

Cu 기판위에 성장한 MgO, MgAl₂O₄와 MgAl₂O₄/MgO 박막의 집속이온빔을 이용한 스퍼터링수율 측정과 이차전자방출계수 측정

정강원¹ · 이해정¹ · 정원희¹ · 오현주¹ · 박철우² · 최은하¹ · 서윤호¹ · 강승언^{1*}

¹광운대학교 전자물리학과, 서울 139-701

²한국산업기술대학교 기계공학과, 시흥 429-793

(2006년 3월 13일 받음)

MgAl₂O₄ 막은 MgO 보호막 보다 단단하며 수분 흡착 오염문제에 상당히 강한 특성을 가진다. 본 연구에서 AC-PDP의 유전체보호막으로 사용되는 MgO 보호막의 특성을 개선하기 위해 MgAl₂O₄/MgO 이중층 보호막을 제작하여 특성을 조사하였다. 전자빔 증착기를 사용하여 Cu 기판에 MgO와 MgAl₂O₄를 각각 1000 Å 두께로 증착, MgAl₂O₄/MgO를 200/800 Å 두께로 적층 증착 후, 이온빔에 의한 충전현상을 제거하기 위해 Al을 1000 Å 두께로 증착하였다. 집속이온빔(focused ion beam ; FIB)장치를 이용하여 10 kV에서 14 kV까지 이온빔 에너지에 따라 MgO는 0.364 ~ 0.449 값의 스퍼터링 수율에서 MgAl₂O₄/MgO를 적층함으로 24 ~ 30 % 낮아진 0.244 ~ 0.357 값의 스퍼터링 수율이 측정되었으며, MgAl₂O₄는 가장 낮은 0.088 ~ 0.109 값의 스퍼터링 수율이 측정되었다. g-집속이온빔(g-FIB)장치를 이용하여 Ne⁺ 이온 에너지를 50 V에서 200 V까지 변화 시켜 MgAl₂O₄/MgO와 MgO는 0.09 ~ 0.12의 비슷한 이차전자방출 계수를 측정 하였다. AC-PDP셀의 72시간 열화실험 후 SEM 및 AFM으로 열화된 보호막의 표면을 관찰하여 기존의 단일 MgO 보호막과 MgAl₂O₄/MgO의 적층보호막의 열화특성을 살펴보았다.

주제어 : MgO, MgAl₂O₄/MgO, 집속이온빔, g-FIB, 스퍼터링 수율, 이차전자방출 계수

1. 서론

집속이온빔(Focused Ion Beam ; FIB) 장치는 80년대 초부터 개발되어 현재 여러 가지 기초 및 응용 분야에 사용되고 있다[1-5]. FIB 장치에 사용되는 액체금속 이온원의 특성은 높은 밝기[6], 이온빔의 진행 방향의 낮은 에너지 퍼짐[7] 및 작은 에너지 손실[7]을 갖는다. 이때 사용되는 이온원으로는 Ga, In, Au 및 합금 액체금속 이온원이 있으며, Ga 액체금속 이온원(Liquid Metal Ion Source ; LMIS)이 주로 사용되고 있다. FIB 장치를 이용하여 마스크 없는 이온 주입[8,9], 리토그래피[10,11], 미세가공[12], 가스를 이용한 증착 그리고 집적회로의 수정과 표면분석 등을 할 수 있다. FIB 장치에서 집속된 이온빔을 주사하여 스퍼터링된 이차 입자들의 효과를 이용하여 여러 가지 분석적인 연구가 이루어 졌다. 이와 같은 이차 입자들은 에너지가 충분한 이온이 시료 표면에 입

사될 때 시료 원자의 스퍼터링, 시료 재질의 양 또는 음의 이온 방출, 이차 전자의 방출, 시료 이온이나 원자와의 충돌에 의한 입사 이온의 표면 반사, 시료 물질 내에서의 일반적인 복사, 그리고 화학적 반응, 표면 층에서의 성장 등의 다양한 반응이 일어난다. 스퍼터링을 이용하여 초미세 기어나 부품을 직접 가공하는 마이크로 단위의 미세가공[8], 집적회로의 수정, 시료의 분석, 미세가공에 의한 투과전자현미경의 박막 시료 제작 등을 할 수 있다.

AC-PDP에서 플라즈마에 의한 방전공간에 노출되어 있는 형광체와 MgO 보호막에 직접적인 손상으로 인한 화면고착 현상은 PDP 수명과 직결되는 현상이며 회복 불가능한 현상이다. 본 연구에서는 PDP-유전체 보호막인 MgO의 표면이 대기중 또는 박막 증착시 챔버 내에 잔류하는 H₂O와 빠른 속도로 과량 반응하여 PDP 패널의 성능을 저하시키는 요인을 개선하기 위하여 MgO 보호막 보다 막질이 단단하며 수분의 흡착문제 등 오염문제에 강한 특성을 가지는

* [전자우편] sokang@daisy.kwangwoon.ac.kr

MgAl₂O₄를 MgO 보호막 위에 적층함으로써 기존의 단일 MgO 보호막의 장점을 유지고 특성을 개선하기 위하여 MgAl₂O₄/MgO 이중층 보호막을 제작하였다. PDP용으로 사용할 유전체 보호막의 스퍼터링 수율을 단일 MgO 보호막과 MgAl₂O₄, MgAl₂O₄/MgO 막에 대한 특성을 FIB를 통하여 특별한 가스 주입 없이 간단하고 짧은 스퍼터링 시간으로 10 kV에서 14 kV 까지 상대적인 물질에 대한 스퍼터링 측정값을 바탕으로 실제 PDP 셀 내부에서 플라즈마에 의한 유전체 보호막의 스퍼터링과 이온충격의 손상으로 인한 수명을 예측하였다. 또한 γ -FIB(γ -Focused Ion Beam) 장치를 이용하여 이차전자방출계수를 측정하여 비교함으로써 낮은 구동전압 확보 및 방전유지전압과 높은 휘도효율을 위한 PDP용 유전체 보호막으로 적합한 보호막을 살펴보았다[13,14]. 스퍼터링 수율이 다른 보호막의 열화실험을 통하여 실제 PDP 내부에서 열화로 인한 표면 상태를 살펴보았다.

