

면방전 구조의 AC-PDP에서 전기장에 의해 기울어진 이온빔에 의한 MgO 보호막의 이차전자방출계수(γ)와 일함수(ϕ_w) 측정

이혜정, 손창길, 유나름, 한용규, 정세훈, 이수범, 임정은, 이준호,
 송기백, 오필용, 정진만, 고병덕, 문민욱, 박원배*, 최은하
 광운대학교 PDP연구센터

Measurement of Oblique ion-induced by electric fields secondary electron emission coefficient(γ) and work function ϕ_w of the MgO protective layer in plane structure AC-PDPs

H. J. Lee, C. G. Son, N. L. Yoo, Y. G. Han, S. H. Jung, S. B. Lee, J. E. Lim, J. H. Lee, K. B. Song,
 P. Y. Oh, J. M. Jung, B. D. Ko, M. W. Moon, W. B. Park and E. H. Choi
 PDP Research Center, Department of Electrophysics, Kwangwoon University

Abstract

현재 널리 상용되어 있는 PDP는 3전극 면방전형이다. 3전극 면장전형 PDP는 주방전이 유전체 아래에서 서로 평행하게 위치하고 있는 ITO투명전극 사이에서 발생한다. 따라서 방전시의 전기장은 MgO 보호막 위에서 아치형태로 형성되게 된다. 플라즈마 방전 시 전자에 의해 이온화된 이온 입자들은 전기장에 의해 그 방전경로가 정해지게 된다. 물론 전기장은 표면에서 수직이지만 전기장에 의해 가속되어진 이온입자들은 MgO 보호막에 기울어져서 입사하게 된다. 따라서 플라즈마 방전시의 이온들의 MgO 보호막으로의 입사각은 매우 다양하다. γ -FIB (Focused ion beam) 시스템은 이온입사에 의한 물질의 이차전자방출계수 측정에 효과적인 장비이다. 본 실험은 이러한 γ -FIB 시스템을 이용하여 다양한 각도로 입사하는 이온빔에 의한 MgO 보호막의 이차전자방출계수를 측정하였다. 또한 이온화 에너지가 다른 여러 종류의 불활성 기체를 사용하여 이온의 입사각에 따른 MgO 보호막의 일함수를 측정하였다. 이온빔의 입사각은 각각 0°, 10°, 20°, 30°로 변화시키면서 이차전자방출계수 및 일함수를 측정하였다. 이러한 실험을 통해 입사각이 클수록 이차전자방출계수는 증가하고 일수는 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

Key Words : MgO, γ -FIB, Oblique ion, work function

1. 서론

최근 평판디스플레이로서 PDP는 각광을 받고 있다. 그러나 효율적인 면에 있어서는 아직 몇 가지 문제가 있다. 그러므로 PDP 안의 미소방전 메커니즘을 이해 한다면 PDP의 고효율 달성에 기여할 수 있을 것이다. 특히 MgO 보호막에 대한 특성이 가장 중한데, PDP 방전공간 내에 직접적으로 노출되어 이온충격에 의한 유전체의 손상을 보호해 주고 높은 이차전자방출계수인해 낮은 전압에서도 방전이 일어나게 해 준다. 이러한 MgO 보호막의 특성을 평가하기 위해 이차전자방출계수(γ)와 일함수를 측정하였다. 면방전형 PDP는 주방전이 유전체 아래에서 서로 평행하게 위치하고 있는 ITO 투명전극 사이에서 발생하므로 방전시 전기장은

그림 1에서 보이는 바와 같이 아치형태로 형성되게 된다.[1]

