

## 기술특집

# PDP셀 MgO 보호막의 이온유도 2차전자 방출특성 및 이의 방전특성

최은하 (광운대학교 PDP 연구센터)

## I. 서론

AC-PDP에서 투명전극 및 버스전극을 덮고있는 유전체의 안정한 보호막 역할로써 MgO를 널리 사용하고 있다<sup>[1,2]</sup>. MgO 보호막은 AC-PDP의 유전층을 이온에 의한 스퍼터링으로부터 보호함으로써 PDP의 수명을 유지할뿐만 아니라 방전개시전압의 저하 및 메모리 또는 기억특성<sup>[3]</sup>에 기여하는 중요한 역할을 한다. AC-PDP에서의 기억특성은 MgO 보호막위에 쌓이는 벽전하 때문에 방전공간에 형성되는 벽전압에 기인한다<sup>[3]</sup>. 이와 같은 특성들을 만족하기 위해서는 적절한 MgO 보호막의 성막기술과 최적조건을 찾는 것이 중요하다.

실제 AC-PDP에서는 구동회로의 전력소모를 줄이기 위해 낮은 방전개시전압이 요구된다. 방전개시전압은 사용된 기체의 종류와 조성비, 전극(cathode)물질에 따라 달라진다. 이온화율이라고 불리는 타운젠트(Townsend) 계수는 방전공간내의 혼합기체조성비와 전극물질의 이차전자방출계수  $\gamma$ 에 의존하며, 방전개시전압  $V_f$ 은 이차전자방출계수  $\gamma$ 와 다음과 같은 관계식이 성립한다.

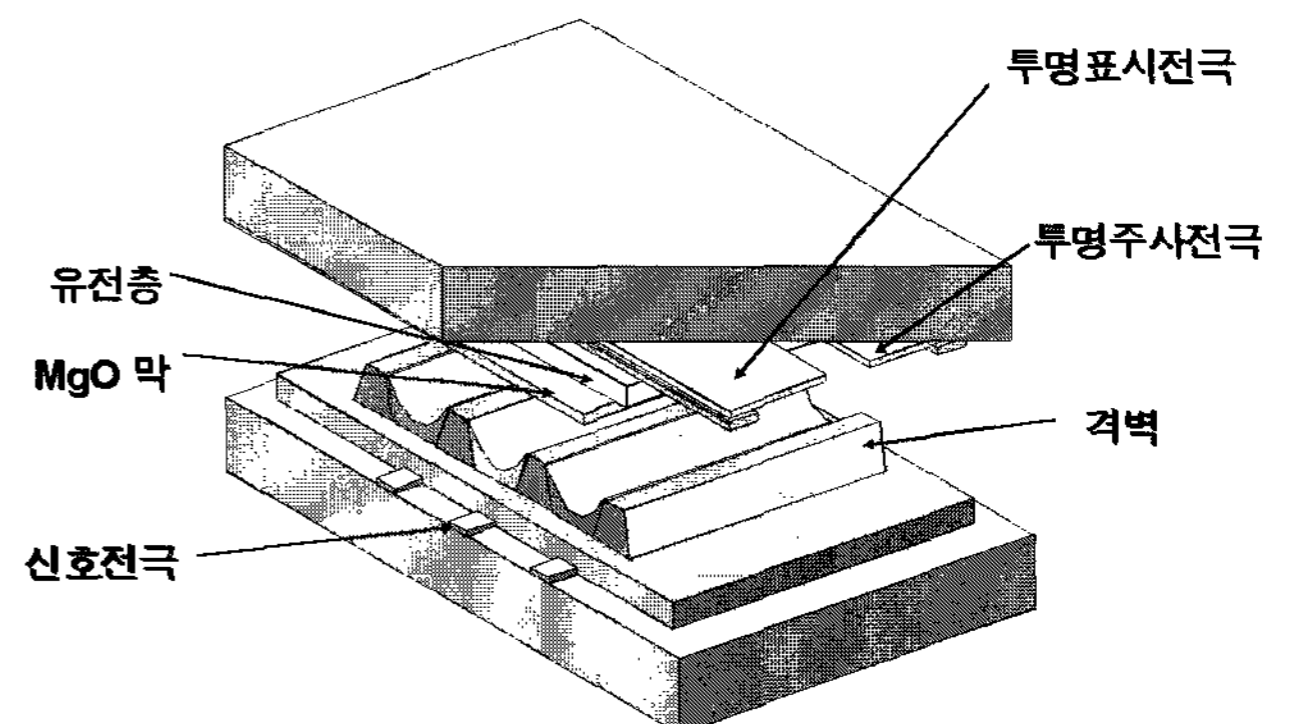
$$V_f = \frac{APd}{\ln\left(\frac{BPd}{\ln\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)}\right)}$$

여기서,  $A$ 와  $B$ 는 기체 종류에 따른 이온화율 및 전극 기하구조에 의해서 결정되는 상수이며,  $Pd$ 는 양극과 음극사이의 간격  $d$ 와 기체압력  $P$ 와의 곱으로 정의되는 파센(Paschen) 변수이다. 위 식에 의해 MgO 보호막의 이차전자방출계수  $\gamma$ 가 클 경우, 방전개시전압이 낮아진다는 것을 알 수 있다. 위에서 살펴본 것과 같이, MgO 보호막의 이차전자방출계수는 MgO 보호막의 표면성질, 일함수, 혼합기체 조성비 등에 의해 달라지게 된다. 따라서, MgO 보호막의 이차전자방출계수 및 내스퍼터링 특성을 좋게 할 수 있는 제조방법과 적절한 혼합기체의 혼합비율을 찾는일, 그리고 특히 이들의 이차전자방출계수를 효율적으로 측정, 평가하는 일이 중요하다. 이번 호에서는 AC-PDP에 사용되어지는

MgO 보호막의 성막기술과 이들의 전기적 특성평가 기술에 대해 알아본다.

## II. AC-PDP의 구조

MgO 보호막의 역할을 알아보기 위해 우선 AC-PDP의 평판 구조에 대해서 다시 한번 살펴보기로 한다. 면방전형 AC-PDP의 구조는 [그림 1]과 같이 나타낼 수 있다. 평판은 크게 상판과 하판으로 구성되어있다. 전극은 상판에 표시(sustain/display : X)전극과 주사(scan : Y)전극이 나란히 위치하고, 하판에는 신호(address)전극을 상판의 두 전극과 90° 교차하여 배치하며, 형광막은 반사형으로 채용하고 있다. 우선 하판에 신호전극을 설치하고, 그 위에 유전층을 도포한다. 그리고 방전셀을 구분하고, 상하판의 사이의 공간을 확보하기 위하여 높이 130  $\mu\text{m}$  정도의 격벽(barrier rib)을 설치한 다음 형광체를 격벽과 신호 전극을 덮고 있는 유전체위에 도포한다. 격벽을 따라서 도포된 빨강(R), 녹색(G), 파랑(B)에 해당하는 세 개의 골이 하나의 화소를 이룬다. 한편 상판에는 방전유지를 위한 X전극과 Y전극이 투과도를 고려하여 ITO(Indium Tin Oxide)로 형성되고, 전극의 가장자리에는 ITO의 높은 저항을 보상하기 위하여 Ag, 혹은 Cr-Cu-Cr의 버스전극을 형성한다. 방전셀의 방전



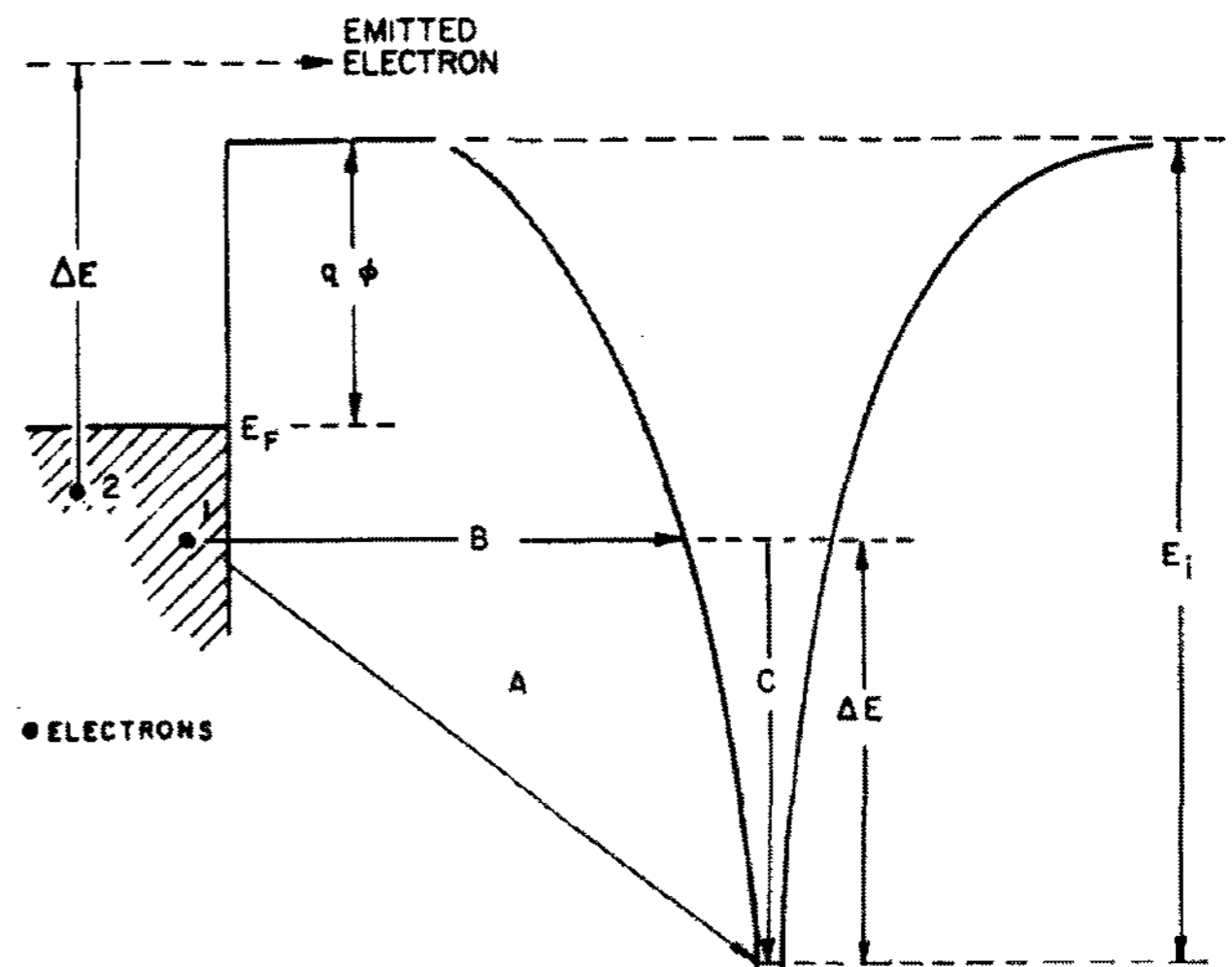
[그림 1] AC PDP의 구조.

전류를 제한하기 위하여 투명전극 및 버스전극위에 PbO 계열의 유전층을 도포함으로써 용량성 저항을 형성하며, 그 표면에 MgO 보호막을 증착한다. 이 유전층 형성으로 인하여 AC-PDP의 주요 특징중의 하나인 기억특성이 나타난다<sup>[3]</sup>. MgO 보호막은 PbO 유전층을 이온의 스퍼터링으로부터 보호하여 주며, 또한 방전시 낮은 에너지의 이온이 표면에 부딪혔을 때 비교적 높은 이차전자방출계수의 특성을 가져 방전 플라즈마의 구동 및 유지전압을 낮추어주는 중요한 구실을 한다<sup>[4,5]</sup>. PDP의 상판과 하판 사이는 방전기체가 300~400 Torr 정도로 채워진다. 방전기체는 주로 페닝(Penning) 혼합기체를 사용하는데, 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 또는 이들의 혼합기체로 바탕기체(buffer gas)를 형성하고, 형광체를 발광시키는 진공자외선의 샘(source)으로써 소량의 제논(Xe) 기체를 섞어 사용한다.

### III. MgO 보호막의 조건

MgO 보호막은 이온 스퍼터링에 의한 유전체의 손상을 막을 수 있어야 한다. 방전시 유전체의 손상은 PDP의 수명과 직결되는 중요한 문제이므로 장시간 방전에도 손상되지 않는 우수한 내스퍼터링 특성이 필요하다. 또한 MgO 보호막은 상판에 위치하기 때문에 빛투과율이 좋아야 한다. 또한 PDP 방전셀의 방전개시전압을 낮추주기 위해 MgO 보호막의 이차전자방출계수는 높은 특성을 가져야 한다.

이차전자방출에 관한 개념 및 방전개시전압과의 관계는 다음과 같다. MgO 표면에 접근하는 이온, 원자 및 분자는 MgO 표면과 상호작용을 일으켜 다양한 이차입자(secondary particles)를 방출한다. 이 가운데 AC-PDP의 방전개시전압에 큰 영향을 미치는 것은 이온들이 MgO 보호막에 충돌할 때 발생하는 이차전자(secondary electron)이다. MgO 보호막과 같은 시료의 표면에 이온이나 원자가 충돌할 때 일어나는 이차전자방출에는 크게 퍼텐셜(potential) 방출과 운동론(kinetic) 방출의 두 가지가 있다. 퍼텐셜 방출은 MgO 표면에 접근하는 이온에너지가 작을 때(<200 eV) 관계되는 이차전자의 방출이며, 운동론 방출은 MgO 표면에 들어오는 이온 에너지가 높을 때(>200 eV) 관계되는 이차전자의 방출이다. 이와 같이 퍼텐셜 방출과 운동론 방출은 근본적으로 MgO 표면에 충돌하는 입자의 에너지 영역으로 구분한다. AC-PDP에서의 이차전자방출은 MgO 보호막에 충돌하는 이온의 에너지가 작기 때문에<sup>[6]</sup>, 퍼텐셜 방출에 의해서 설명되어질 수 있다. [그림 2]는 퍼텐셜 방출과 관련된 이차전자방출의 오제이 중화이론 모형(Auger neutralization model)을 나타낸 것이다<sup>[4]</sup>. MgO 내부의 전자와 MgO 표면에 접근하는 양이온 사이에 형성되는 전기 퍼텐셜 장벽을 [그림 2]에 나타내었다. MgO 내부에 있는 전자 1이 퍼텐셜 장벽을 터널링하여 MgO 표면에 접근하는 이온의 바닥상태로 옮겨가서 이온을 중화시켰다고 하면, 이때 전자 1의 근처에 있는 전자 2에 전달되는 에너지는  $\Delta E = E_i - \phi_w$  이 된다. 여기서  $E_i$ 는 MgO 표면에 접근하는 이온