II. 실험방법

2.1. 집속이온빔 장치의 구성

본 실험에 사용된 FIB장치는 본 연구실에서 연구·개발하여 설계한 장치로서 그 구성은 크게 Ion Beam Column부와 시료 Working Chamber부로 크게 나눌 수 있다. Ion Beam Column은 이온원과 두 개의 정전렌즈(Einzel Lens), 차단기(Beam Blanker), 비점수차 조정기(Stigmator) 및 편향기(Deflector) 등으로 구성되어 있다. 그림 1은 본 실험실의 스퍼터링

수율을 구하기 위한 FIB 장치의 개략도이다. 본 연구실에서 자체 설계 제작한 Ga 액체금속 이온원 바로 아래에는 패러데이컵을 위치시켜 이온빔의 총 방출전류를 측정하도록 하였고, 그 아래에는 2개의 가속형 정전렌즈인 1st Lens와 Object Lens 이용하여 빔을 집속 시킨다. 1st Lens와 Object Lens 사이에 8극의 비점수차 조정기와 빔을 순간적으로 차단시킬 때 사용하는 차단기가 설치되어 있다. Object Lens 바로 아래에는 시료의 원하는 위치에 빔을 주사시키기 위한 4극의 편향기가 있다. 마주보는 두 극을 한 쌍으로 두 쌍의 극에 각각의 주사 신호를 보내면 해당하는 전압의 크기에 따라 빔의 편향정도가 달라지게 된다. 컴퓨터로 이 주사신호를 제어하면 시료의 원하는 부분에 빔을 주사시킬 수 있다. 또한 이온빔 전류의 안정성을 위해서 Ion Beam Column은 10⁻⁷ Torr 이하의 진공이 늘 유지되어야 한다. 이를 위해서 이온 펌프를 장착하였고, 차단 장치를 이용하여 시료 Working Chamber와 차등을 두어 진공이 유지되게 하였다.

시료 Working Chamber내부에 X와 Y방향으로 시료를 움직일 수 있게 설계된 시료대와 이차입자를 검출하여 증폭시키는 전자증배기(Channeltron Electron Multiplier ; CEM)가 있다. CEM은 나팔관 모양으로 BURLE Electro-optic사의 제품을 사용하였으며, 시료로부터 나온 이차전자나 이온을 CEM을 통해 증폭한 후 DAQ Board(data acquisition board)를 통해 컴퓨터 처리하여 디지털 이미지 화상을 얻는데 사용하였다.

2.2. 스퍼터링 수율 측정

시료의 표면으로부터 이온들의 충격에 의해 충분한 에너지의 원자들이 방출되어 나오는 현상을 스퍼터링이라고 하고 이때 입사된 이온의 수에 대한 시료에서 방출되는 원자수의 비를 스퍼터링 수율이라 한다. 스퍼터링 수율의 측정방법은 시료의 질량 감소, 시료의 두께 감소 및 스퍼터링된 이차 입자들의 수집과 검색 등이 있다. 이 실험에서는 두께 감소를 측정하여 이에 해당하는 부피 안에 있는 시료원자의 수를 계산하고 그 시간 동안에 입사한 이온의 수를 계산하여 비를 구했다. 전자빔 증착기를 사용하여 ~ 10⁻⁶ Torr의 진공도를 유지 시키며 증착 조건으로 인가전압을 3 kV로 고정하고, 증착 시 온도는 200 °C로 고정 후 5 ~ 6 Å/sec의 증착율을 유지하면서 MgO, MgAl₂O₄

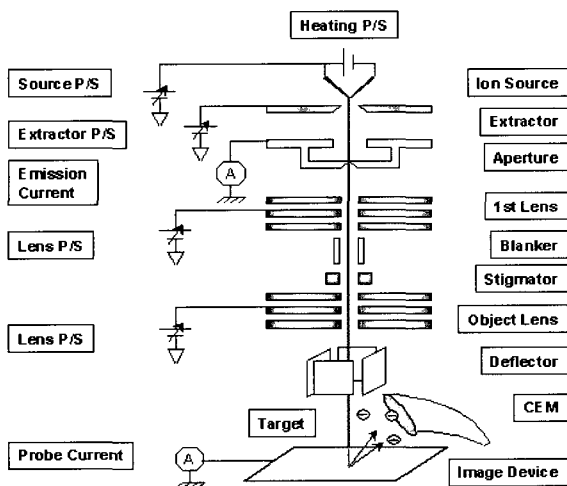


그림 1. 집속이온빔 장치의 개략도

표 1. 2.5 μm × 2.5 μm 스퍼터된 부피에 대한 입자의 개수

	MgO	MgAl ₂ O ₄	MgAl ₂ O ₄ /MgO
밀도	$3.58 \times 10^{-12} g/\mu m^3$	$3.64 \times 10^{-12} g/\mu m^3$	
분자량	40.31	142.3	
분자 질량	$6.695 \times 10^{-23} g$	$2.275 \times 10^{-22} g$	
입자의 수	3.34×10^{10}	9.6×10^9	2.824×10^{10}

을 1000 Å, MgAl₂O₄/MgO = 200/800 Å 두께로 Cu 기판위에 증착하였다. 시료를 증착한 후 30분 동안 300 °C에서 annealing을 하였다. 부도체에 이온빔을 주사할 때는 표면에서 충전현상이 발생하기 때문에 표면에 얇게 금속을 증착한다. 여기서 부도체인 MgO 박막의 스퍼터링 수율을 측정하기 위해 Al을 1000 Å 두께로 증착하여 충전현상을 제거하였다.

