the secondary electron emission coefficients ( $\gamma$ ) on the surface of SiO<sub>2</sub> was carried out and then, it was found that the yields were dependent on incident ion energies. In addition, it was clearly demonstrated that the sputtering on MgO surface leads to lower yields, which suggests that the surface plays a key role on the operating conditions, such as life time, fast response, and etc.

#### 1. 서 론

교류형 플라즈마 디스플레이 패널(ac-PDPs)은 대면적화, 넓은 시야각, 빠른 응답, 간단한 구조등의 장점으로 인해 평판 디스플레이로서 많은 관심을 받고 있다. 플라즈마 디스플레이 패널을 구성하는 단위 셀의 방전 물리 현상에는 셀 구조, 전극간격

및 폭, 격벽의 폭 및 높이, 구동 파형, 가스 종류, 방전 압력, 전극 및 유전체 재료등이 주요한 인자라고 할 수 있다. 특히 고효율 구동과 관련해서 방전 개시전압 및 유지전압은 전극간격, 방전가스 종류 및 압력, 전극 물질의 2차전자 방출계수등에 주로 의존하며, 교류형 플라즈마 디스플레이 패널에서는 전극의 보호막을 필요로 하고, 이 경우는 보호막의

† E-mail : q30527@snu.ac.kr

이온에 의한 2차전자 방출특성이 중요하며, 현재 높은 2차전자 방출특성 및 내스퍼터링 특성으로 인해 MgO막이 보호막으로 널리 사용되고 있다 [1,2]. 그러나, MgO막에 대한 2차전자 방출계수 측정실험은 전자의 입사에 대해서만 주로 이루어져 왔고, 이온의 입사에 대한 것이라고 하더라도 플라즈마 디스플레이 패널의 실제 상황과는 상당히 다른 200 eV 이상의 고에너지 이온에 대해서만 이루어졌으며, 교류형 플라즈마 디스플레이 패널에 사용되는 He, Ne, Ar, Kr, Xe 등이 불활성 가스 전체에 대한 자료는 매우 부족한 것을 알려져 있다 [3-7]. 이온에 의한 유전체의 2차전자 방출계수는 유전체의 표면전하형성에 의해 그 정확한 값의 측정에 상당한 어려움이 있다는 사실은 널리 알려져 있다. 이에 대해 펄스 이온빔을 이용해서 표면전하가 형성되는 시간을 지연시킴으로써 기존의 연속빔 기법이 겪어 왔던 표면전하와 관련된 문제점을 최소화하였고, 또한 교류형 플라즈마 디스플레이 패널이 펄스에 의해 구동됨을 감안한다면 펄스 이온빔을 이용함이 실제 패널구동과 유사한 상황을 형성하는 부가적인 효과 또한 얻을 수 있다고 말할 수 있다 [8,9]. 우선, 실리콘 산화막의 헬륨 이온에 의한 2차전자 방출계수 측정을 통해 방출계수의 에너지 의존성을 확인하였다. 스퍼터링 효과에 의한 실리콘위에 형성된 MgO막의 2차전자 방출계수의 변화 양상을 보였으며, 마지막으로, 실리콘 산화막위에 전자빔으로 형성된 MgO막의 2차전자 방출계수를 저에너지의 헬륨, 네온, 아르곤 이온에 대해서 구하고, 결과를 비교·분석하였다.

## 2. 실험방법 및 이론적 배경

이온빔이 고체 표면에 입사하면 여러 가지 현상이 일어난다 [7]. 이런 것들 중에서 2차전자 방출은 입사하는 이온과 고체 내부의 전자와의 직접적인 상호 작용뿐만 아니라, 결정 격자와의 상호작용을 포함한다. 이러한 고체 표면으로부터의 전자 방출은 potential emission과 kinetic emission의 두 기구에 의해 설명되는데 저에너지 불활성 기체 이온의 경우는 Auger process로 알려져 있는 potential emission이 지배적인 기구로 생각된다 [10-12]. 그림 1은 Ne<sup>+</sup>

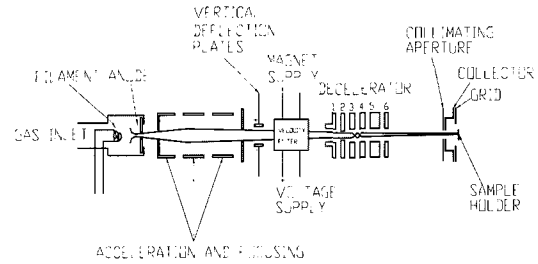


그림 1. Schematic diagram of the apparatus.