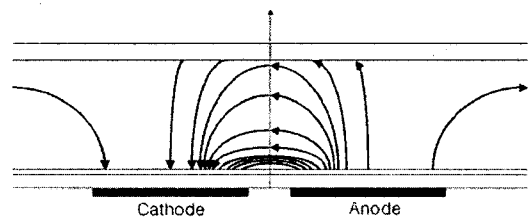


그림 1. AC 면방전형 PDP의 전기장 개략도

플라즈마 방전 시 전자에 의해 이온화된 이온 입자들은 그림 5과 같은 전기장에 의해 그 방전경로가 정해지게 된다. 물론 전기장은 표면에서 수직

이지만 전기장에 의해 가속되어진 이온입자들은 MgO보호막에 기울어져서 입사하게 된다. 또한 MgO증착시의 그 증착 조건이나, 증착 후처리, 증착 물질등에 따라서, 그리고 지속된 방전으로 부분적 표면 침식으로 인해 그 표면의 균일도가 달라지게 된다. 따라서 그림 6에서처럼 플라즈마 방전시의 이온들의 MgO보호막으로의 입사각은 매우 다양하다. 이러한 결과는 전산모사에 의한 실험에 의해서도 잘 나타난다. PDP Cell 안에서의 방전시에 입자들은 MgO표면에 다양한 각도를 가지고 입사하나, 가장 많은 수의 입자들은 약 15°에서 20° 사이의 입사각을 갖는다고 보고되었다.[2] PDP셀의 미소방전 플라즈마를 이해하는데 있어서 전산모사는 상당히 유용한 방법 중에 하나이다. 물론 PDP Cell 내부의 모든 변수가 반영되지 못하지만 전산모사를 통한 PDP셀 내부의 미소방전환경을 물리적으로 해석하고 이해하는데 있어서 전산모사의 결과는 참고가 될 수 있다.

MgO보호막이 이온충격에 대한 저항이 크다고 하더라도 방전이 지속 될수록 MgO보호막이 식각된다. 그 식각은 특히 ITO투명전극 사이에서 일어나는데 이러한 표면 식각에 의해서 표면은 불규칙해지고 그 균일성이 저하되게 된다.[3] 따라서 방전에 기여하는 이온들의 입사각도 다양해지게 된다.[4]

2. 실험

실험에 사용된 MgO 보호막은 전자빔 증착기로 제작되었다. 제작된 시료의 MgO보호막의 두께는 5000Å으로 Glass 위에 한꺼번에 증착되었다. 두께 측정은 spectra thick 2000-Deluxe(K-MAC Corp.)로 관측하였다. 증착에 사용된 MgO Pallet은 소결용융공정을 거친 MgO(Sintered Magnesium Oxide)사용하였으며, 증착 후 200도씨에서 30분간 열처리하였다. 이차전자방출계수 및 일함수 측정에 사용된 기체는 Helium, Neon, Argon, Xeon등의 서로 다른 이온화 에너지를 갖는 불활성 기체를 사용하였으며, 입사하는 전류의 양은 200 ~ 600 pA를 유지하였다. 이온빔의 각도는 그림 2에서 보는 바와 같이 MgO 보호막을 기울임으로써 결정되었다. 이온빔 발생부에서부터 MgO보호막까지의 거리는 같게 하였고, 각기 다른

너비를 가진 시료대를 제작하여 스테이지에 닿게 함으로써 그 각의 오차를 최소화하였다. 전류의 측정은 MgO보호막을 덮고 있는 구리 덮개에서 직접 측정하였다.

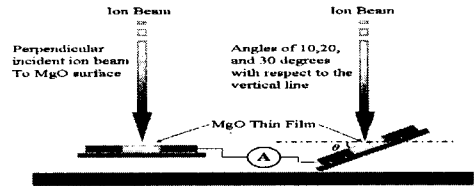


그림 2. 기울어진 이온빔에 의한 이차전자방출계수 측정 개략도

MgO 보호막의 일함수는 이차전자 방출계수를 결정짓는 중요한 인자이다. 이에 따라 γ-FIB 장치를 이용하여 MgO 보호막의 이차전자방출계수 및 일함수를 함께 측정할 수 있다. 오제이 (Auger) 증화이론에 의하면 MgO 표면으로부터 방출되는 이차전자의 최대운동에너지 E_k^{\max} 는 다음과 같이 주어진다.

$$E_k^{\max} = E_i - 2\phi_w$$

여기서 E_i 는 기체의 이온화 에너지이며, ϕ_w 는 MgO 시료의 일함수(work-function)를 나타낸다. 따라서, Auger의 증화이론에 의해 일함수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\phi_w = (E_i - E_k^{\max})/2$$