스퍼터링 수율은 본 장비의 안정적인 작동 범위인 가속에너지 15 kV 범위내에서 이온빔 에너지가 증가할수록 선형적으로 증가 할 것을 고려하여 10, 11, 13 kV와 14 kV 에서 시료대 전류와 이차전자 전류를 측정하였다. 스퍼터링 수율 측정에는 두께감소를 측정하여 스퍼터된 입자의 수를 계산하고 순수한 빔 전류를 얻어 이에 해당하는 이온의 수를 계산하여 이 둘의 비를 구하는 방법을 사용하였다. 표 1은 MgO와 MgAl₂O₄ 각각의 밀도와 분자량으로 스퍼터링 되는 부피에 대한 입자의 개수를 계산할 수 있으며, MgAl₂O₄/MgO = 200/800 Å의 두께에 대해 MgO와 MgAl₂O₄을 각각 계산하고 합산하여 입자의 개수를 산출하였다. 시료대 에서 측정된 전류는 입사된 이온의 전류와 이로 인해 발생하는 이차 전자에 의한 전류가 합쳐져 측정되기 때문에 입사하는 이온의 수

를 계산할 수가 없다. 따라서 시료 위에 제작한 컬렉터를 통해 시료로부터 방출되는 이차 전자 전류를 측정하여 시료대 에서 측정된 전류와 계산을 해서 순수 빔 전류를 구할 수 있다. 그림 2에서와 같이 시료대 에서 측정한 이온의 전류 값을 I_p로 나타내었고 스퍼터링에 의한 이차 전자를 측정한 전류 값을 I_s로 나타내었다. 따라서 순수 빔 전류는 (I_p - |I_s|)로 계산할 수 있다. 이차 전자를 측정한 전류 값에 대한 |I_s|의 계산은 (-)전류가 측정되기 때문에 절대값을 취해 주었다. 실험적으로 스퍼터링 수율을 구하기 위해 필요한 입사이온의 수를 이 결과로 계산할 수 있다.

디지털화상의 배율을 일정하게 고정시키고 제작된 패턴 편집기로 2.5 μm × 2.5 μm의 패턴을 그린 후 스퍼터링을 실시하여 전류를 측정하였다. 빔이 1000 Å의 Al을 모두 스퍼터 시키고 MgO 박막을 스퍼터하게 된다. 1000 Å의 MgO 박막이 모두 스퍼터링 되면 Cu 기판을 주사하게 된다. Al을 모두 스퍼터링 시키고 그림 4의 그래프와 같이 MgO 박막을 스퍼터링 하기 시작하는 Patterning Start point와 MgO 박막에서 Cu로 스퍼터링 될 때 Patterning End point를 정점이라 하며, 이것은 측정되는 전류의 변화로 알 수 있다. 스퍼터링 수율은 측정된 정점사이

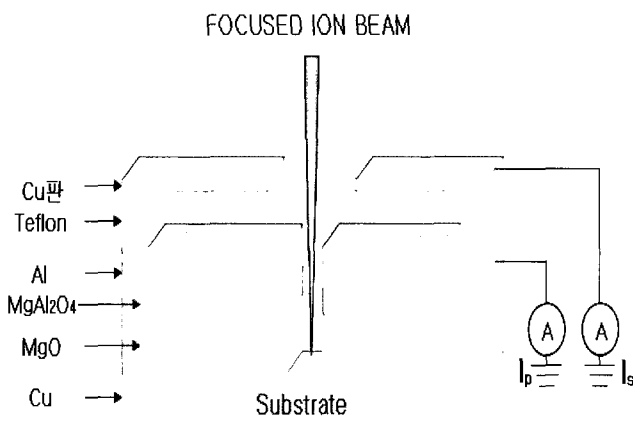


그림 2. 빔 전류 측정 개략도

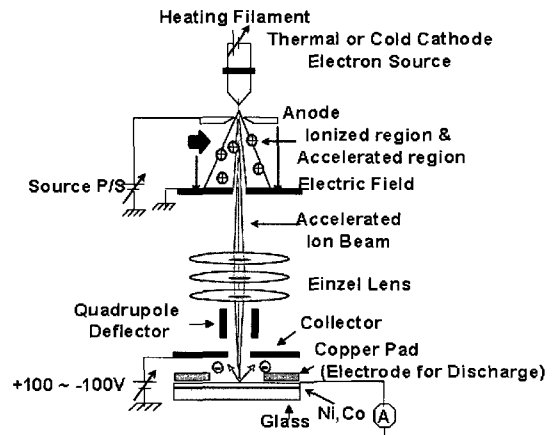


그림 3. γ-FIB 장치의 개략도

의 총 시간에 대해 명확하지 않은 경계면을 고려하여 Patterning Start point에서 10 % 지점과 Patterning End point 앞의 90% 지점에 대하여 스퍼터링 시간과 전류값을 바탕으로 산출하였다.