이온이 MgO의 표면으로 입사하는 경우이다 [2]. 21.6 eV의 이온화 에너지를 가지는 Ne<sup>+</sup>이온이 MgO의 표면에 수 Å 정도의 거리로 접근하면 MgO의 O2p의 전자가 정전기력에 의해 양의 이온으로 전이함으로써, 이온을 중화하게(neutralization) 된다. 이때 이온은 MgO로부터 전자를 받아들이면서 기저상태의 원자가 된다. 전자의 전이로 남는 에너지는 MgO내부의 다른 전자에 주어지며 이때 주어진 에너지가 전자가 MgO로부터 진공중으로 방출될 만큼 충분하면 2차전자가 방출된다. 이때 방출되는 2차전자의 운동에너지는 전이된 에너지에서 일함수를 제외한 값이 된다. 현재 MgO로부터 방출되는 2차전자의 에너지 분포는 체계적으로 연구·보고된 바 없으나 몰리브덴이나 텅스텐같은 금속 시편으로부터 방출되는 2차전자의 에너지분포 자료들로부터, 약 수 eV에서 피크를 갖고 50-60 eV이상의 에너지를 갖는 전자들은 거의 없는 분포일 것으로 예상된다. 이러한 2차전자 방출계수를 실제로 측정을 함에 있어 어려운 점은 2차전자의 방출에 따른 유전체의 표면전하형성인데, 표면전하 형성되고 누적되면 2차전자의 방출은 입사하는 이온의 종류 및 입사에너지에 따라서는 매우 짧은 시간에 억제되어 측정자체가 불가능하게 되거나 측정오차가 발생하게 된다. 그림 2는 본 실험에서 이용된 펄스 빔 기법을 위한 장치의 개략도이다. 그림 2에서 보이는 것처럼 실험장치는 이온의 생성, 집속, 감속하는 이온총 시스템과 방출되는 2차전자를 측정하는 측정함 두 부분으로 이루어져 있다. 이온총 시스템은 미국 Colutron 사의 G-2-D모델로 이온 생성 방전실, 이온빔의 가속·집속렌즈, 질량 분석기, 이온빔의 감속 및 2차 집속렌즈로 이루어져 있다. 이온빔의 에너지는 1 eV에서 1000 eV까지 가능하고 이온총 시스템과 측정 챔버

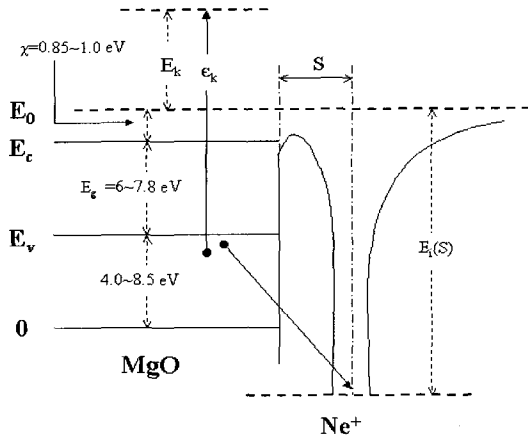


그림 2. Secondary electron emission through the Auger process.

사이에는 MDC사의 GV-1500M 모델 2.75" 게이트 밸브를 달아서 이온총 가동중에도 이온총 시스템과 측정챔버를 분리하여 측정챔버만을 대기에 노출하여 시편을 교체할 수 있도록 하였다. 챔버의 압력은 게이트 밸브를 닫은 상태에서 이온총 시스템의 기저진공은  $1.0 \times 10^{-7}$  Torr이고 측정챔버의 진공도는  $\sim 7 \times 10^{-8}$ 였다. 입사 이온빔 전류는 가스 종류 · 에너지에 대해서 일관되게 30 nA수준을 유지하도록 하였고 패러데이 케이지로 측정하여 빔 안정성을 확인하였다. 실리콘 산화막(1000 Å)은 열산화막 형성법으로 n형 실리콘 기판위에 형성하였고 MgO막(1000 Å)은 전자빔법으로 실리콘 산화막(100 Å)위에 형성하였다. 형성된 MgO막의 방향성은 X선 회절로 확인하였고 두께는  $\alpha$ -step으로 확인하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 3는 MgO막의 헬륨이온(200eV)입사에 따른 2차전자 방출계수의 변화양상을 보이고 있다. 초기 0.62의 2차전자 방출계수는 70분 정도의 헬륨이온 입사에 노출된 후 0.30으로 약 50%정도의 감소를 보였는데 이것은 이온빔의 스퍼터링 효과에서 기인한 것으로 여겨진다. 왜냐하면 이온빔이 입사되지 않은 부분의 2차전자 방출계수는 초기값 0.62에 근사한 값을 보이고 있기 때문이다. 즉, 이온빔에 노출된 MgO막 표면은 조성 및 모폴로지등이 변하게 되고 이것은 막의 일함수의 변화를 유도하며 결국