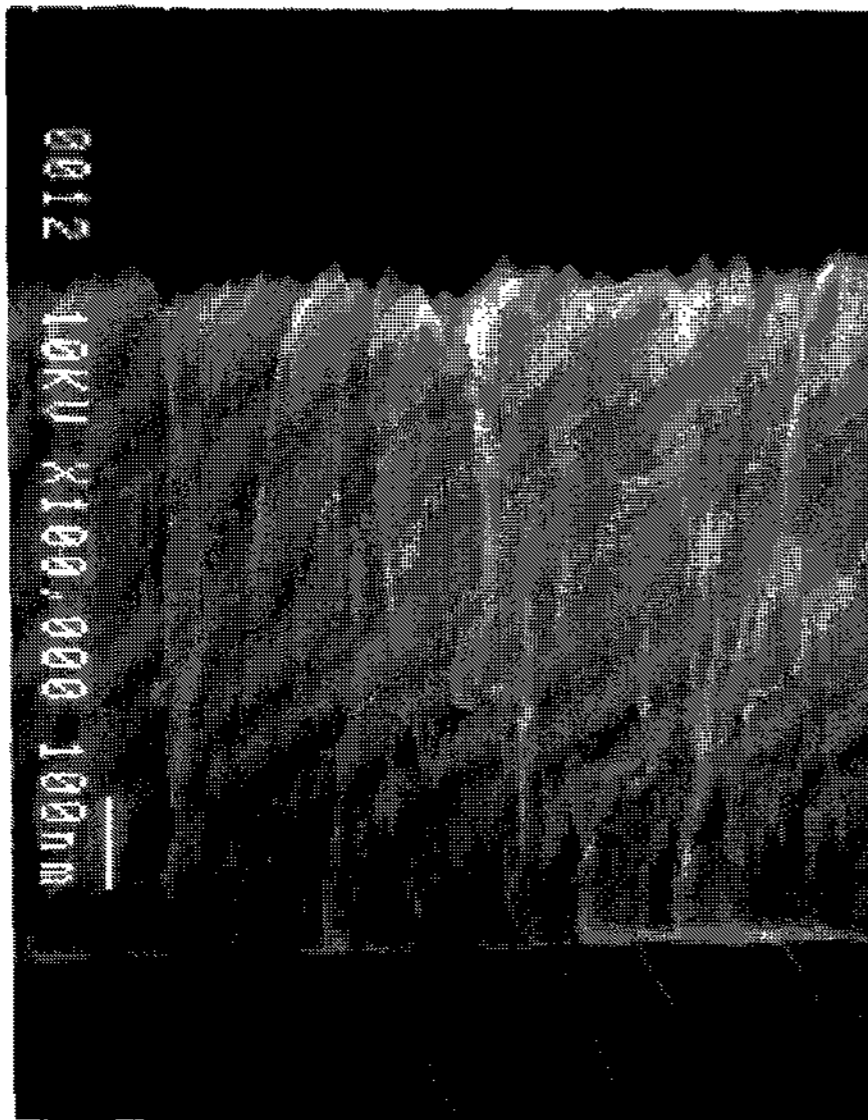


[그림 2] Auger 중화이론

의 이온화에너지이며,  $\phi_w = q\psi$ 는 MgO 시료의 일함수를 나타낸다. 한편 전자 2가 MgO 표면 바깥으로 방출되는 이차전자로 되기 위해서는, [그림 2]에서 보듯이 전자 2로 전달된 에너지  $\Delta E = E_i - \phi_w$ 은 최소한 일함수  $\phi_w$ 보다 커야만 한다. 즉 MgO 표면에서 이온유도 이차전자방출을 가지기 위해서는 MgO 표면에 접근하는 이온의 이온화에너지  $E_i$ 와 MgO 시료의 일함수  $\phi_w$ 는  $\Delta E > \phi_w$ , 또는  $E_i > 2\phi_w$ 의 관계를 필요조건적으로 만족시켜야 한다. 이와 같은 조건이라면 MgO 내부의 전자 2는 MgO 밖으로 튀어나와 이차전자를 형성한다. 터널링은 [그림 2]에서 보여주듯이 두 가지 경우로 일어날 수 있다. 첫 번째는 [그림 2]에서 A의 경로로 전자 1이 터널링하여 MgO 표면에 접근하는 이온이 직접 중화되는 “오제이 중화(Auger neutralization)” 과정이며, 두 번째는 [그림 2]의 B의 경로로 전자 1이 터널링하여 MgO 표면에 접근하는 이온이 들뜬 상태로 중화되는 “껴올림 중화(resonance neutralization)” 과정을 거친다음, 이 들뜬 중성원자가 즉시 C의 경로와 같이 바닥상태로 떨어지는 “오제이 들뜸-없앰(Auger de-excitation)” 과정을 거치는 복합 과정이다. 여기서 이차전자방출계수는 입사되는 이온의 이온화 에너지와 관계가 있음을 알 수 있다. 또한 퍼텐셜 방출이 일어나기 위한 상호 작용은 MgO의 표면에서만 일어난다.

### IV. MgO 보호막의 성막 방법

AC-PDP에 사용되어지는 MgO 보호막은 전극과 유전체 위에 3000~5000 Å 정도로 증착한다. 이는 후막 처리법에 의해 제조할 수 있는 PDP의 유전층(~30 μm)에 비해 얇은 두께이며, 따라서 MgO 보호막은 박막 제조법으로 제작한다. 현재 AC-PDP용 MgO 보호막은 전자빔에 의한 진공증착법, 스퍼터링에 의한 방법, ion plating법, 액상으로 제작하는 방법 등이 사용되고 있다. 전자빔 증착법은 전기장과 자기장으로 가속되어지는 전자빔을 MgO 시료에 충돌시켜



[그림 3] 반응성 스퍼터링법으로 증착한 MgO의 단면

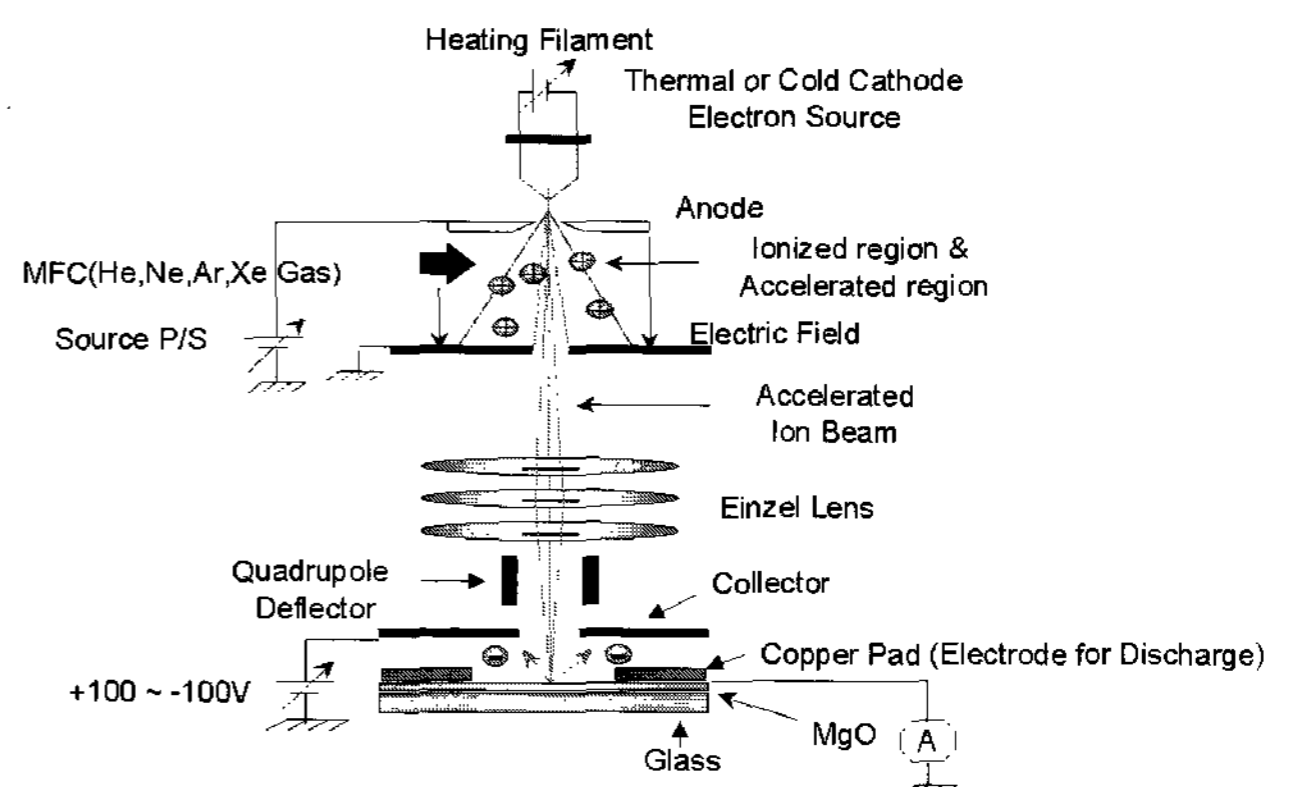
재료를 가열 및 증발시켜 MgO 보호막을 형성시키는 방법이다. 이때 전자빔의 에너지를 재료 표면에 집중시켜 고속증착 및 고순도 증착을 가능하게 한다. 하지만, 전자빔 증착의 경우는 대형기판에 양질의 MgO를 균일하게 도포해야 하는 어려움과 비교적 고진공을 요하는 관계로 생산공정상의 가격이 비싸다는 문제점을 가지고 있다. [그림 3]은 반응성 스퍼터링증착법으로 제작한 MgO 보호막의 SEM 사진이다. 스퍼터링법으로 제작하는 경우 전자빔 증착법에 비해 MgO 보호막이 치밀하며, 결정배향에 유리한 특성을 지닌다<sup>[7]</sup>. 하지만 제작공정 가격이 비싼 문제점을 가지고 있다. 이온플레이팅에 의한 방법은 증발되는 입자를 이온화하여 성막을 시킨다는 특징이 있다<sup>[8]</sup>. 이온 플레이팅으로 MgO를 성막하는 경우에 막의 밀착성과 결정성에 대한 특성은 스퍼터링법과 비슷한 특성을 갖는다. 그러나 고속 증착(8nm/s)의 특성을 가지고 있는 장점이 있다. 이 밖에도 액상으로 MgO 보호막을 제작하는 솔-겔(sol-gel)법 등이 있으며, 소수의 국내의 관련회사는 이에 관한 연구개발을 수행하고 있다.

## V. MgO 보호막의 평가기술

제작된 MgO 보호막의 평가는 더 나은 MgO 보호막의 제작 방법과 제작 조건을 찾기 위한 매우 중요한 요소이다. 최근 V-FIB(V-focused ion beam) 장치를 이용하여 신뢰성 있는 이차전자방출계수를 측정하고 있다<sup>[9-11]</sup>. V-FIB 장치는 실제 PDP에 사용되어지는 것과 유사한 저에너지 영역에서 신뢰성 있는 이차전자방출계수를 효율적으로 측정할 수 있으며, MgO와 같은 절연체의 이차전자 방출계수를 측정할 때 나타나는 전하축적(charge accumulation) 문제를 원천적으로 해결한 장치이다<sup>[9]</sup>. 최근 PDP 연구개발이 전세계적으로 활발해지면서 국내관련회사는 물론이고, 일본과 미국 관련업체의 PDP 평판 샘플의 이차전자방출계수 측정 및 특성평가에 큰 도움을 주고 있다.

## 1. V-FIB 장치

[그림 4]는 V-FIB 장치의 개략도이다. V-FIB 장치는 이온발생샘과 시료대가 장착되어 있는 진공용기와 오일확산 펌프와 역확산펌프로 구성되어 있는 진공펌프, 기체를 주입하는 MFC(Mass Flow Controller)와 기체 주입부, 그리고 전기적인 장치들을 컴퓨터로 제어하는 제어부로 되어 있다. [그림 4]의 V-FIB 장치의 개략도를 보면 가장 위쪽에 열전자 방출에 쓰이는 텅스텐 필라멘트가 있다. 텅스텐 필라멘트는 세라믹홀더에 용접하여 고정시키고, 2~3A 정도의 전류를 흘려준다. 이때 발생하는 열전자들은 MFC를 통해 주입되는 기체와 충돌하여 양이온을 만들고, 양극(anode)에 가해지는 가속전압에 의해 양이온은 시료대쪽으로 가속되어 내려온다. MFC를 통해 주입되는 기체는 실험의 특성에 맞춰 He, Ne, Ar, Xe 등과 같은 불활성 기체들의 단일기체, 혹은 이들의 혼합기체를 사용한다. 기체 주입 전 기초진공은  $5 \times 10^{-5}$  Torr 이하가 되도록 하였으며, 기체 주입시에는  $1 \times 10^{-4}$  Torr 정도의 진공도가 유지되도록 하였다. 가속된 이온들은 직경 500  $\mu\text{m}$ 의 몰리브텐 구멍(aperture) 및 3개의 전극으로 이루어진 정전 아인젤(Einzel) 렌즈에 의해 집중되어 시료의 표면에 도착하며, 이때 집속도를 최적화하기 위해 렌즈에 가해주는 전압은 가속전압의 50% 정도로 가해준다. 이때 빔의 직경은 칼끝(knife-edge) 방법으로 측정된 결과 80  $\mu\text{m}$  정도가 된다. MgO 시료의 표면에 부딪힌 이온빔은 시료의 표면으로부터 이차전자를 발생시킨다. 이때 시료대 위쪽에 설치되어 있는 컬렉터(collector)에  $-40\text{V} \sim +40\text{V}$  정도의 전압을 순차적으로 가해준다. 먼저 컬렉터에 (-)전압이 가해지는 동안에는 전기장이 시료표면에서 컬렉터 방향으로 형성되므로, 시료표면에서 발생된 이차전자는 MgO 시료의 표면으로 되돌아가게 된다. 따라서 이때 측정되는 전류는 이온빔에 의해서만 형성된 순수한 이온 전류( $I_i$ )만 흐르게 된다. collector의 전압이 (+)로 바뀌게 되면 전기장이 시료에서 컬렉터의 방향으로 형성되므로, 시료의 표면으로부터 발생하는 이차전자들은 collector 쪽으로 끌려 들어가게 되고 시료의 표면에서는 이온에 의한 이온전류( $I_i$ )와 이차전자에 의한 전자전류( $I_e$ )가 합해진 전체전류( $I_T$ )가 흐르게 된다. 실험적으로 측정 가능한 이온전류와 전

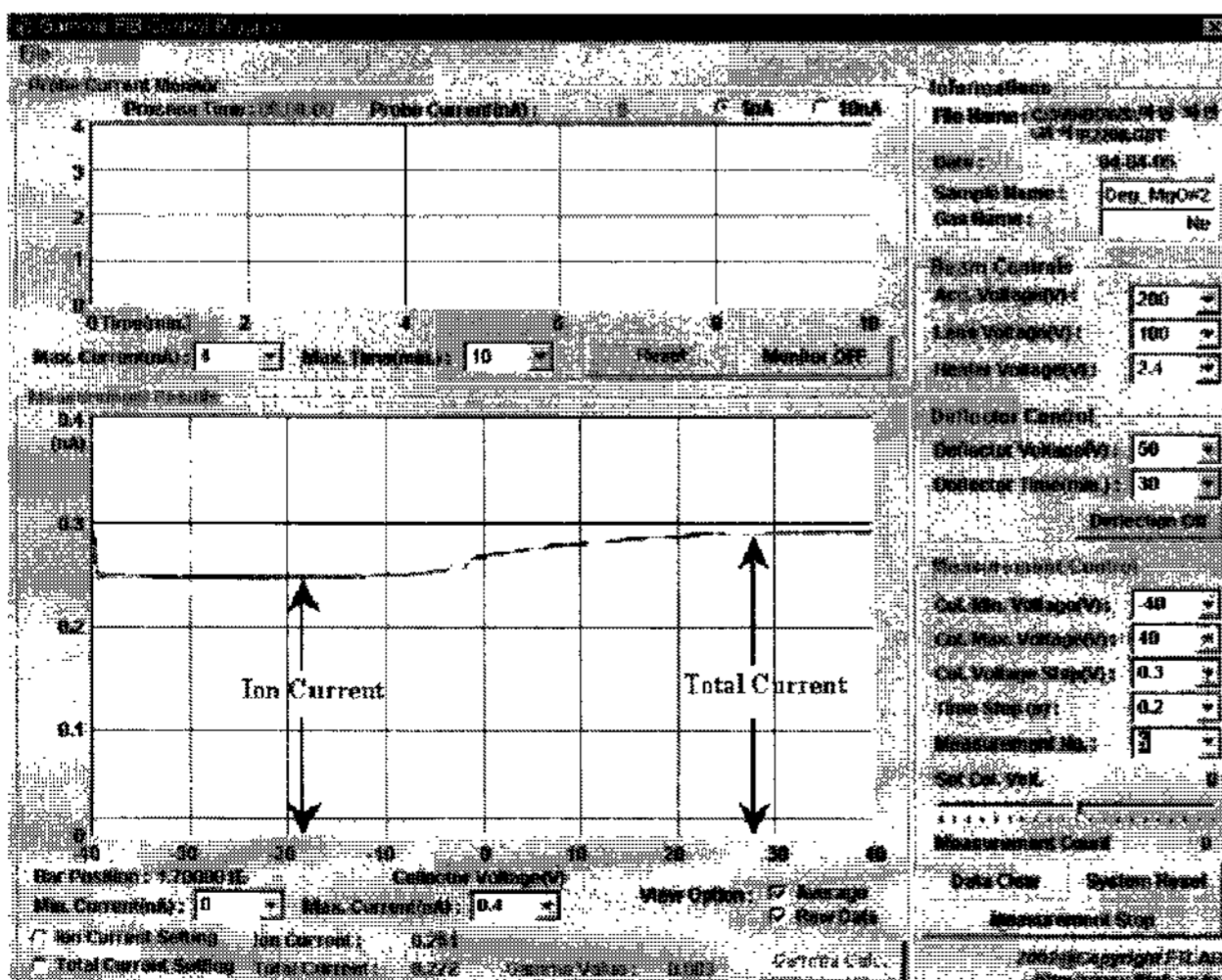


[그림 4] V-FIB 장치의 개략도

체전류와의 차가 이차전자에 의한 전류가 되고 이차전자방출계수를 결정하는 수식에 의해, 실험적인 이차전자방출계수  $\gamma$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