2.3. γ -FIB 장치와 이차방출계수 측정

γ -FIB는 앞에서 언급한 FIB 장치의 원리를 응용하여 자체 개발한 장비로 이온방출부에는 Source, 기체 주입부, Anode로 쓰이는 Extractor로 구성된다. 전 자원은 텅스텐 필라멘트를 사용하여 Source을 자체 제작 하였다. 텅스텐 필라멘트에 2 ~ 4 A정도의 전류를 흘리고 Anode에 가속전압을 가하여 방출된 전자들은 anode의 2 mm hole 주위에서 oscillation하게 된다. MFC(mass flow controller)를 통해 주입된 중성의 불활성기체들은 oscillation하는 전자와의 충돌에 의해서 이온빔을 형성한다. 이때 사용한 불활성기체는 He, Ar, N₂, Xe 등이다. Anode에 가해진 가속전압의 영역은 50 ~ 500 V 영역이며 기체 주입 전 기초진공도는 3×10^{-5} Torr 이하가 되도록 하였으며 기체 주입 시에는 9×10^{-5} Torr 정도에 진공도가 유지되도록 하였다. 가속된 이온들은 직경 500 μ m의 몰리브덴 aperture를 지나 정전렌즈에 의해 집속된다. 시료의 표면에 부딪힌 이온빔은 시료의 표면으로부터 이차전자를 발생시킨다. 이때 시료대 위쪽에 설치되어 있는 collector에 -60 ~ +60 V 정도에 전압을 순차적으로 가해준다. 먼저 collector에 (-)전압이 가해지는 동안에는 발생하는 이차전자가 collector의 척력에 의해 시료의 표면으로 되돌아가게 되고, 이때 시료의 표면으로부터 시료대쪽으로는 이온빔에 의해 형성된 이온 전류(I_i)만 흐르게 된다. collector의 전압이 (+)로 바뀌게 되면 시료의 표면으로부터 발생하는 이차전자들이 collector 쪽으로 끌려 들어가게 되고 시료의 표면에서는 이온에 의한 이온전류(I_i : ion current)와 이차전자에 의한 전자전류(I_e : electron current)가 합해진 전체전류(I_T : total current)가 흐르게 된다. 실험적으로 측정 가능한 이온전류와 전체전류와의 차가 이차전자에 의한 전류가 되고 이차전자방출계수를 결정하는 수식에 의해 실험적인 이차전자방출계수는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\gamma = \frac{I_e}{I_i} = \frac{I_T - I_i}{I_i}$$

γ -FIB 장치는 시료의 위쪽에 전하가 쌓일 경우 4극의 편향기에 30 V 정도의 전압을 가해 이온빔을 여러 방향에서 20분 이상 편향시킴으로써(scanning) 시료의 표면에 쌓여있는 전하들을 시료위쪽의 접지된 구리덮개를 통해 제거할 수 있다. γ -FIB 장치는 이러한 방법으로 충전현상을 막아 전기전도도가 좋은 금속류 시료뿐만 아니라 절연체인 재료들의 이차전자방출계수를 효율적으로 측정할 수 있다. 또한 전류도 시료 위쪽에 설치되어 있는 구리덮개를 사용하여 측정하므로 시료의 표면에서 일어나는 전류효과를 직접 측정할 수 있다.

2.4. AC-PDP셀의 열화실험

AC-PDP셀의 열화 특성을 분석하기 위하여 MgO 보호막을 강제로 열화 시켰으며, 방전 지속 시에 MgO 보호막의 스퍼터링 현상에 의한 형광체 특성 변화를 알아보기 위하여 형광체위에 MgO 보호막을 전자빔 증착기를 이용하여 1000 Å의 두께로 증착하여 효율 및 이차전자방출계수 특성을 분석 하였다. 구동 조건으로는 35 kHz의 frequency, 25 %의 duty, 200 V의 전압을 인가하였으며 방전 시 주입한 혼합 가스는 네온(Ne)-제논(Xe 4 %), 300-400 Torr를 사용하였다. 실제 AC-PDP의 앞 판 크기인 35 mm \times 35 mm \times 3.5 mm(가로 \times 세로 \times 높이)의 창유리에 전극과 유전체층을 형성시킨 후 전자빔 증착기를 이용하여, 진공도 약 1.1×10^{-6} Torr 분위기에서 MgO 보호막을 5 ~ 10 Å/sec의 증착률로 약 4000 Å 두께로 증착 시킨 후 다시 MgO 보호막위에 MgAl₂O₄ 보호막을 5 ~ 10 Å/sec의 증착률로 약 1000 Å 두께로 증착 시켰다. MgAl₂O₄/MgO의 특성을 알아보기 위하여 똑같은 조건하에서 MgO 보호막과 함께 열화시킨 후 분석을 위하여 SEM 및 AFM을 이용하여 표면을 관찰하였다.

III. 실험결과

3.1. 시료대 이온 전류와 이차 전자 전류 및 순수 빔 전류 측정결과

스퍼터링 수율을 구하기 위해서 시료대 이온전류와 이차전자 전류를 동시에 측정하였다. 그림 4, 6, 8과 그림 5, 7, 9는 이온빔 에너지 10 kV와 14 kV의