MgO 표면으로부터 이차전자가 방출되지 않는다면 $\gamma = 0$ 이며, 이때 이차전자의 최대운동에너지는

$E_k^{\max} = 0$ 이 된다. 따라서 $\gamma = 0$ 이고

$E_k^{\max} = 0$ 일 때의 일함수 ϕ_w 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi_w = E_{i0}/2$$

여기서 E_{io} 는 기체종류에 따른 이온화 에너지(x-축)에 대한 이차전자방출계수(y-축)를 그래프로 나타냈을 때, 이차전자 방출계수의 값이 0 이 될 때, 즉 이차전자방출계수를 외삽하여 x축과 만날 때의 이온화에너지이다.

이와같은 방법으로 He, Ne, Ar, Xe의 단일기체로 각각 MgO 보호막의 이차전자방출계수를 측정한다. 이를 이용하여 이온 입사각에 따른 일함수를 구했다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 기울어진 이온 빔에 의한 이차전자방출계수의 결과이다

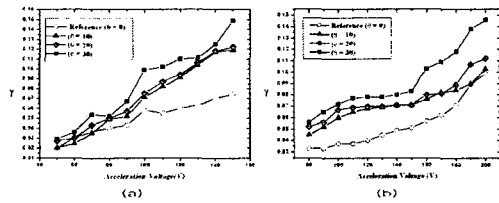
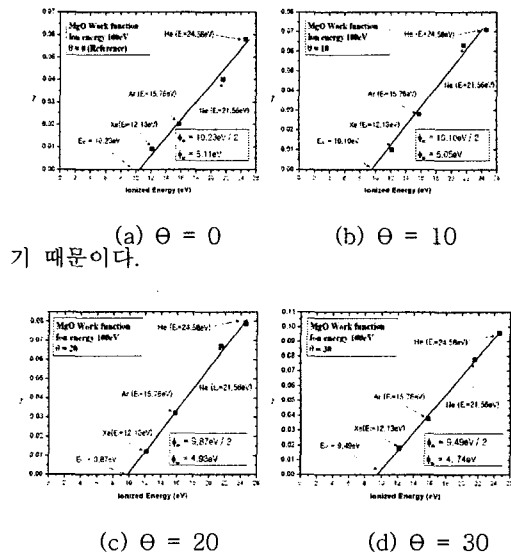


그림 3. 기울어진 이온빔에 의한 이차전자방출계수
(a) He Ion Beam (b) Ne Ion Beam

(a)는 헬륨이온빔으로 가속전압 50V ~ 150V 사이에서 측정하였고 (b)는 네온 이온빔으로 가속전압 80V ~ 200V 사이에서 측정되었다. 이온빔의 각도는 각각 수직입사, 10도, 20도, 30도에서 측정하였다. 대체적인 경향은 수직입사각의 이차전자방출계수가 수직에 대하여 각도를 가지는 이온빔에 의한 이차전자방출계수보다 작게 나왔고 수직에 대하여 이온빔의 각도가 커질수록 이온 유도 이차전자방출계수가 크게 측정되었다. 그 구체적인 값을 보면 수직입사 이온빔($q=0$ degree)의 경우 그 이차전자방출계수의 값이 헬륨이온의 경우 0.058이고 네온 이온의 경우 0.037로써 헬륨이온빔에 의한 이차전자방출계수의 값이 크게 측정되었다. 이는 이온 유도 이차전자방출계수는 이온의 퍼텐셜 에너지에 비례한다는 Auger 중화이론과