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

V-FIB 장치는 MgO 보호막의 이차전자방출계수를 측정할 때 발생하는 전하축적현상을 해결하기 위해 MgO 보호막 위에 구멍 뚫린 구리패드를 밀착시켜 설치한다. 시료의 위쪽에는 구리로 제작된 15 mm×15 mm 정도의 정사각형 모양의 구멍이 뚫려 있는 구리패드가 씌워져 있고 이 사이로 이온빔이 주사된다. 전류는 구리패드를 통하여 측정한다. 시료가 금속일 경우 시료표면에서는 이차전자가 방출되어도 시료와 구리패드가 전기적으로 연결되어 있으므로 전하축적 문제는 발생하지 않는다. 한편 MgO의 표면에 이온빔이 도달하게 되면, MgO 위의 집속이온빔과 접지된 구리패드 사이에는 강력한 전기장이 형성되어, MgO 표면위의 이온은 구리패드 쪽으로 이동하게 된다<sup>[9]</sup>. 이와 같은 방법으로 결국 MgO 보호막에 쌓이는 전하축적문제를 해결할 수 있다. 또한 V-FIB 장치는 시료의 위쪽에 4극의 편향기를 이용하여 30 V 정도의 전압을 가해 이온빔을 여러 방향에서 20분 이상 편향시킴으로써(scanning) 시료의 표면에 쌓여있는 불순물들을 제거할 수 있으며, 아울러 전하축적문제를 자동적으로 해결할 수 있는 장점이 있다. 또한 전류도 시료 위쪽에 설치되어 있는 구리덮개를 사용하여 측정하므로 시료의 표면에서 일어나는 전류효과를 직접 측정할 수 있다. 시료대는 X, Y 방향으로 설치된 이동 조절대(motion feed-through)를 이용하여 4개의 시료의 위치를 바꿔가며 측정할 수 있도록 하였다. [그림 5]는 이차전자방출계수 측정에 사용되는 컴퓨터 인터페이스 화면이다. V-FIB 장치는 정확한 실험결과와 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해 측정과정을 전산 제어할 수 있도록 설계되었다. [그림 5]의 좌측 상단의 그래프는 이온전류와 전체전류를 컬렉터 전압에 따라 측정한 결과이다. 컬렉터 전압은 -40 V~+40 V까지 100개의 전류 데이

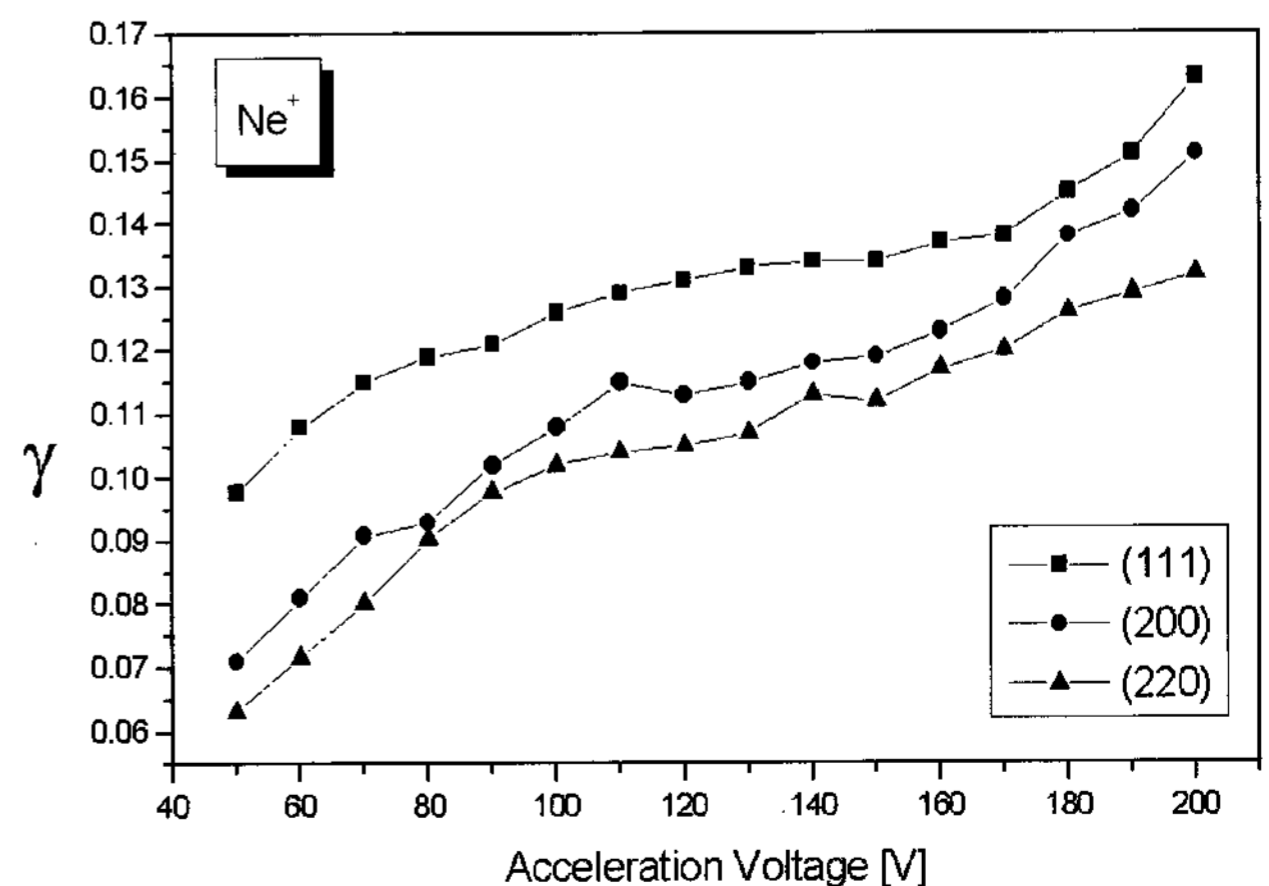


[그림 5] 이차전자방출계수 측정을 위한 컴퓨터 인터페이스

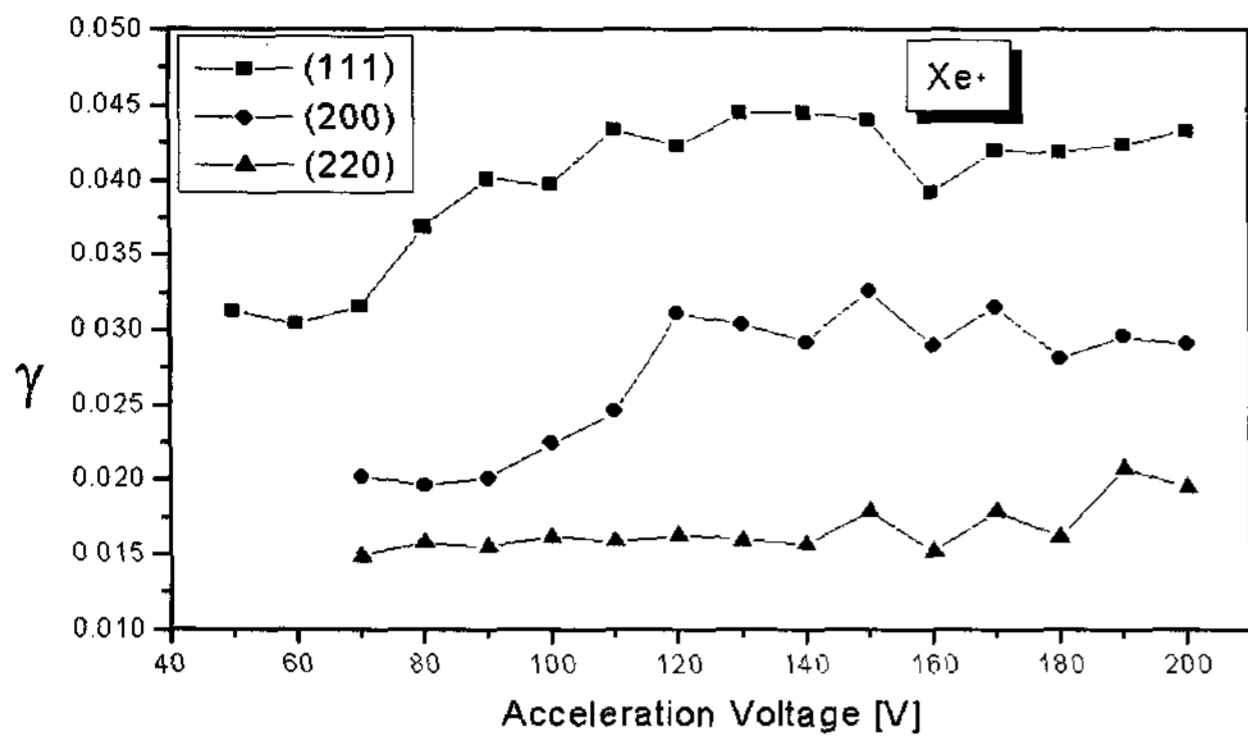
터를 측정하여 기록하였고, 실험결과의 재현성을 위해 같은 실험을 5회 반복하였다. [그림 5]의 좌측하단은 이와 같은 5회 반복 실험결과의 평균값이다. 그림의 우측상단은 스캐닝(scanning)시에 전류의 연속적인 변화를 보여 주는 부분이고, 그 아래는 측정 시료의 정보를 입력해 주는 부분이다. 우측 하단에 보이는 부분은 편향기(deflector)에 가해주는 전압제어와 작동, 컬렉터의 전압제어와 작동, 그리고 실험장치의 작동과 조건변경 등을 해줄 수 있는 제어부이고, 실험결과는 인터페이스 화면상의 평균값 그래프를 그대로 이용하여 계산할 수 있도록 설계되었다.

## 2. MgO 보호막 및 단결정의 결정방향에 따른 이차전자방출계수 특성

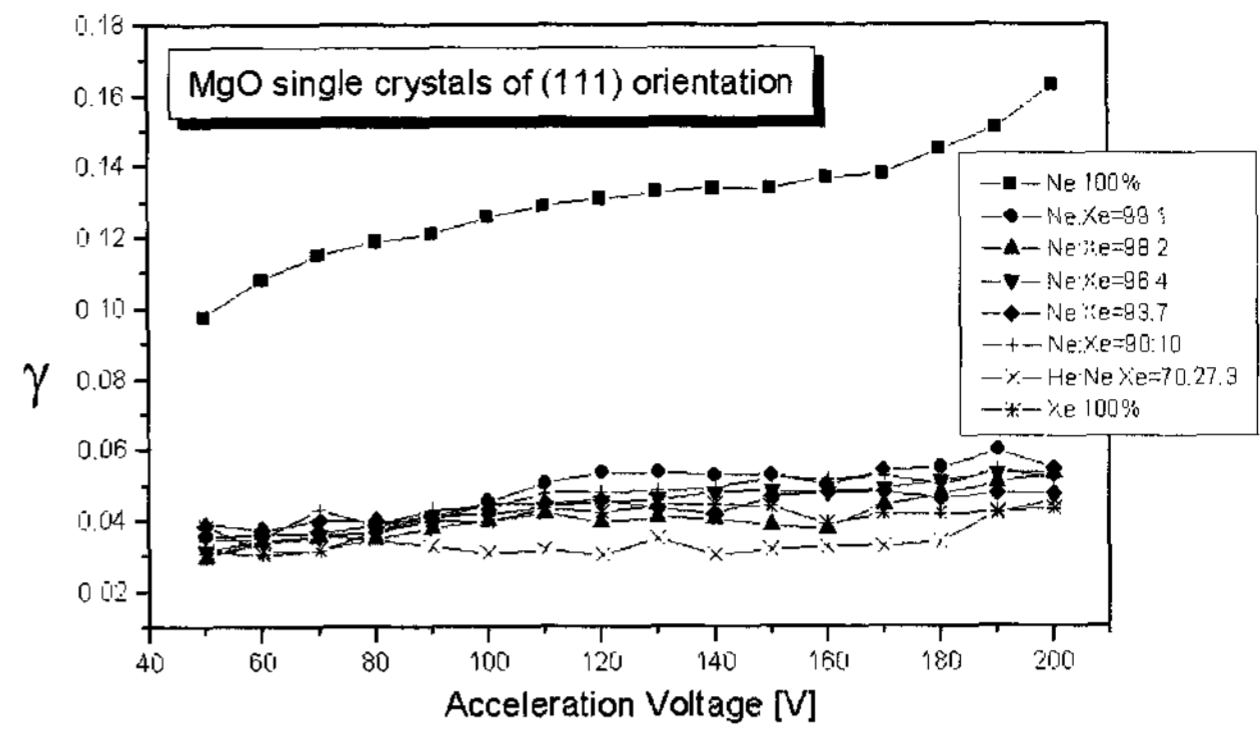
PDP에 사용되는 MgO 보호막은 제조 방법에 따라 몇가지의 결정방향을 갖게 된다. 이차전자방출계수 특성이 가장 우수한 이들 결정방향을 찾는 것은 제조 공정시에 반드시 필요한 정보라고 할 수 있다. 따라서 V-FIB 장치를 이용하여 각각 (111), (200), 그리고 (220) 방향으로 배향된 MgO 보호막의 이차전자방출계수를 측정하여 보았다<sup>[10]</sup>. [그림 6]은 Ne 단일이온을 사용하였을 때, (111), (200), 그리고 (220)의 결정성을 가진 MgO 보호막의 이차전자방출계수 특성을 보여준다. 이때의 Ne 이온 에너지는 50 eV~200 eV로 변화시켰다. [그림 6]에서 보듯이, (111) 방향의 MgO 보호막의 경우가 위의 에너지 범위에서 0.09~0.16의 가장 큰 이차전자방출계수를 보였으며, (220) 방향의 MgO 보호막은 0.06~0.13의 가장 낮은 이차전자방출계수를 보임을 알 수 있다. [그림 7]은 같은 MgO 보호막을 Xe 기체를 사용하여 이차전자방출계수를 측정한 결과이다. Ne 단일기체를 사용했을 경우와 마찬가지로 MgO 보호막(111)의 경우, 같은 이온 에너지 범위에서 0.03~0.04의 가장 큰 이차전자방출계수를 보이고, MgO 보호막(220)의 경우 0.01~0.02의 가장 낮은 이차전자방출계수를 보인다. MgO 단결정의 결정방향에 따른 이차전자방출계수의 특성은 MgO 보호막과 유사한 특성을 지닌다<sup>[9-11]</sup>.