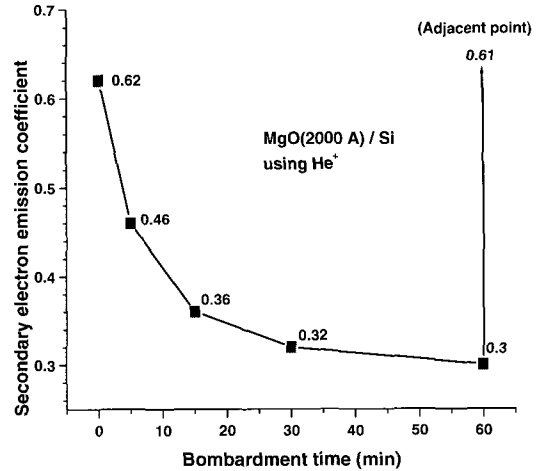


그림 3. Effect of ion-sputtering on the secondary electron emission coefficient.

은 2차전자 방출에 영향을 주게된다. 이러한 결과는 교류형 플라즈마 디스플레이 패널의 동작과 관련해 패널의 수명, 고속 · 고해상도 동작에 방해가 되는 잔상등의 문제가 MgO막의 이온 입사에 따른 막 표면의 물리 · 화학적 변화와 밀접한 관계가 있음을 보여주는 하나의 예라고 볼 수 있을 것이다. 그러나 아직 정확하게 이러한 2차전자 방출계수의 감소에 대해서 구체적이고 확실한 원인은 밝혀지지 않은 상황이다.

그림 4는 n형 실리콘기판(100)위에 형성된 실리콘 산화막(1000 Å)의 헬륨이온의 에너지에 따른 2차전자 방출계수의 의존성을 보여준다. 300 eV의 헬륨이온에 대해서는 0.85였고 45 eV의 경우는 0.22정도였다. 그림 5에서 보여주듯이 입사이온의 운동에너지에 따라서 방출계수는 변하게 되는데 이것은 저에너지 영역에서 이온에 의한 2차전자 방출이 potential emission에 의해 지배된다고 알려져 있는 기존의 사실과는 다소 다르게 운동에너지에 의해서도 상당히 영향을 받는 것을 알 수 있다.

마지막으로, 그림 5은 헬륨, 네온, 아르곤 이온에 대한 실리콘 산화막위에 형성된 MgO막의 2차전자 방출계수의 측정결과를 보여준다. 운동에너지 200 eV에 대해 He은 0.6, Ne은 0.4, Ar은 0.23의 값을 나타냈으며, 50 eV의 경우 He, Ne, Ar은 각각 0.3, 0.21, 0.105를 나타냈다. 그림5로부터 이온의 질량이 작을수록 더 높은 방출계수를 나타냈으며 측정된 전체

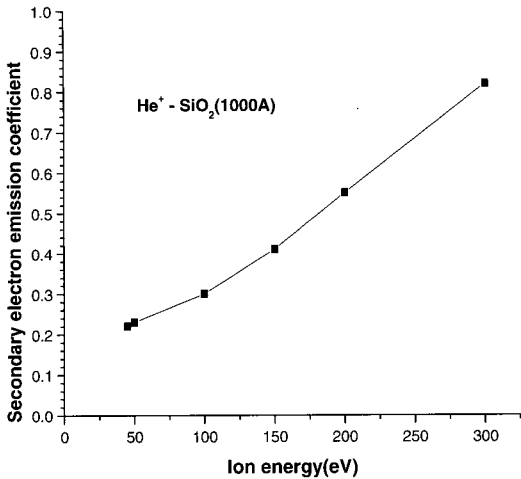


그림 4. Energy dependency of the secondary electron emission coefficient of 1000 Å SiO<sub>2</sub> films for He<sup>+</sup>.