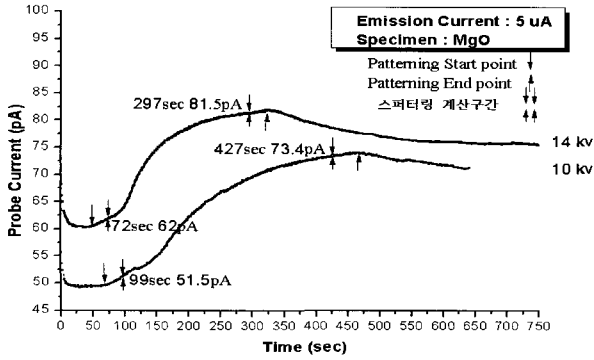


그림 4. 이온에너지 10 kV와 14 kV 일때 MgO의 시료대 이온전류

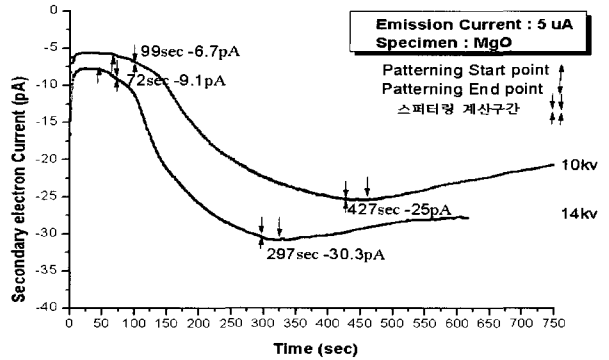


그림 5. 이온에너지 10 kV와 14 kV 일때 MgO의 이차 전자전류

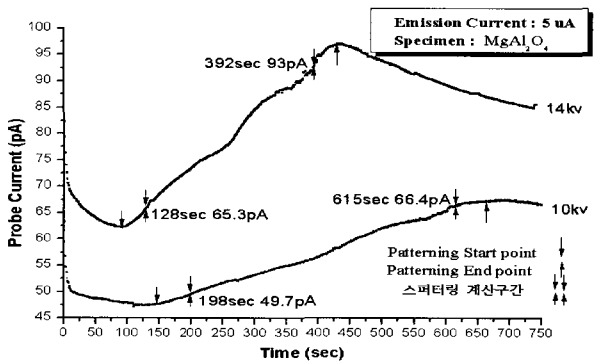


그림 6. 이온에너지 10 kV와 14 kV 일때 MgAl₂O₄의 시료대 이온전류

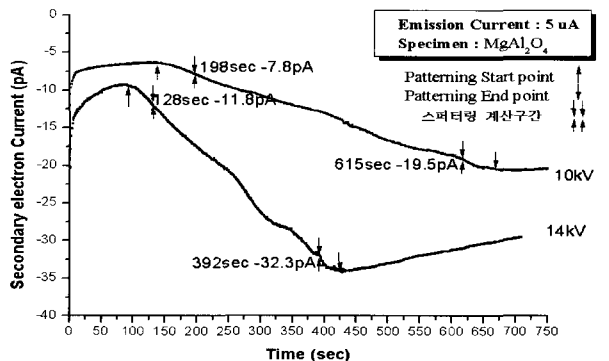


그림 7. 이온에너지 10 kV와 14 kV 일때 MgAl₂O₄의 이차 전자전류

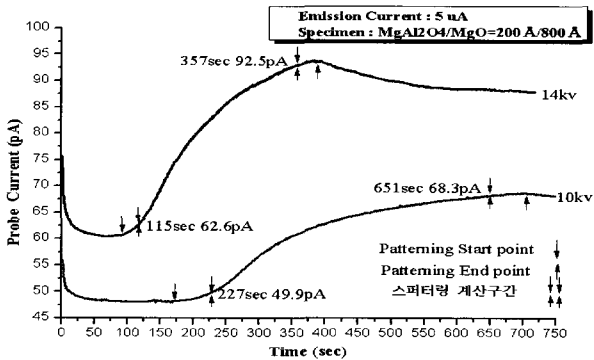


그림 8. 이온에너지 10 kV와 14 kV 일때 MgAl₂O₄/MgO의 시료대 이온전류

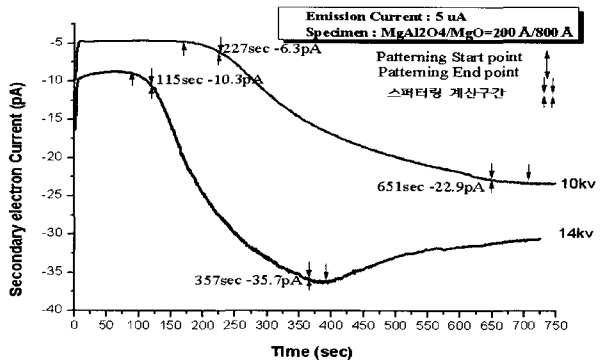


그림 9. 이온에너지 10 kV와 14 kV 일때 MgAl₂O₄/MgO의 이차 전자전류

Ga⁺ 이온으로 스퍼터링 시킬 때 시료대에서 측정된 이온전류와 이차전자전류의 변화그래프 이다. Ga⁺ 이온빔의 충전현상을 방지하기 위해 증착한 Al이 스퍼터링 되면서 전류가 감소 하다가 MgO 박막이 스퍼터링 되면 전류가 상승한다. 일정한 시간이 지나 MgO 박막이 다 없어지고 Cu기판이 스퍼터링 되면서 다시 감소하게 된다. 이차전자 전류의 측정은 Al위에 두께 (1 mm)의 테플론을 이용하여 절연을 시키고 250 μm의 구멍을 뚫은 Cu판을 덮어주어 입사하는 빔이 통과

하여 시료로부터 스퍼터링 되어 튀어 나오는 이차전자 전류를 측정하였다. 그림 5와 같이 Al이 스퍼터링 되면서 이차전자의 전류가 증가 하다가 MgO 박막이 스퍼터링 되면서 전류가 감소하게 된다. 그림 4, 5는 MgO에 대한 스퍼터링 이며, 그림 6, 7은 MgAl₂O₄의 스퍼터링, 그림 8, 9는 MgAl₂O₄/MgO의 시료대 전류와 이차전자 전류 값을 각각 이온빔 에너지 10 kV와 14 kV에서 측정한 그래프를 나타내고 있다.