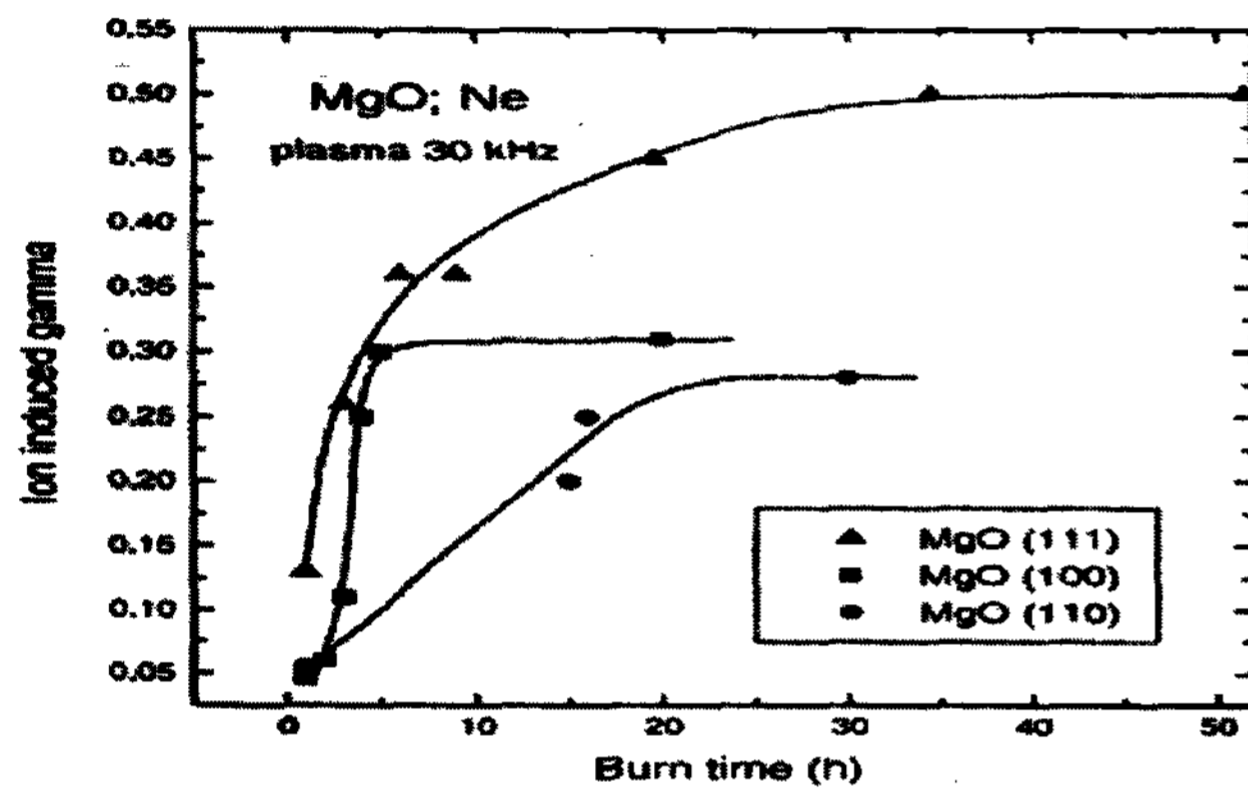
[그림 6] Ne 이온의 가속전압에 대한 각각의 결정방향에서의 MgO 보호막의 이차전자방출계수



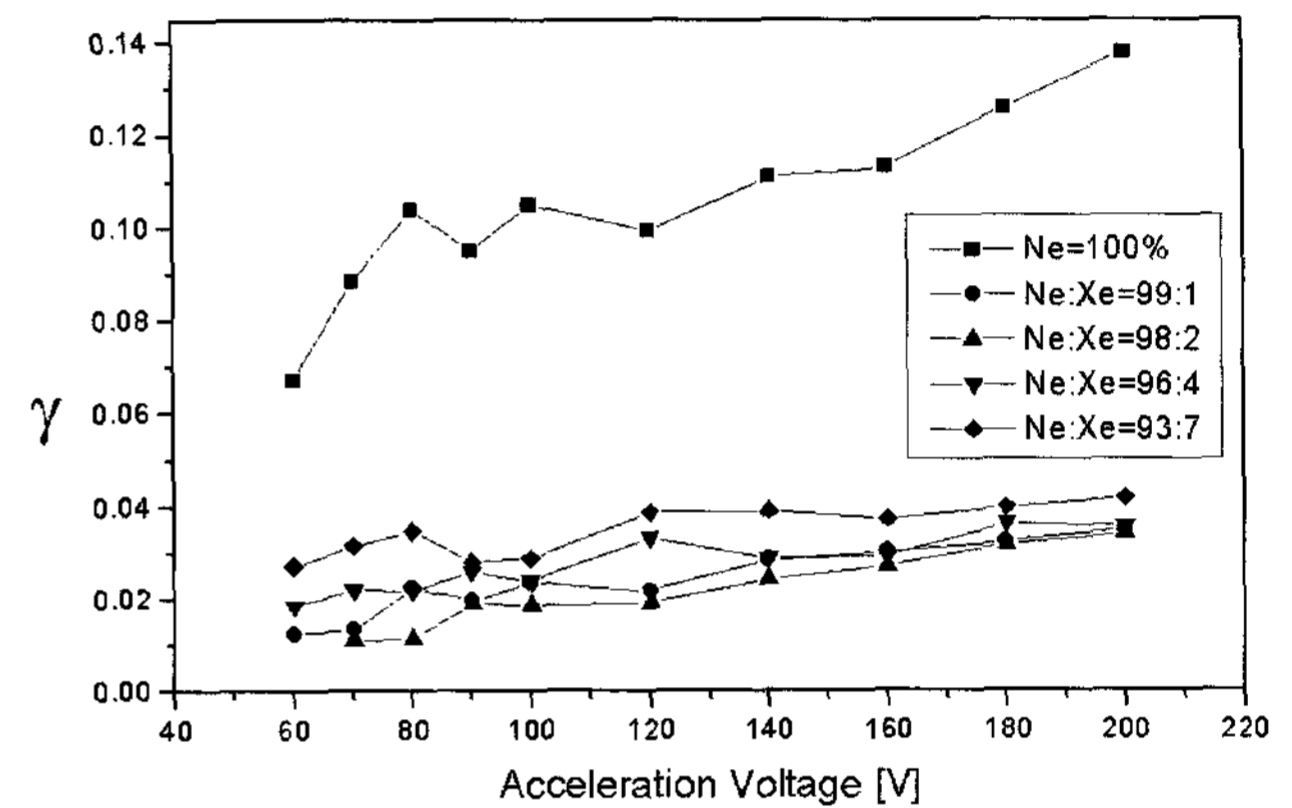
[그림 7] Xe 이온의 가속전압에 대한 각각의 결정방향에서의 MgO 보호막의 이차전자방출계수



[그림 9] (111) 방향 MgO 보호막의 가속전압에 따른 Ne, Xe 혼합기체의 이차전자방출계수



[그림 8] 다른 격자구조를 가진 MgO 단결정의 방전시간에 따른 이차전자방출계수의 변화<sup>[15]</sup>



[그림 10] AC-PDP 전면판 MgO 보호막의 가속전압에 따른 Ne, Xe 혼합기체의 이차전자방출계수

또 [그림 8]에 따르면 이온을 직접 MgO 보호막에 주사하여 이차전자방출의 특성을 측정하는 방법<sup>[12, 13, 14]</sup> 이외의 방전개시전압을 이용한 이차전자방출계수의 측정법<sup>[15, 16]</sup>으로도 그 방출계수의 값의 크기는 다르지만 (111)의 결정방향을 갖는 MgO 보호막의 이차전자방출계수가 높게 측정되었다<sup>[17, 18]</sup>. 이는 MgO 보호막의 결정구조 또한 AC-PDP의 방전특성 및 효율에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. MgO 보호막의 결정구조를 결정짓는 요인으로 증착물질, 증착조건, 증착법 등<sup>[19, 20]</sup>이 있다. 이러한 조건들의 조절을 통하여 MgO 보호막의 결정격자에 대한 특성이 결정되며 따라서 고효율의 PDP로의 개발에 필수적인 조건이 될 것이다. 따라서 최적의 MgO 보호막의 성막법에 대한 기준을 정립하는 것이 중요하다.

### 3. MgO 보호막의 혼합기체의 종류에 따른 이차전자방출계수 특성

실제 PDP 평판에서는 He, Ne, Ar, Xe의 혼합기체가 사용되어지고 있다.

[그림 9]는 MgO(111) 단결정 방향의 가속전압에 따른 Ne, Xe 단일기체 및 Ne에 Xe를 각각 1, 2, 4, 7, 10%를 혼합한 혼합기체, 그리고 실제 PDP에 사용되는 He-Ne-Xe의 삼중 혼합기체의 이차전자방출계수를 측정한 결과가

다<sup>[21]</sup>. [그림 9]에서 볼 수 있는 것처럼 혼합기체에 대한 이차전자방출계수는 Xe의 혼합비율이 작더라도 Ne 단일기체를 사용한 경우보다 크게 작은 값을 보여 Xe 단일기체의 이차전자방출계수 경향과 거의 같은 것을 알 수 있다. 이는 이온화에너지가 작은 Xe이 이온화 에너지가 큰 Ne과 혼합되었을 경우 비록 혼합비율은 Ne에 비해 작다 하더라도, 실제 Xe이 Ne에 비해 훨씬 많이 이온화되기 때문에 나타나는 결과로 분석해 볼 수 있다.

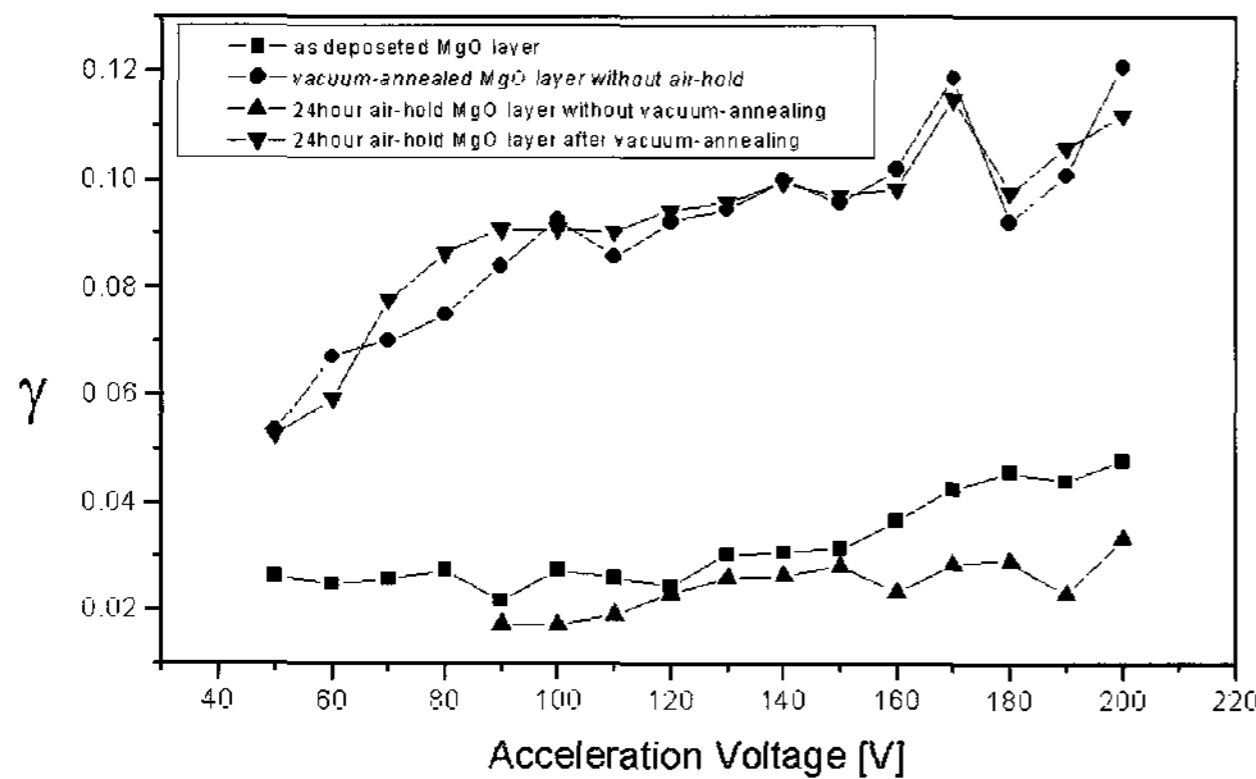
[그림 10]은 실제 PDP 평판의 MgO 보호막에서 측정한 Ne-Xe(1, 2, 4, 7%) 혼합기체비에 따른 이차전자방출계수의 특성을 나타낸다. 이때 이온 에너지는 60 eV~200 eV로 변화시켰다. [그림 10]의 결과처럼 실제 PDP 평판의 MgO 보호막의 이차전자방출계수는 Ne-Xe 혼합기체가 Ne 단일기체 보다 매우 작은 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

### 4. MgO 보호막의 진공열처리에 따른 이차전자방출계수 특성

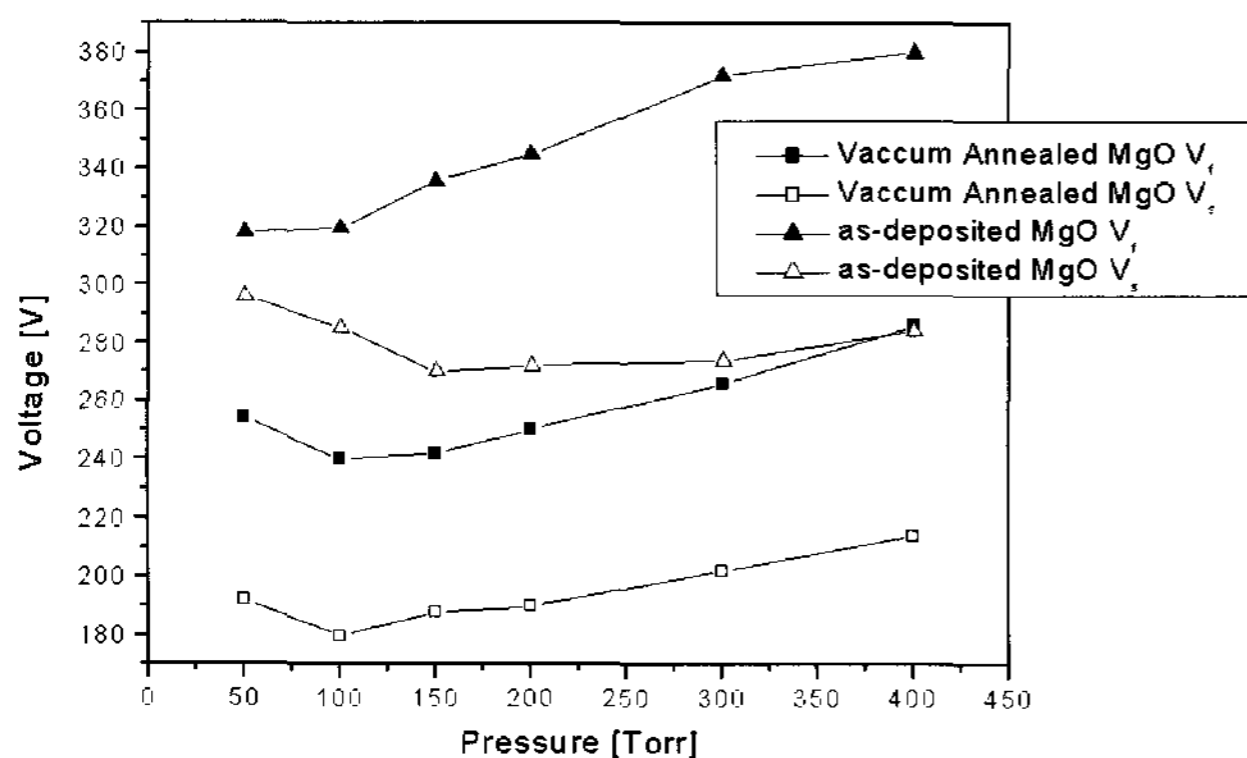
MgO 보호막의 특성을 향상시킬 수 있는 공정으로 열처리가 있다<sup>[22]</sup>. 진공 열처리는 MgO 보호막의 전기광학적 특성을 향상시킨다<sup>[23, 24]</sup> 또한 불순물의 제거<sup>[25]</sup>에도 아주 효과적인 공정이다. CO, CO<sub>2</sub>, OH, H<sub>2</sub>O 등의 불순물은 제거되지 않으면 패널의 방전 시 이온 충격에 의해서나 외부의