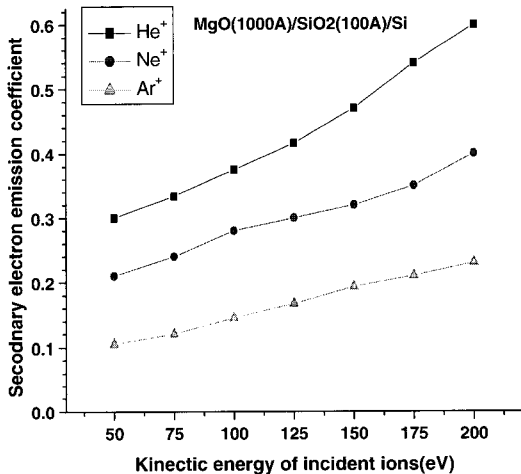


그림 5. Secondary electron emission coefficients of MgO thin films obtained by a pulsed ion beam method.

에너지영역에 걸쳐 He > Ne > Ar의 경향을 나타냈다. 이러 경향은 다른 그룹의 계산치와도 일치함을 알 수 있다 [13]. 또한, 근소하지만 질량이 작은 이온의 경우가 큰 경우보다 운동에너지 변화에 따른 2차전자 방출계수의 변화량이 큰 것으로 보아, 본 실험에 사용된 에너지 영역에서는 질량이 클수록 운동에너지에 의한 2차전자 방출계수에의 영향이 상대적으로 적은 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

펄스 이온빔 기법을 이용하여 MgO막의 저에너지 불활성 기체이온에 의한 2차전자 방출계수의 에너지 의존성을 확인하였다. 특정에너지에 대해서 입사이온의 질량이 클수록 2차전자 방출계수가 작고 전체에너지 영역에 걸쳐 He > Ne > Ar의 순서를 나타냈다. 특정 이온에 대해서는 입사 에너지가 클수록 2차전자 방출계수가 커짐을 확인할 수 있었고, 변화의 정도는 이온의 질량이 작을 수록 크다는 것을 알 수 있었다. 헬륨이온(200 eV)을 이용한 실리콘 산화막의 스퍼터링 처리결과로부터 이온의 유전체 표면의 충돌이 2차전자 방출계수에 상당한 영향을 준다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한, 실리콘 산화막의 2차전자 방출계수는 입사에너지에 대한 의존성을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구는 1998.1 - 2001. 12까지 시행된 선도개발사업의 일환으로 산업자원부와 과학기술부의 재원으로 수행되었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] T. Urade, T. Iemori, M. Osawa, and N. Nakayama, IEEE Trans. Electron Devices **23**, 313 (1976).
- [2] M. O. Aboelfotoh and J. A. Lorenzen, J. Appl. Phys. **48**, 4754 (1977).
- [3] J. W. Gibson and R. E. Thomas, Appl. Surf. Sci., **56** (1982)
- [4] N. Rey Whetten and A.B. Laponsky, Phys. Rev. **107**, 1521 (1957)
- [5] N. Rey Whetten and A.B. Laponsky, J. Appl. Phys. **30**, 432 (1959)
- [6] J. B. Johnson and K. G. McKay, Phys. Rev. **91**, 582 (1953)
- [7] Hai Lin, Yuichi Harano, Heiju Uchiike, ASID Technical Digest, 70 (1995)
- [8] S. K. Lee, Jaehong, Jihwa Lee and Ki-Woong Whang, Proc. of the KIDS, will be published, March (2002).

- [9] S. K. Lee, Jaehong, Jihwa Lee and Ki-Woong Whang, SID '02 in Boston, accepted, May (2002)
- [10] F. M. Penning, Physica **8**, 13 (1928)
- [11] F. M. Penning, Proc. Roy. Acad. Sci. **33**, 841 (1930)
- [12] M. L. E. Oliphant, Proc. Roy. Soc. A**127**, 373 (1930)
- [13] S. J. Yoon, I. Lee, J.-W. Lee, and B. Oh, Proc. of the 6th IDW, IDW'99, 643 (1999)