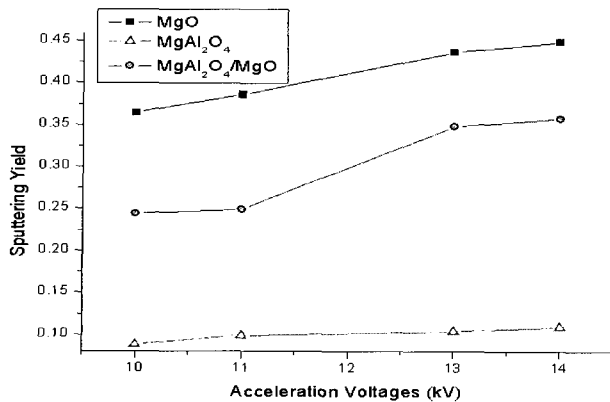


그림 10. 10, 11, 13 kV와 14 kV 이온에너지에 따른 MgO, MgAl₂O₄와 MgAl₂O₄/MgO의 스퍼터링 수율

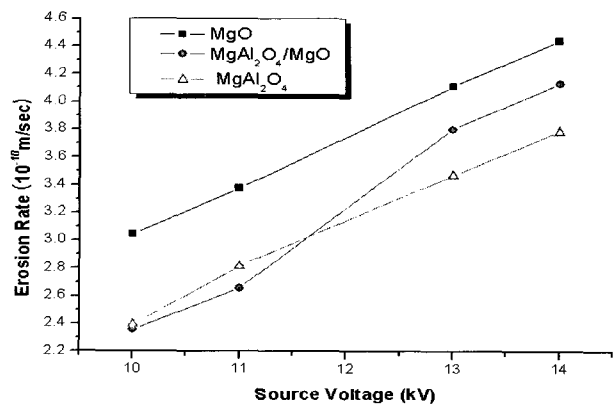


그림 11. 스퍼터링에 의한 침식률

3.2. 스퍼터링 수율 결과

그림 4에서 그림 9까지의 그래프를 바탕으로 스퍼터링 수율을 측정된 결과 동일한 실험조건일 때 MgO가 가장 큰 스퍼터링 수율을 나타냈으며 MgAl₂O₄/MgO와 MgAl₂O₄ 순으로 그림 10과 같이 나타났다. 이온빔 에너지가 10, 11, 13 kV와 14 kV 일 때, 본 실험에서 MgO는 0.364, 0.386, 0.437와 0.449 값과 같이 높게 측정되었고, MgAl₂O₄/MgO는 0.244, 0.249, 0.348와 0.357의 중간 값이 측정되었으며, MgAl₂O₄는 가장 낮은 0.088, 0.099, 0.104와 0.109의 값이 이온빔 에너지에 따라 측정되었다. 본 실험에서 MgAl₂O₄/MgO를 적층함으로 인하여 단일 MgO막에 비하여 스퍼터링 수율이 24 ~ 30 % 감소함을 보였으며, 실제 스퍼터링에 걸린 시간에 따른 침식률(10^{-10} m/sec)을 계산하면, 그림 11의 그래프와 같이 이온빔 에너지가 10, 11, 13 kV와 14 kV 일 때 각각 MgAl₂O₄가 2.398, 2.816, 3.472와 3.787 비율로 느리게 침식되며, MgO가 가장 짧은 스퍼터링

시간동안 빠르게 3.048, 3.378, 4.115와 4.444 비율로 침식되고, MgAl₂O₄/MgO는 10kV와 11kV에서 2.358, 2.659 비율값으로 MgAl₂O₄와 비슷한 비율로 침식되다가 13kV와 14kV에서 더 높은 3.802와 4.132 비율로 침식되었다. 표 2는 이온빔 에너지가 14kV일때 MgO, MgAl₂O₄/MgO, MgAl₂O₄ 측정값을 표시하였다.

MgO와 MgAl₂O₄의 경우 10 kV ~ 14 kV에서 스퍼터링 수율 측정 결과 선형적으로 증가함을 확인할 수 있으며, 이를 바탕으로 실제 PDP의 구동조건에서 스퍼터링 수율을 예측하여 PDP의 수명을 판단할 수 있을 것이다. 그림 8, 9의 MgAl₂O₄/MgO의 10 kV 그래프와 그림 11의 스퍼터링수율 값과 그림 12의 침식율의 결과로 10 kV와 11 kV에서는 예상보다 스퍼터링수율이 더 작아짐을 보이며 단일 MgAl₂O₄ 막보다 낮은 침식율 보이는 결과는 실험상의 시료에 대한 지역적인 두께에 대한 불균일함으로 MgAl₂O₄에 비하여 스퍼터링 시간이 더 길어진 것으로 보인다.

표 2. 가속전압 14kV 일때 MgO, MgAl₂O₄와 MgAl₂O₄/MgO의 측정값

	MgO	MgAl ₂ O ₄	MgAl ₂ O ₄ /MgO
시료대 이온전류(pA)	62	65.3	62.6
이차 전자전류(pA)	-9.1	-11.8	-10.3
순수 빔 전류(pA)	52.9	53.5	52.3
스퍼터링 소비시간(sec)	225	264	242
침식률(10^{-10} m/sec)	4,444	3,787	4,132
스퍼터링 수율(atoms/ion)	0,449	0,109	0,357

3.3. γ -집속이온빔에 의한 이차전자방출계수 측정결과

그림 12는 MgO, MgAl₂O₄/MgO와 MgAl₂O₄ 보호막의 Ne⁺ 이온에 대한 이차전자 방출값을 나타낸다. 단일 MgAl₂O₄ 보호막의 경우 가장 낮은 0.06 ~ 0.08의 값을 나타내었지만 MgAl₂O₄/MgO 이중층보호막의 경우 MgO 와 비슷한 0.09 ~ 0.12의 값을 나타냄을 알 수 있었다. MgAl₂O₄/MgO 이중층보호막과 단일 MgO 보호막의 이차전자방출계수가 비슷한 결과는 MgO, MgAl₂O₄, MgAl₂O₄/MgO 박막에 대한 XRD로 측정으로 MgO의 경우 강한 결정 피크가 보이는 반면 MgAl₂O₄ 낮은 결정 피크를 보였다. MgAl₂O₄/MgO 박막은 MgO 박막보다 200 결정 피크가 커짐을 보이며, MgAl₂O₄/MgO에서 MgAl₂O₄의 work function이 MgO의 work function과 비슷한 값을 보여 이들의 영향으로 MgAl₂O₄/MgO 이중층보호막과 단일 MgO 보호막의 이차전자방출계수가 비슷한 결과를 나타낸 것으로 보여 진다.