온도에 대하여 반응하여 PDP의 수명에 영향을 주게 된다. 친수성 물질인 MgO 보호막은 공기 중에 노출되면 Mg(OH)<sub>2</sub>, Mg(CO)<sub>3</sub> 등의 물질로 결합이 이루어지기 때문에 공정 중에는 상당한 진공상태를 유지해야하고 또한 열처리를 통하여 그 불순물의 제거가 꼭 필요한 물질이다. [그림 11]은 300 °C로 30분간 진공 열처리한 MgO 보호막과 진공 열처리하지 않은 MgO 보호막의 Ne 이온에 대한 이차전자방출계수를 측정, 비교한 결과이다<sup>[26]</sup>. 이때 이온 에너지는 50 eV~200 eV로 변화시켰다. [그림 11]에서 보여지듯이 진공 열처리한 MgO 보호막의 이차전자방출계수는 위의 에너지 범위에서 0.05~0.12로 열처리하지 않은 경우인 0.03~0.06에 비해 더 크게 나타났다. [그림 11]의 삼각형과 역삼각형 그래프는 각각 진공 열처리하지 않은 MgO 보호막과 진공 열처리한 MgO 보호막을 대기중에서 24시간 방치한 후 이차전자방출계수를 측정하여 비교한 것이다.

[그림 11]에서 보여지듯이 진공 열처리한 MgO 보호막을 대기중에서 24시간 방치한 후의 이차전자방출계수는 위의 이온 에너지 범위에서 0.05~0.11의 값을 가지며, 이는 증착후 진공 열처리한 MgO 보호막에 비해서 크게 변화되지 않음을 알 수 있다. 한편 증착후 MgO 보호막을 대기중에서 24시간 방치하면 이차전자방출계수는 위의 에너지 범위에서 0.01~0.03으로 크게 감소한 것을 알 수 있다. 이와 같이 증착직후 진공 열처리한 MgO 보호막의 이차전자방출계수



[그림 11] MgO 보호막의 진공 열처리에 따른 이차전자방출계수의 특성

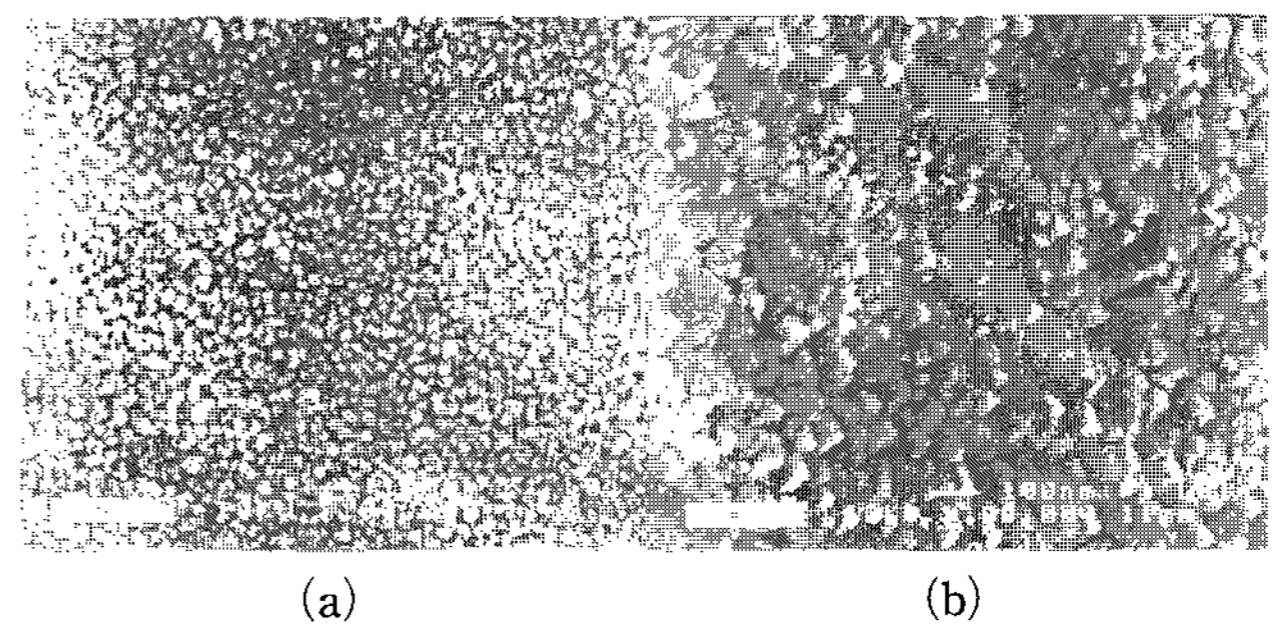


[그림 12] 진공열처리하지 않은 테스트패널과 진공 열처리한 테스트패널의 파센곡선

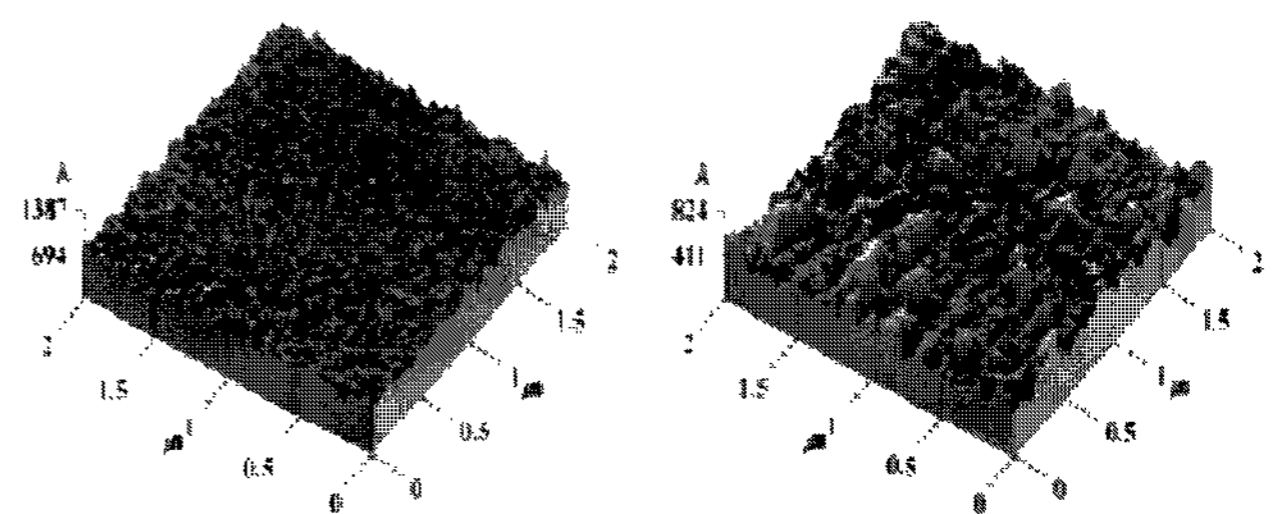
는 진공 열처리하지 않은 경우에 비해서 우수한 특성을 나타내었고, 진공 열처리한 경우에는 대기 중에 방치하더라도 이차전자방출계수는 거의 감소하지 않았다. 또한 [그림 12]에서와 같이 이차전자방출계수가 높아짐에 따라 MgO 보호막을 진공 열처리한 테스트패널의 방전전압이 감소함을 보였다.

이러한 특성을 나타내는 이유는 이차전자방출계수가 박막 표면상태, 형상, 그리고 불순물과 오염물 등에 매우 민감성을 나타내기 때문인데, [그림 13]에 보이는 바와 같이 증착 직후의 MgO표면은 굴곡이 불규칙하고 거친 반면, 진공열처리한 MgO 표면은 굴곡이 거의 없는 완만하고 매끄러운 모습을 보인다.

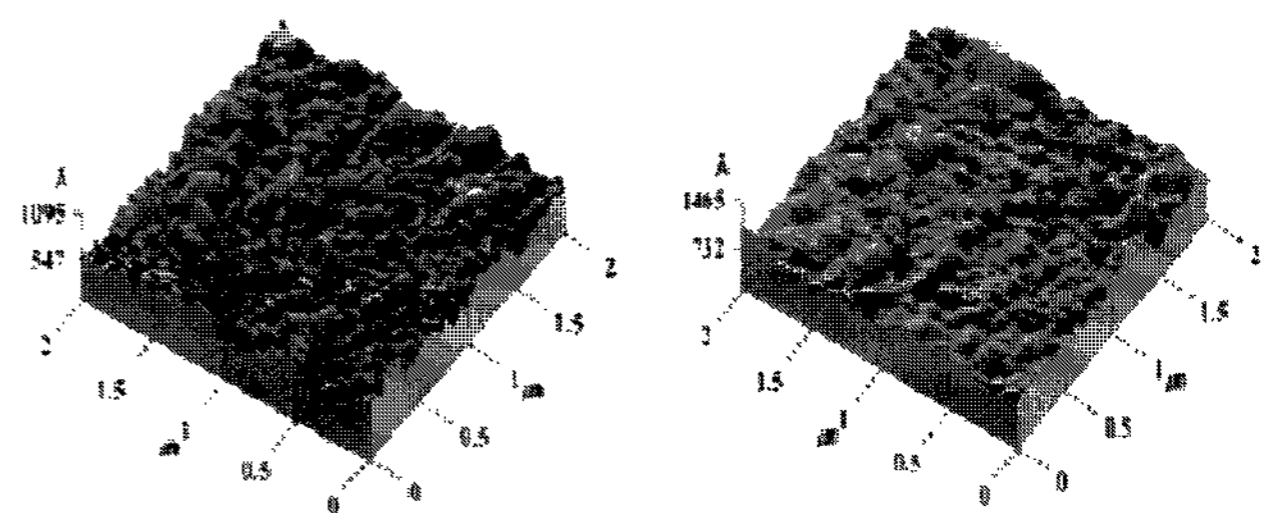
또한, 다른 연구자<sup>[22]</sup>의 연구보고에서도 열처리한 경우 비슷한 표면변화가 있음을 알 수 있다[그림 14]. 일반적으로 MgO 보호막의 표면은 공기중의 수분에 의해 쉽게 파괴되어 대기 중에 장시간 방치할 경우 표면손상이 심한 것으로 알려져 있다<sup>[27]</sup>. 하지만, MgO 보호막을 증착직후 진공 열처리를 할 경우 이러한 손상을 어느 정도 막을 수 있음을 알 수



[그림 13] MgO 보호막의 진공열처리효과. (a) 증착 후 진공 열처리하지 않은 MgO 보호막의 표면사진, (b) 증착 후 진공 열처리한 MgO 보호막의 표면사진



(a) 열처리하지 않은 MgO표면 (b) 300도씨에서 2시간 열처리



(c) 350도씨에서 2시간 열처리 (d) 400도씨에서 2시간 열처리

[그림 14] 열처리온도에 따른 표면변화<sup>[22]</sup>

있다. 또한 열처리에 의해 MgO 보호막의 결정격자가 변화함을 보인다<sup>[22]</sup>. 이는 열처리의 온도와 열처리 시간에 의해 결정되기 때문이다. 하지만 MgO 보호막은 고온에서 표면이 갈라지게 되는 Crack<sup>[2, 22]</sup> 현상이 발생하는데 MgO 보호막 아래의 유전체가 용융점 차이에 의해 고온에서 부드러워지게 됨으로써 그 위에 떠있게 되는 MgO 보호막과 유전체 사이의 점도 차이에 의해 발생한다. 고온 열처리가 불순물의 제거 및 MgO 보호막의 특성 변화를 위해 가급적 고온에서 이루어져야 함에도 불구하고 이러한 문제점 때문에 상용 패널 제작현장에 적용되기가 힘들다. 고효율 PDP의 MgO 보호막을 위해서는 유전체 및 다른 PDP재료의 개선도 병행되어야 하며 열처리 조건에 대한 더 많은 연구보고를 통해서 MgO 보호막의 특성을 최대화 할 수 있는 최적조건이 마련되어야 할 것이다.