일치하는 결과이며 헬륨이온의 이온화 에너지는 24.58eV이고 네온 이온의 이온화 에너지는 21.56eV로써, 이온화 에너지가 큰 헬륨이온빔에 의한 이온 유도 이차전자방출계수가 네온 이온빔에 의한 이차전자 방출계수에 비해 크게 측정되었다. 이온빔이 각도를 가지고 입사할 경우 즉, 이온빔의 입사각이 $q = 10, 20, 30$ degree 의 경우 이온빔 에너지 100eV에서 헬륨이온빔 일 때, 그 값이 각각, 0.071, 0.075, 0.099 이고 네온이온빔 일 때, 각각, 0.06, 0.067, 0.072 으로 측정되었다. 그림 9에서 보는 바와 같이, 서로 다른 이온화 에너지를 가지는 He, Ne, Ar, Xe의 불활성 기체를 이온원천으로 하여 기울어진 이온빔에 의한 MgO 보호막의 일함수를 측정하였다. 그 값은 이온빔의 각도가 커질수록 작게 측정되었다. 일함수는 100eV의 에너지 범위에서 측정되었으며, 이는 이온의 운동에너지의 영향을 최소화 하기위한 에너지 범위로써, 이온의 퍼텐셜에너지에 의한 이차전자방출계수를 이용하여 그 일함수를 측정할 수 있



(a) $\theta = 0$ (b) $\theta = 10$
기 때문이다.

(c) $\theta = 20$ (d) $\theta = 30$
그림 4. 기울어진 이온빔에 의한 MgO보호막의 일함수 측정

표1은 기울어진 이온빔에 의한 MgO보호막의 일함

수의 측정결과이다. 입사하는 이온빔의 각도는 수직입사($\theta = 0$), 10도, 20도, 30도를 선택하여 측정하였으며, 사용된 이온빔은 He, Ne, Ar, Xe 의 불활성 기체를 사용하였다. 이 때의 일함수는 표 1에서와 같이 나타났다.

Work-function Φ_w	
Reference ($\theta=0$)	5.11 eV
$\theta = 10$ degree	5.05 eV
$\theta = 20$ degree	4.93 eV
$\theta = 30$ degree	4.74 eV

표 1. 기울어진 이온빔에 의한 일함수

이온빔이 MgO보호막에 수직 입사할 경우 일함수 값은 5.11eV의 일함수 값을 나타내었고 이온빔이 각도가 10도, 20도, 30도의 각을 가짐에 따라 일함수의 값이 5.05eV, 4.93eV, 4.74eV로 점차 낮아졌다. 결과적으로 이온빔의 입사각이 커짐에 따라서 일함수의 값은 낮아지게 되고 이에 따라 그 이온 유도 이차전자방출계수의 값은 증가하는 결과를 얻었다.

4. 결 론

AC-PDP에서 방전에 크게 기여하는 MgO보호막의 이온 유도 이차전자방출계수를 이온 입사각에 따라 측정하였다. MgO보호막은 플라즈마 방전시 그 방전공간에 그대로 노출되어있고, 방전의 개시에 큰 영향을 미치는 이차전자의 원천이 된다. 아직까지 해석이 끝나지 않은 AC-PDP의 복잡한 미소방전플라즈마 현상에 있어서 MgO보호막은 큰 역할을 수행하고 있다. 복잡한 전기장과 균일하지 못한 표면 그리고 이온 충격에 의한 식각 등은 미소방전 발생에 영향을 미치게 된다. 따라서, 이온 유도 이차전자의 방출계수는 각 표면에서 다르게 발생하고, 그 입사각이 커질수록 높은 이차전자방출계수를 얻었다. 또한 기울어진 이차전자에 의한 MgO보호막의 일함수는 그 MgO가 특성이 같은 시료임에도 불구하고 일함수의 변화가 생겼다는 사실은 특이할 만 하다.

참고 문헌

- [1] G. S. Cho, Y. G. Kim, Y. S. Kim, D. G. Joh, E. H. Choi, Jpn. J.Appl. Phys., 10A, Part2 (1998)
- [2] S. S. Yang, J. K. Lee, S. W. Ko, H. C. Kim, J. W. Shon, Contrib. Plasma Phys., No.5-6,44 (2004) 536
- [3] S. H. Choi, H. S. Byun, G. Y. Shin, S. G. Oh, S. I. Lee, J. Vac. Sci. Technol. B., 21(1) (2003) 39
- [4] W. B. Park, K. B. Jung, J. C. Jeong, G. S. Cho, E. H. Choi, IDW'04 p1023-1026