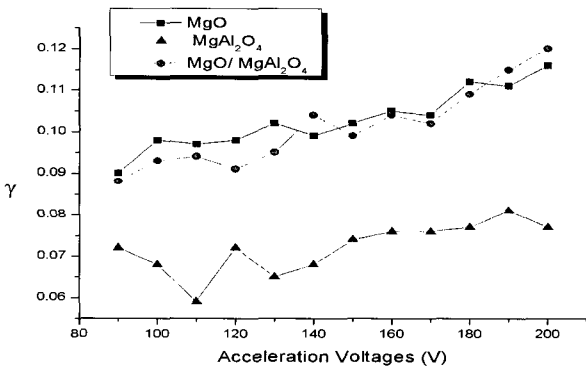


그림 12. Ne⁺ 이온에너지 MgO, MgAl₂O₄와 MgAl₂O₄/MgO의 이차전자방출계수

3.4. 열화실험 결과

그림 13과 그림 14는 MgO 보호막과 MgAl₂O₄/MgO 보호막을 72시간 열화 시킨 후 SEM과 AFM으로 관찰한 표면 결과이다. 그림 14의 (a), (b), (c)는 MgAl₂O₄/MgO 보호막의 표면이며, (d), (e), (f)는 MgO 보호막의 표면을 나타낸다. SEM과 AFM으로 관찰한 표면으로 부터 MgO보호막은 플라즈마에 의해서 스퍼터링과 이온충격에 많은 손상을 입어 이온결합물질의 특성인 쪼개짐 현상을 확인 할 수 있었으며, 스퍼터링 수율이 낮은 MgAl₂O₄/MgO 보호막이 MgO 보호막에 비해 MgAl₂O₄ 표면이 스퍼터링과 이온충격

에 의한 쪼개짐 현상이 적으며 표면이 깨끗하고 열화에 강한 특성을 가짐을 확인할 수 있었다.

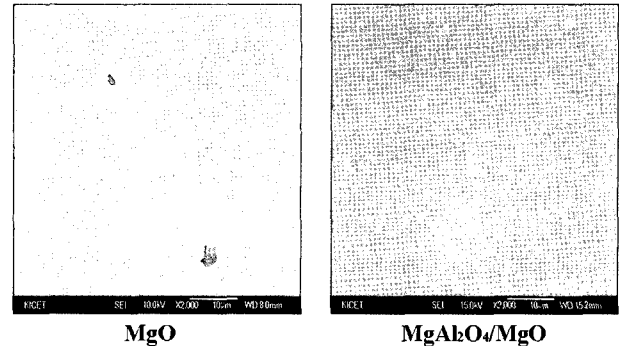


그림 13. MgO와 MgAl₂O₄/MgO의 SEM 사진

IV. 결론

집속이온빔장치를 이용하여 손쉽고 빠르게 AC-PDP용 MgO 보호막의 스퍼터링 수율을 측정할 수 있었다. 같은 실험조건일 때 MgO가 가장 큰 0.364 ~ 0.449값의 스퍼터링 수율 나타냈으며, MgAl₂O₄/MgO는 0.244 ~ 0.357, MgAl₂O₄는 0.088 ~ 0.109 순으로 MgAl₂O₄의 스퍼터링 수율이 가장 낮았으며 이온빔 에너지가 증가함에 따라 스퍼터링 수율이 증가하였다. MgAl₂O₄/MgO를 적층함으로 인하여 단일 MgO 막에 비하여 스퍼터링 수율이 24 ~ 30 % 감소하는 효과가 있었으며, MgAl₂O₄/MgO와 MgO는 0.09 ~ 0.12 값의 비슷한 이차전자방출 계수를 나타내었다. PDP셀의 상판에 열화가 진행 되면 스퍼터링 수율이 낮은 MgO 보호막이 크게 손상됨을 확인할 수 있었다. 열화 후 SEM 및 AFM 관찰 결과 MgAl₂O₄의 표면이 스퍼터링과 이온충격에 강함을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 이차전자방출계수가 MgO 보호막과 비슷하고 스퍼터링 수율이 MgO 보호막 보다 낮은 MgAl₂O₄/MgO 이중층보호막이 PDP용 패널의 수명 연장 및 효율 면에서 우수한 특성을 보임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 광운대학교 교내학술연구비와 산업자원부에서 지원하는 차세대신기술개발과제인 “이온빔 이용 나노가공용 장비 개발” 사업으로부터 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

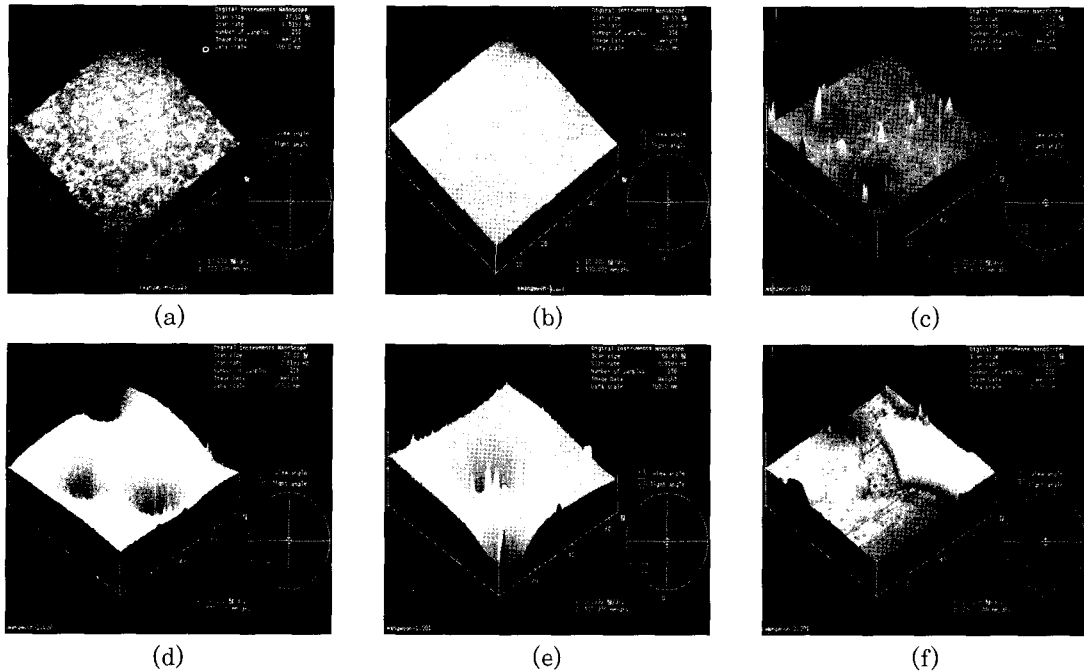


그림 14. MgO와 MgAl₂O₄/MgO의 AFM 사진
 ((a),(b),(c): MgAl₂O₄/MgO 열화 표면, (d),(e),(f): MgO 열화 표면)