### 5. MgO 시료의 이차전자방출계수와 일함수와의 상관 관계 특성

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

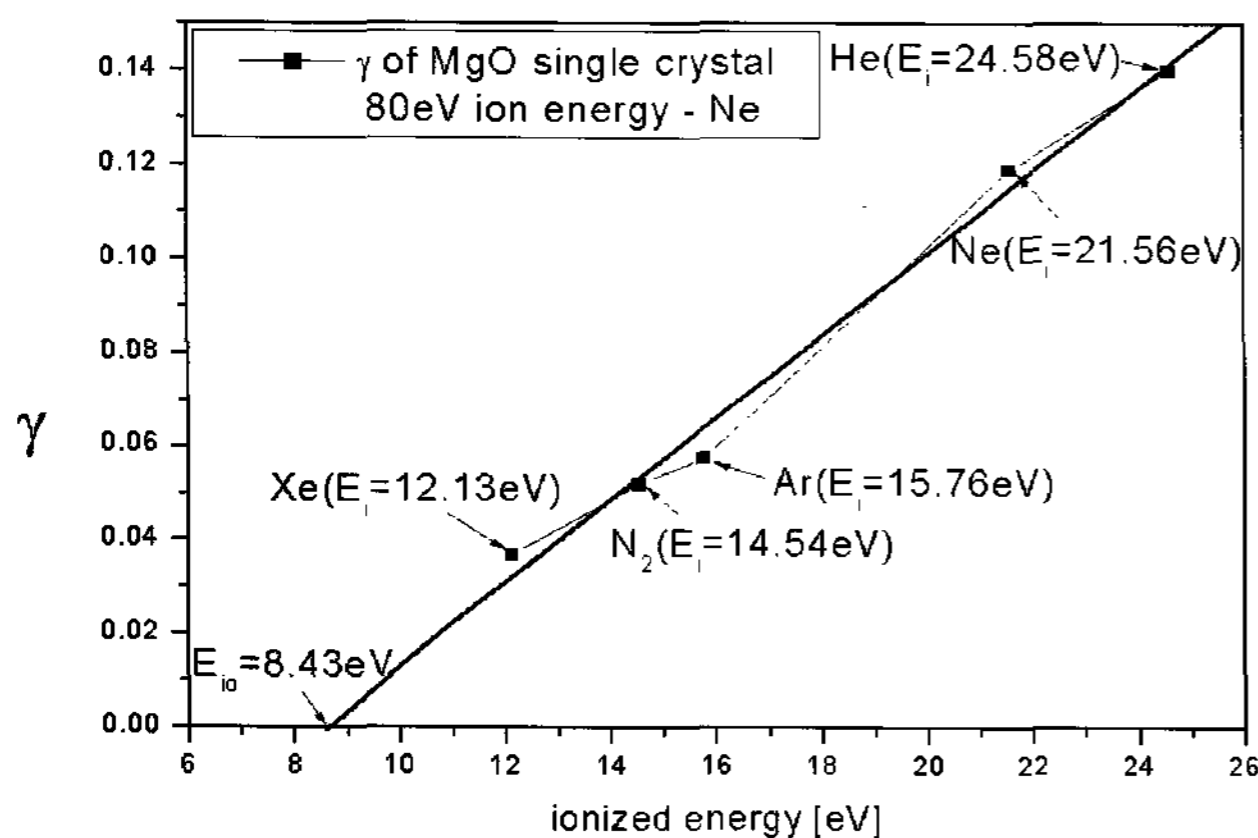
$$E_k^{max} = E_i - 2\phi_w$$

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

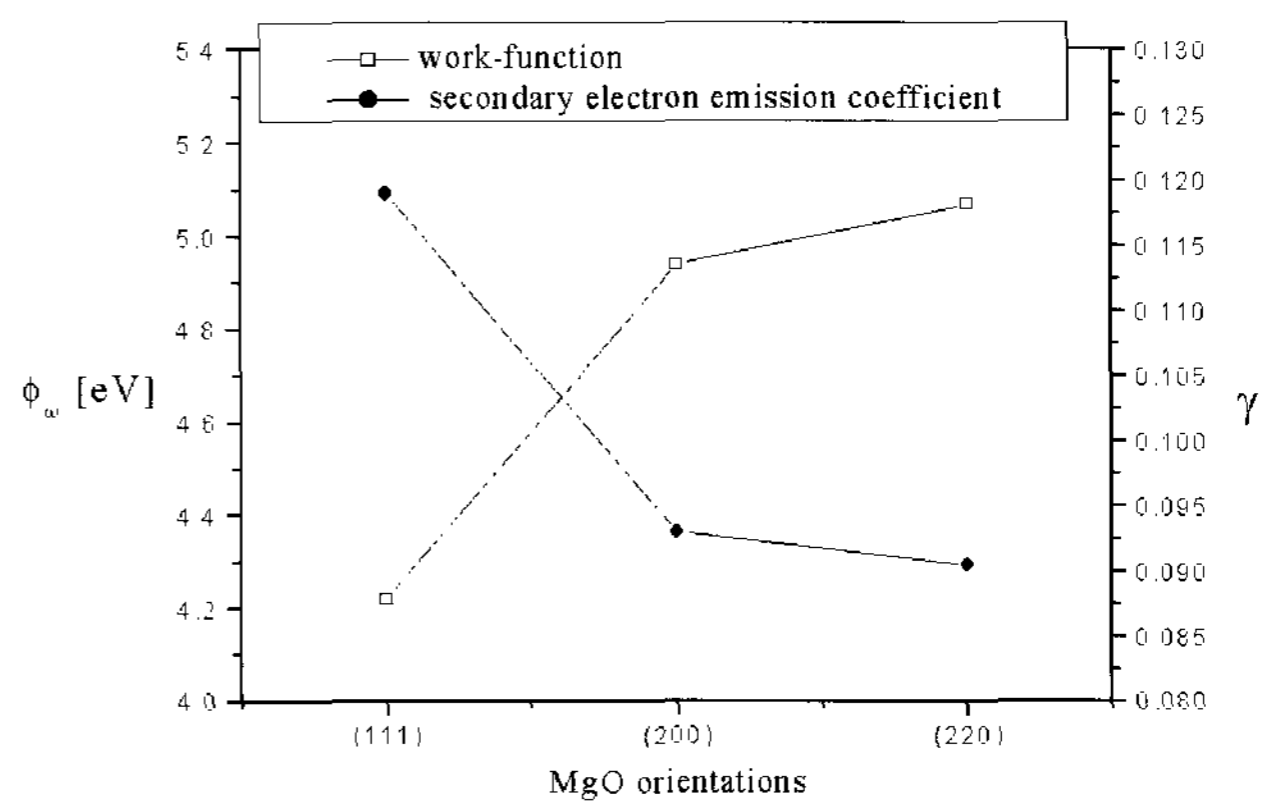
$$\phi_w = (E_i - E_k^{max}) / 2$$

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  $\phi_w$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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



[그림 15] He, Ne, Ar, N2, Xe의 이온화에너지에 따른 이차전자방출계수를 나타낸 선형적인 그래프



[그림 16] 결정격자에 따른 일함수와 이차전자방출계수와의 관계

[표 1] 일함수  $\phi_w$ 와 MgO 보호막의 결정방향에 따른 이차전자 방출계수와 일함수와의 상관관계(이차전자방출계수는 Ne이온에너지 80eV일 때 측정)

	(111)	(200)	(220)
[eV]	4.22	4.94	5.07
$\gamma$	0.119	0.0930	0.0905

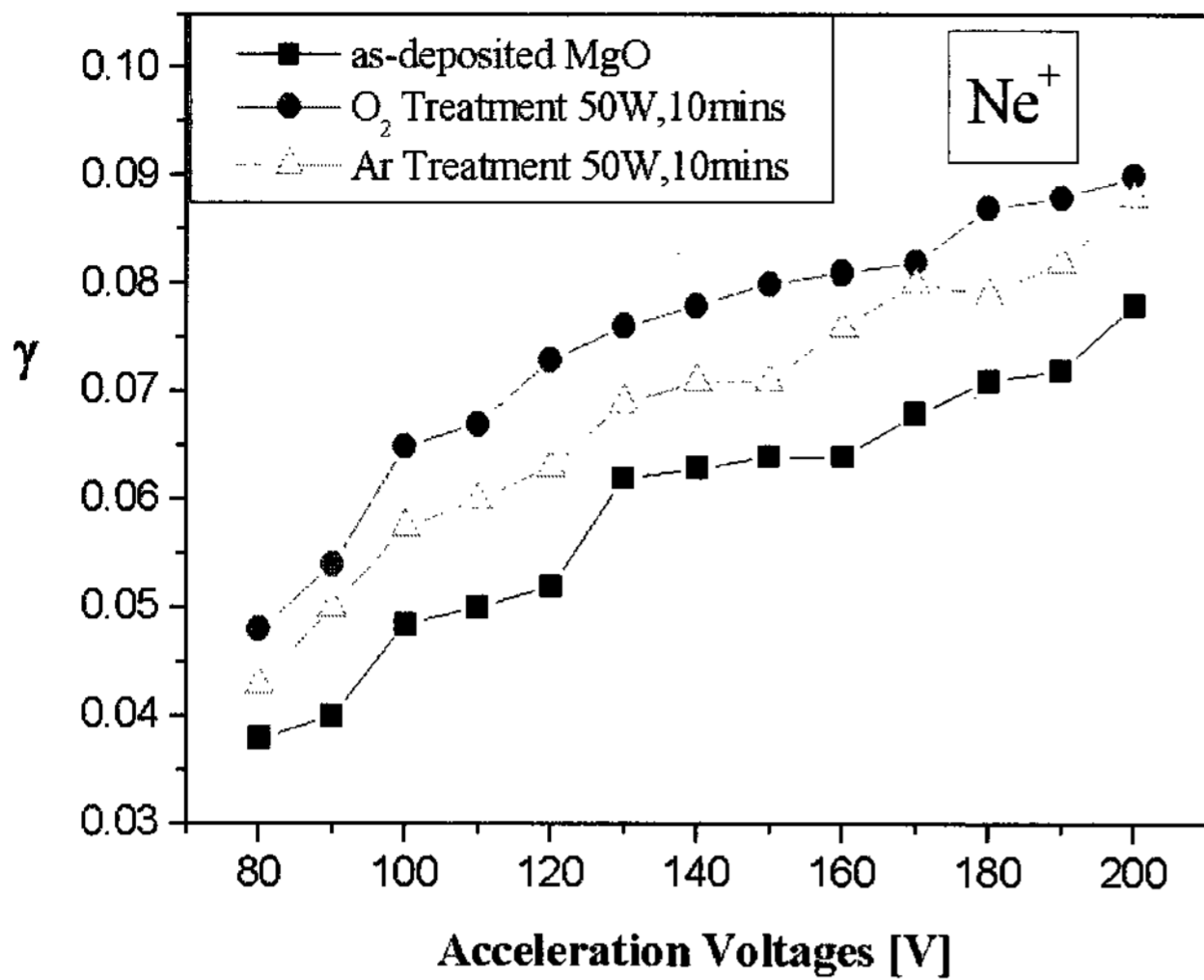
여기서  $E_{i0}$ 는 [그림 15]에서 보는 것과 같이 기체종류에 따른 이온화 에너지(x-축)에 대한 이차전자방출계수(y-축)를 그래프로 나타냈을 때, 이차전자 방출계수의 값이 0이 될 때, 즉 이차전자방출계수를 외삽하여 x축과 만날 때의 이온화에너지이다.

이와 같은 방법으로 He, Ne, Ar, N2, Xe의 단일기체로 각각 MgO 단결정 표면의 이차전자방출계수를 측정후, 이를 이용하여 결정 방향성에 따른 일함수를 구했다<sup>[28]</sup>. [그림 15]는 He, Ne, Ar, N2, Xe의 이온화에너지에 따른 이차전자방출계수를 나타낸다. 여기서 이차전자방출계수(y-축)를 연장한 선과 x축이 만나는 점을  $E_{i0}$ 로 정의한다. [표 1]과 [그림 16]는 (111), (200), (220)의 MgO 단결정에 대한 일함수의 측정 결과이다.

[표 1]에 의하면 Ne 이온에너지 80eV에서 MgO(111) 단결정의 일함수는 4.22eV로 가장 작은 값을 나타냈고, 이때의 이차전자방출계수는 0.119로 가장 큰 값을 가진다. 한편 MgO(220) 단결정의 경우 일함수는 5.07eV로 가장 큰 값을 가지며, 이때의 이차전자방출계수는 0.09로 가장 작은 값을 가진다는 사실을 보여준다. 이 결과는 앞의 5.2절에 제시한 MgO 보호막의 결정방향에 따른 이차전자방출계수의 의존성 결과와 잘 일치함을 보여준다. 이는 이차전자방출계수와 일함수는 서로 상반되는 특성을 가지고 있음을 잘 보여주는 결과이다.

### 6. MgO 보호막의 플라즈마 후처리에 따른 이차전자방출계수 특성

MgO 보호막의 특성 개선을 위한 또 다른 후처리 공정으로 플라즈마 후처리 공정이 있다. 절연체인 MgO 보호막을



[그림 17] MgO박막의 가스별(Ar, O<sub>2</sub>) plasma 처리 후에 Ne<sup>+</sup>이온에 의한 이차전자방출계수( $\gamma$ )

전하축적이 생기지 않는 RF-플라즈마 발생기를 이용하여 플라즈마를 MgO 보호막에서 직접 형성 시킴으로써 MgO 보호막의 특성을 개선시키고자 함이다. 플라즈마 후처리를 통하여 MgO표면의 불순물 제거 및 표면의 균일성을 확보할 수 있고 진공 열처리에 비해 비교적 공정시간이 짧다는 장점이 있다.

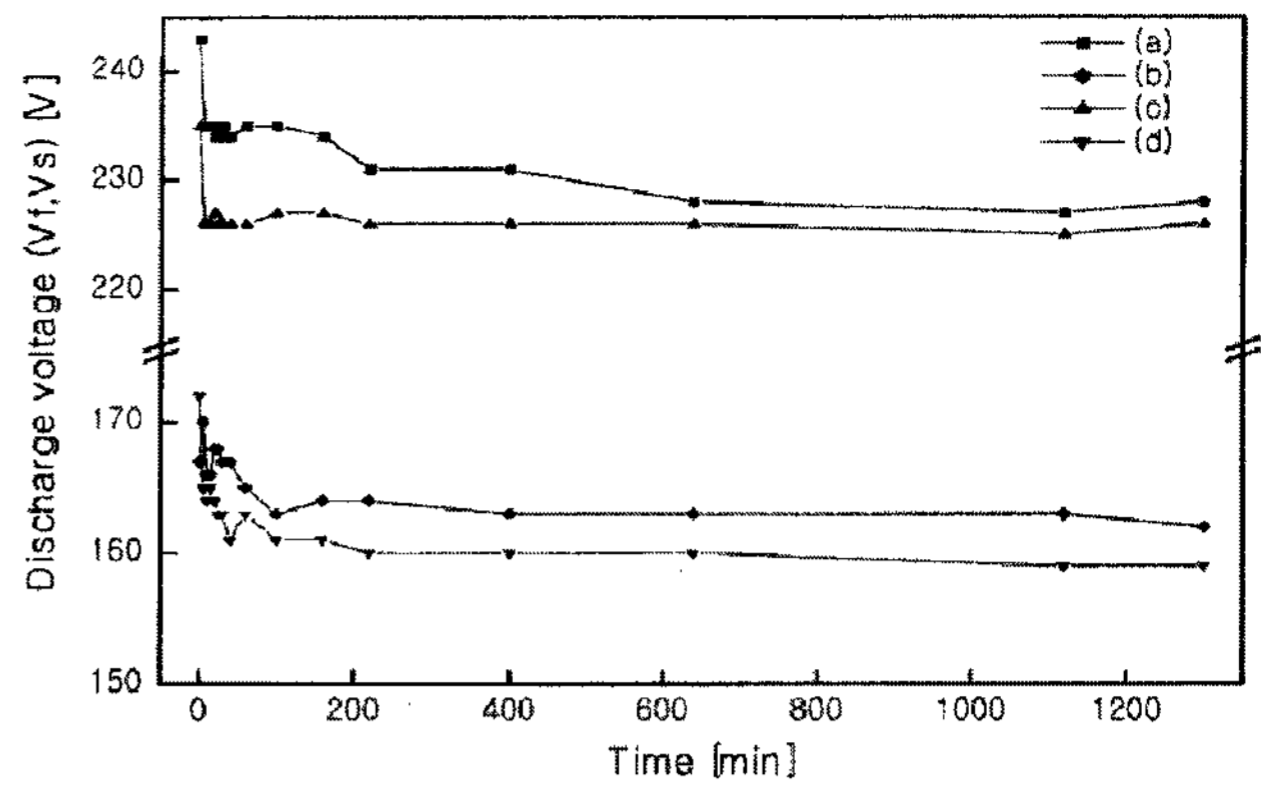
[그림 17]은 아르곤과 산소기체를 이용하여 MgO표면을 플라즈마 후처리 했을 때의 네온이온빔에 의한 이차전자방출계수의 측정 결과이다. 플라즈마 후처리를 하였을 때에 그렇지 않은 MgO 보호막보다 높은 이차전자방출계수를 얻을 수 있었고 또, 아르곤 플라즈마 후처리보다 산소 플라즈마 후처리의 경우 더 큰 이차전자방출계수를 얻을 수 있었다<sup>[29]</sup>. 또, 플라즈마 후처리는 MgO 보호막의 균일성(Uniformity)을 확보하는데 유리하다.

[표 2]는 광-간섭 두께 측정기로 입사광과 반사광의 간섭에 의한 파장별 상쇄 및 보강을 측정하여 두께 값과 표면의 균일성을 구해내는 장치를 이용하여 플라즈마 후처리 이후의 표면 균일도를 비교한 것이다. 여기서, MgO 보호막은 전자빔 증착법으로 5000Å 증착하였다. 플라즈마 후처리 이후 아르곤, 산소 플라즈마 후처리 공정을 거친 MgO 보호막은 그 균일도가 나아졌음을 알 수 있다. 이는 플라즈마 후처리를 통해 MgO표면에서 이온에 의한 물리적 식각작용이

[표 2] RF-Plasma 후처리에 따른 표면 균일도(Uniformity) 측정

$$\left\{ \text{Uniformity} = \frac{\text{max} - \text{min}}{\text{max} + \text{min}} \times 100(\%) \right\}$$

Sample	Before uniformity	After uniformity
O <sub>2</sub> -plasma treatment	6.03	3.79
Ar-plasma treatment	4.34	3.34



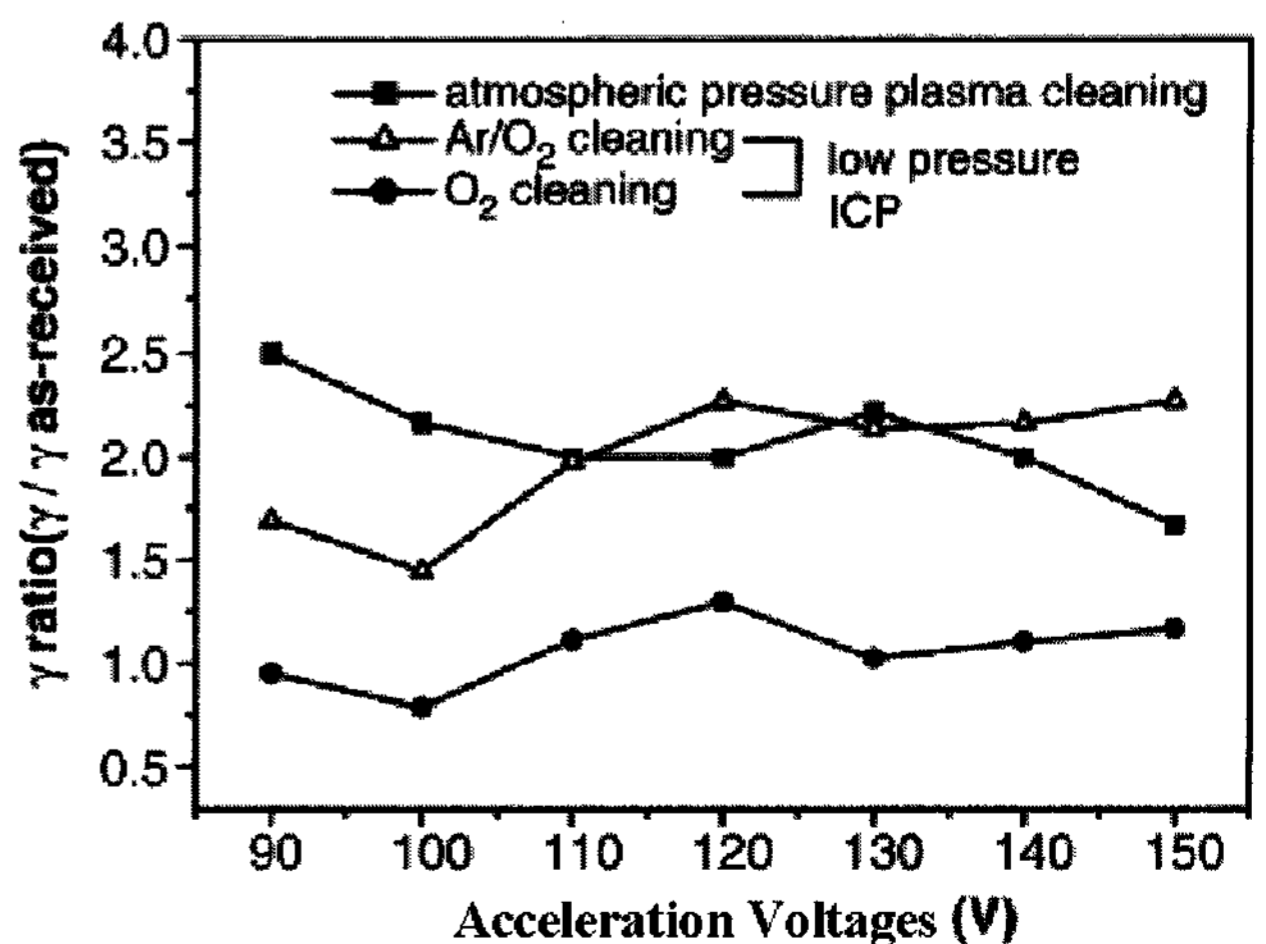
[그림 18] 패널의 방전전압경향<sup>[30]</sup>  
 (a) 처리하지 않은 패널의 방전개시전압  
 (b) 처리하지 않은 패널의 방전유지전압  
 (c) 처리한 패널의 방전개시전압  
 (d) 처리한 패널의 방전유지전압

일어났음을 알 수 있다. 하지만 산소 플라즈마 후처리의 경우 물리적인 식각 작용 외에 화학적 반응이 더불어 작용함으로써 MgO 보호막의 이차전자방출계수가 증가하였다고 사료된다. 또한, 플라즈마 후처리 공정은 PDP공정 중의 하나인 에이징 공정을 대체할 만큼 비슷한 효과를 보인다<sup>[30]</sup>. 아르곤 가스에 의한 플라즈마 후처리의 경우 MgO표면의 거칠기가 에이징 공정의 MgO표면과 흡사하고 또 [그림 18]에서와 같이 전기광학적 특성 또한 에이징시에 패널처럼 방전개시전압이 떨어지는 현상이 보고되었다<sup>[30]</sup>.

또한 [그림 19], [그림 20]에 따르면 Inductively Coupled Plasma(ICP) 후처리한 MgO 보호막의 특성이 좋아짐을 알 수 있다<sup>[31]</sup>. 여기에서는 산소 플라즈마 후처리보다는 아르곤과 산소의 혼합 플라즈마 후처리 공정이 더 유용하다고 연구보고 되고 있다.

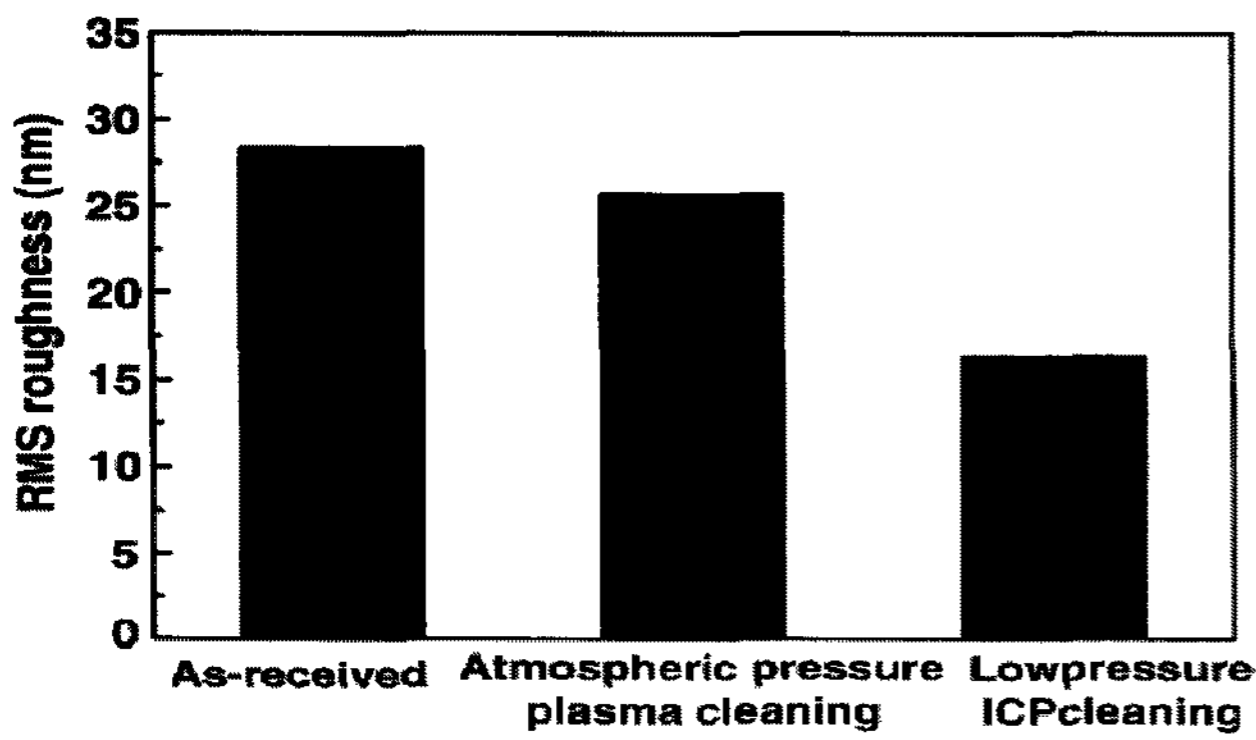
결과적으로 플라즈마 후처리는 열처리에 따른 PDP의 손상을 최소화 할 수 있고 또한 열처리에 준하는 불순물제거와 표면 균일성을 신속하게 얻을 수 있는 공정이다.

하지만 갈수록 대형화되고 있는 PDP제작 공정에 있어서



[그림 19] Inductively Coupled Plasma 후처리에 따른 이차전자방출계수<sup>[31]</sup>





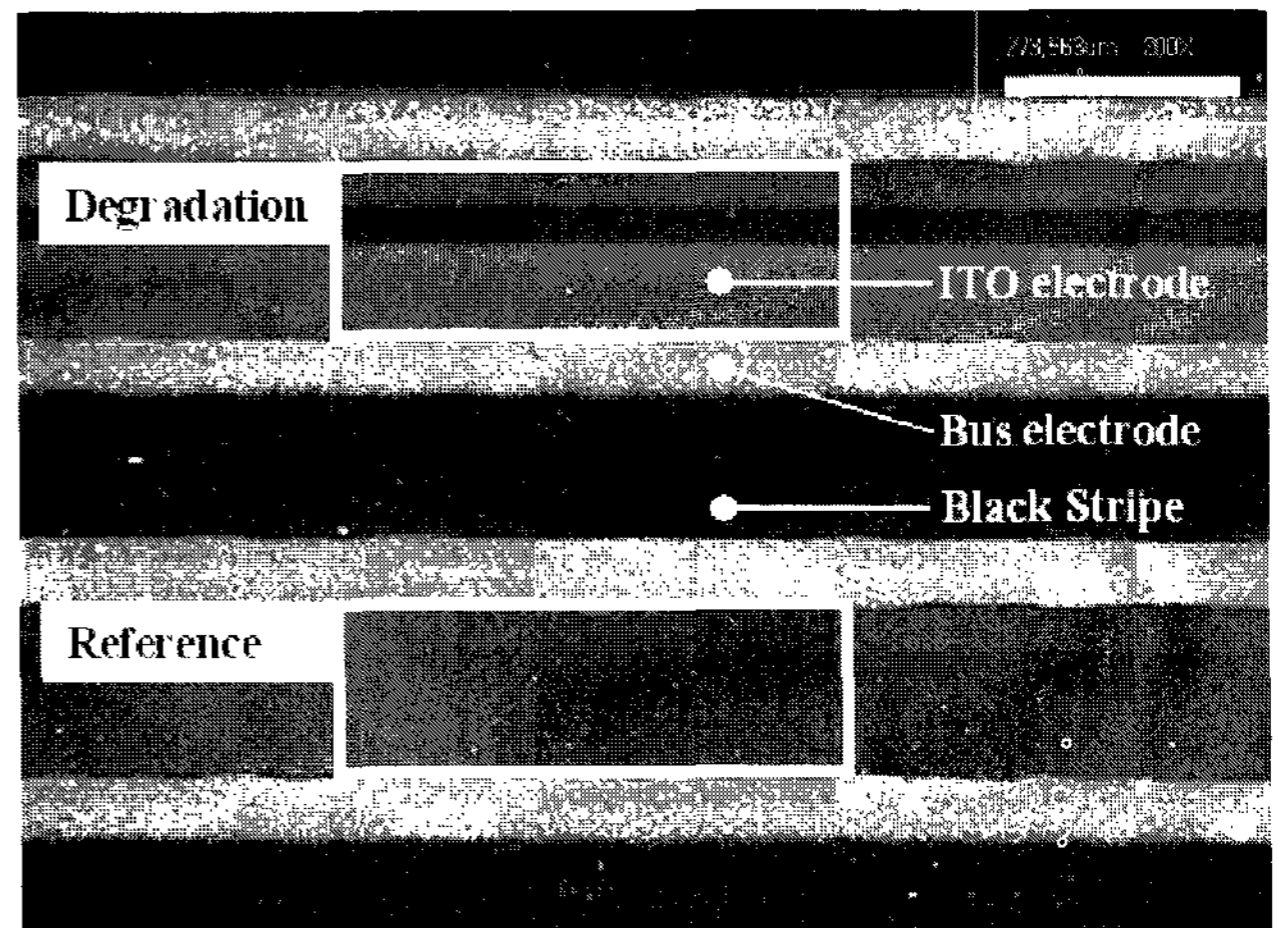
[그림 20] Inductively Coupled Plasma(ICP) 후처리에 따른 표면 균일도(AFM)<sup>[31]</sup>

플라즈마 후처리 공정이 필수적이고 효율적인 공정이 되기 위해서는 재연성 있고 신뢰도가 높은 연구가 보다 많이 이루어져야 하고 플라즈마 후처리 공정에 대한 최적조건이 제시되어야만 한다.