참고 문헌

- [1] J. Z. Wan, J. G. Simmons, and D. A. Thompson, *J. Appl. Phys.* **81**, 765 (1997).
- [2] G. Ben Assayag, C. Vieu, and J. Gierak, *J. Vac. Sci. Technol. B* **11**, 2420 (1993).
- [3] Yeong-Ah Soh, Gregory L. Snider, Michael J. skvarla, and Harold G. Craighead, *J. Vac. Sci. Technol. B* **11**, 2629 (1993).
- [4] H. Kim, T. Noda, and H. Sakaki, *J. Vac. Sci. Technol. B* **16**, 2547 (1998).
- [5] G. Bacher, T. K mmell, D. Eisert, A. Forchel, B. K nig, W. Ossau, C. R. Becker, and G. Landwehr, *J. Appl. Phys.* **75**, 956 (1999).
- [6] L. Seliger, J. W. Ward, V. Wang, and R. L. Kubena, *Appl. Phys. Lett.* **34**, 310 (1979).
- [7] H. S. Uhm, E. H. Choi, G. S. Cho, and S. O. Kang, *Phys. Plasmas* **1**, 4105 (1994).
- [8] M. Tamura, S. Shukuri, M. Moniwa, and M. Default, *Appl. Phys. A* **39**, 183 (1996).
- [9] H. J. Lezec, C. R. Musil, J. Melngailis, L. J. Mahoney, and J. D. Woodhouse, *J. Vac. Sci. Technol. B* **9**, 2709 (1991).
- [10] S. Matsui, Y. Kojima, Y. Ochiai, and Honda, *J. Vac. Sci. Technol. B* **9**, 622 (1991).
- [11] J. S. Huh, M. I. Shepard, and J. Melngailis, *J. Vac. Sci. Technol. B* **9**, 173, (1991).
- [12] T. Ishitani, T. Ohnishi, and Y. Kanwanami, *Jpn. J. Appl. Phys.* **29**, 2283 (1990).
- [13] E. H. Choi, H. J. Oh, Y. G. Kim, J. J. Ko, J. Y. Lim, J. G. Kim, D. I. Kim, G. S. Cho, and S. O. Kang, *jpn. J. Appl. Phys., Part 1* **37**, 7015 (1998).
- [14] E. H. Choi, J. Y. Lim, Y. G. Kim, J. J. Ko, D. I. Kim, C. W. Lee, and G. S. Cho, *J Appl. Phys.* **86**, 6525 (1999).

Sputtering Yield and Secondary Electron Emission Coefficient(γ) of the MgO, MgAl₂O₄ and MgAl₂O₄/MgO Thin Film Grown on the Cu Substrate by Using the Focused Ion Beam

K. W. Jung¹, H. J. Lee¹, W. H. Jung¹, H. J. Oh¹, C. W. Park²,
E. H. Choi¹, Y. H. Seo¹, and S. O. Kang^{1*}

¹*Department of Electrophysics, Kwangwoon University, Seoul 139-701*

²*Department of Mechanical Engineering, Korea Polytechnic University, Siheung 429-793*

(Received March 13, 2006)

It is known that MgAl₂O₄ has higher resistance to moisture than MgO, in humid ambient MgO is chemically unstable. It reacts very easily with moisture in the air. In this study, the characteristic of MgAl₂O₄ and MgAl₂O₄/MgO layers as dielectric protection layers for AC-PDP (Plasma Display Panel) have been investigated and analysed in comparison for conventional MgO layers. MgO and MgAl₂O₄ films both with a thickness of 1000 Å and MgAl₂O₄/MgO film with a thickness of 200/800 Å were grown on the Cu substrates using the electron beam evaporation. 1000 Å thick aluminium layers were deposited on the protective layers in order to avoid the charging effect of Ga⁺ ion beam while the focused ion beam(FIB) is being used. We obtained sputtering yields for the MgO, MgAl₂O₄ and MgAl₂O₄/MgO films using the FIB system. MgAl₂O₄/MgO protective layers have been found to show 24 ~ 30% lower sputtering yield values from 0.244 up to 0.357 than MgO layers with the values from 0.364 up to 0.449 for irradiated Ga⁺ ion beam with energies ranged from 10 kV to 14 kV. And MgAl₂O₄ layers have been found to show lowest sputtering yield values from 0.88 up to 0.109. Secondary electron emission coefficient(γ) using the γ -FIB. MgAl₂O₄/MgO and MgO have been found to have similar γ values from 0.09 up to 0.12 for indicated Ne⁺ ion with energies ranged from 50 V to 200 V. Observed images for the surfaces of MgO and MgAl₂O₄/MgO protective layers, after discharge degradation process for 72 hours by SEM and AFM. It is found that MgAl₂O₄/MgO protective layer has superior hardness and degradation resistance properties to MgO protective layer

Keywords : MgO protective layer, MgAl₂O₄/MgO protective layer, Focused ion beam(FIB), γ -FIB, Sputtering yield, Secondary electron emission coefficient

* [E-mail] sokang@daisy.kwangwoon.ac.kr