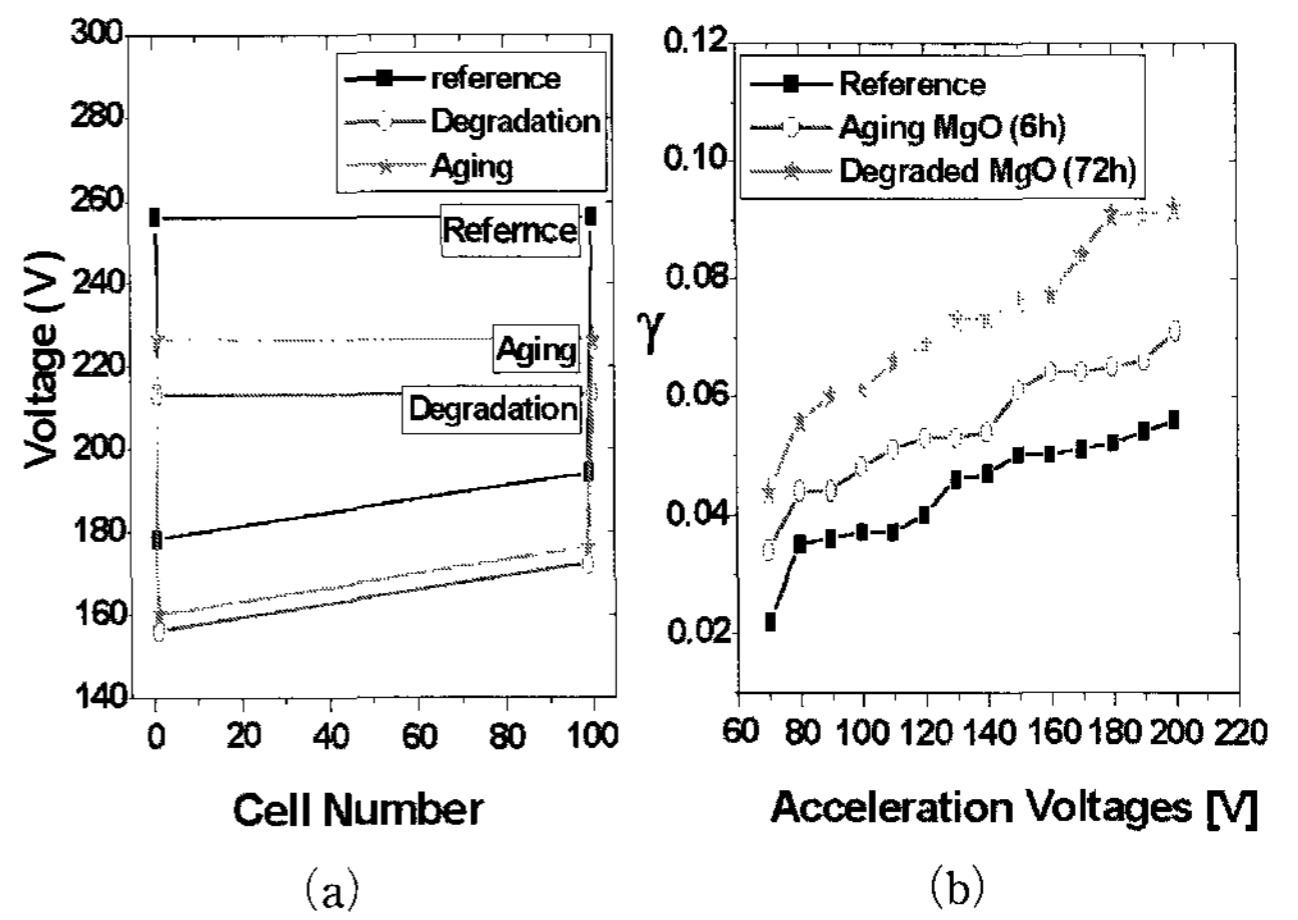
### 7. MgO 보호막 및 형광체 열화

PDP는 대화면 구동에 유리할 뿐만 아니라 빠른 동작속도에 따른 동영상 구현에도 타 디스플레이 디바이스에 비하여 유리하다. 하지만 정지화상에 대하여 PDP는 큰 문제점을 안고 있다. 그것은 오랜 시간 정지화상을 PDP에서 구현하였을 때 생기는 화면고착(Image Sticking), 일시적 화면 잔상(Image Retention)이다<sup>[32,33]</sup>. 일시적 화면 잔상현상은 구동시간이 지남에 따라 수분 이내 회복될 수 있는 문제점이고 가능성을 낮출 수 있는 기술이 상용패널에 적용되고 있지만 형광체와 MgO 보호막에 직접적인 손상으로 인한 화면 고착 현상은 PDP 수명과 직결되는 현상이며 회복 불가능한 현상이다. PDP는 플라즈마를 이용한 디스플레이 디바이스이다. 따라서, 플라즈마에 의한 방전공간에 노출되어 있는 형광체 및 MgO 보호막의 손상은 불가피하다.

[그림 21]은 고압에서 지속적으로 강제 열화 시킨 테스트



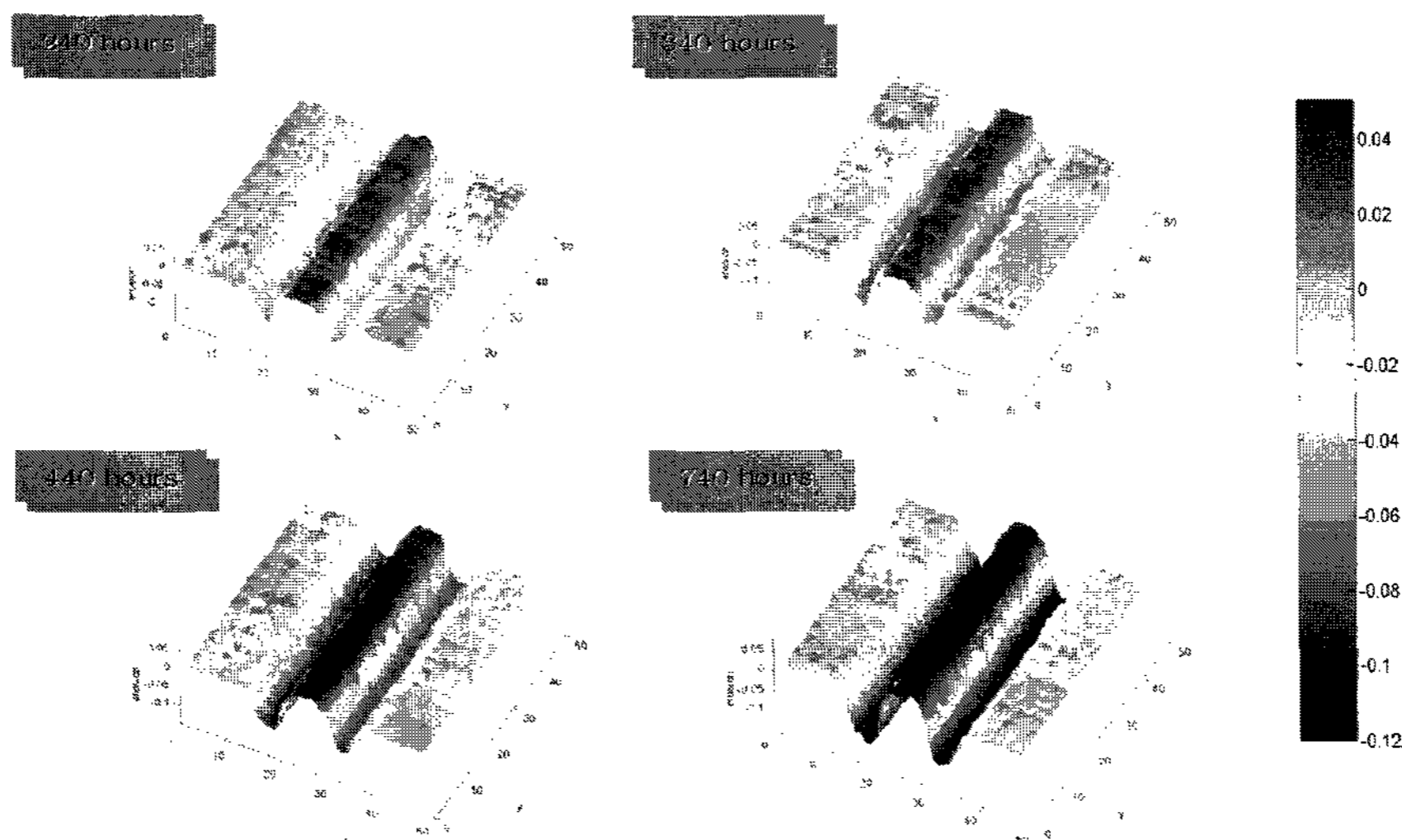
[그림 21] 강제열화시킨 테스트 패널의 MgO 보호막의 변화



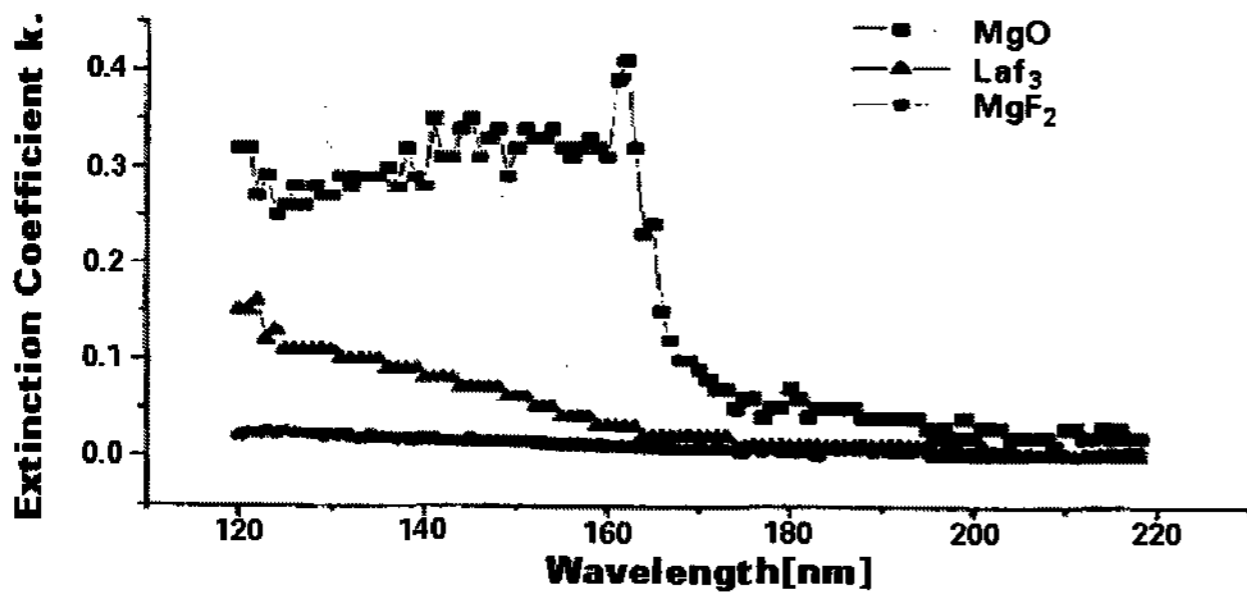
[그림 22] 방전시간에 따른 테스트 패널의 변화

- (a) Test Panel의 정마진 변화
- (b) MgO 보호막의 이차전자방출계수의 변화

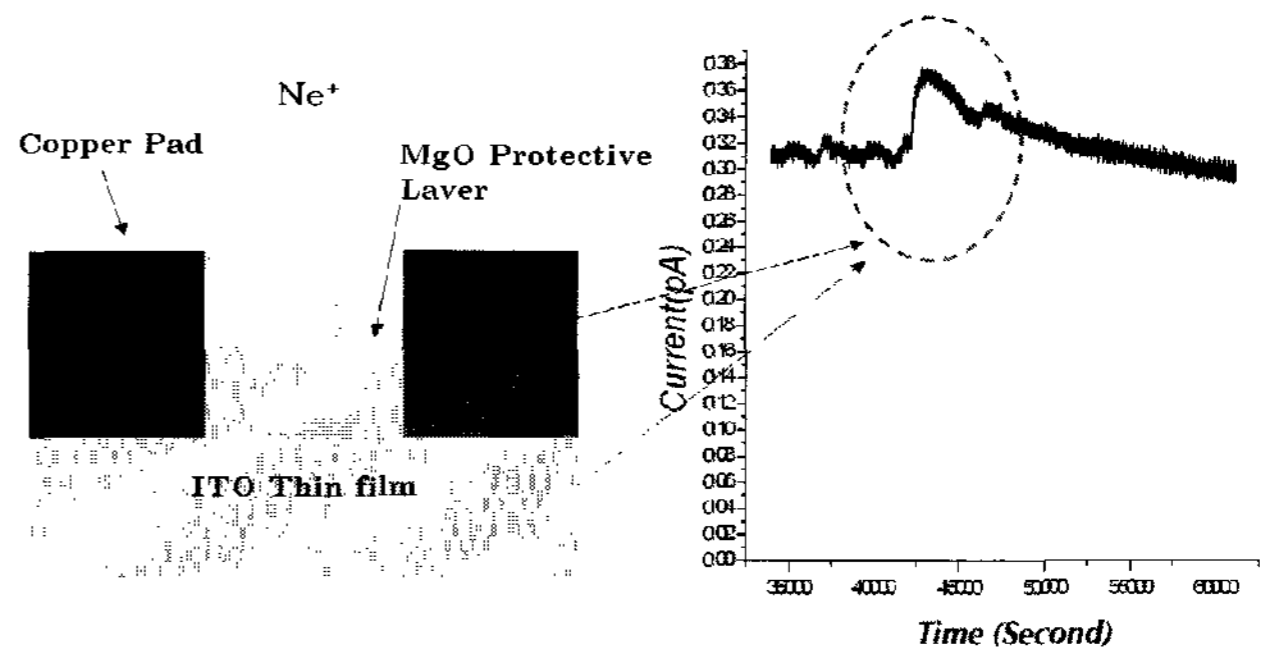
패널 MgO 보호막의 변화이다. 열화된 MgO 보호막의 경우 [그림 22]에 따르면, 방전개시전압은 낮아지고 이차전자방



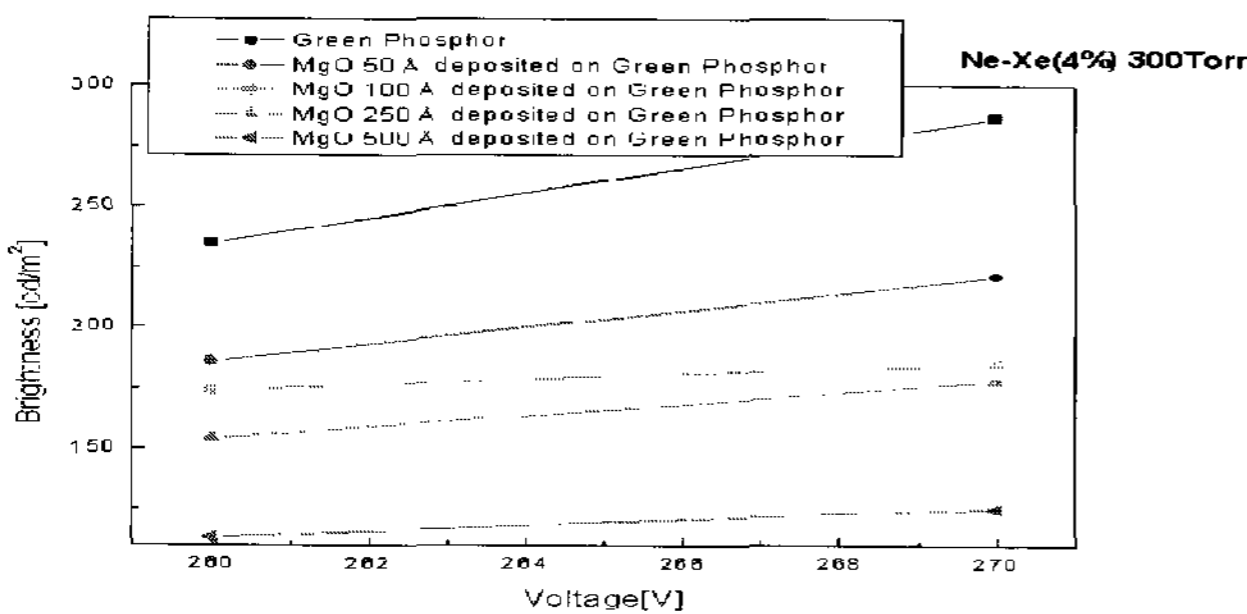
[그림 23] 시간에 따른 MgO 보호막의 침식변화<sup>[36]</sup>



[그림 24] MgO, LaF<sub>3</sub>, MgF<sub>2</sub>의 감광률(Extinction Coefficient) [37]



[그림 26] 저에너지 집속 이온빔을 이용한 MgO 보호막의 침식률 측정 개략도



[그림 25] 형광체 위에 증착된 MgO 보호막의 두께에 따른 휘도 변화

출계수는 커졌으나 그 투과도가 현저히 낮아짐에 따라 휘도가 낮아짐으로써, 그 효율은 열화되지 않은 패널에 비해 14%까지 감소함을 보인다<sup>[34, 35]</sup>. 이와 같이 심각한 패널의 손상을 가져오는 지속적인 방전으로 인한 화면고착은 이온 충격 및 열에 의한 변성에 더욱 강한 MgO 보호막을 필요로 한다. 비록 MgO 보호막이 내스퍼터링에 있어 우수한 물질이라 하더라도 이온충격에 의한 부분적인 침식[그림 23]은 발생하고 침식된 MgO 보호막은 형광체에 재증착하게 된다<sup>[16,36]</sup>.

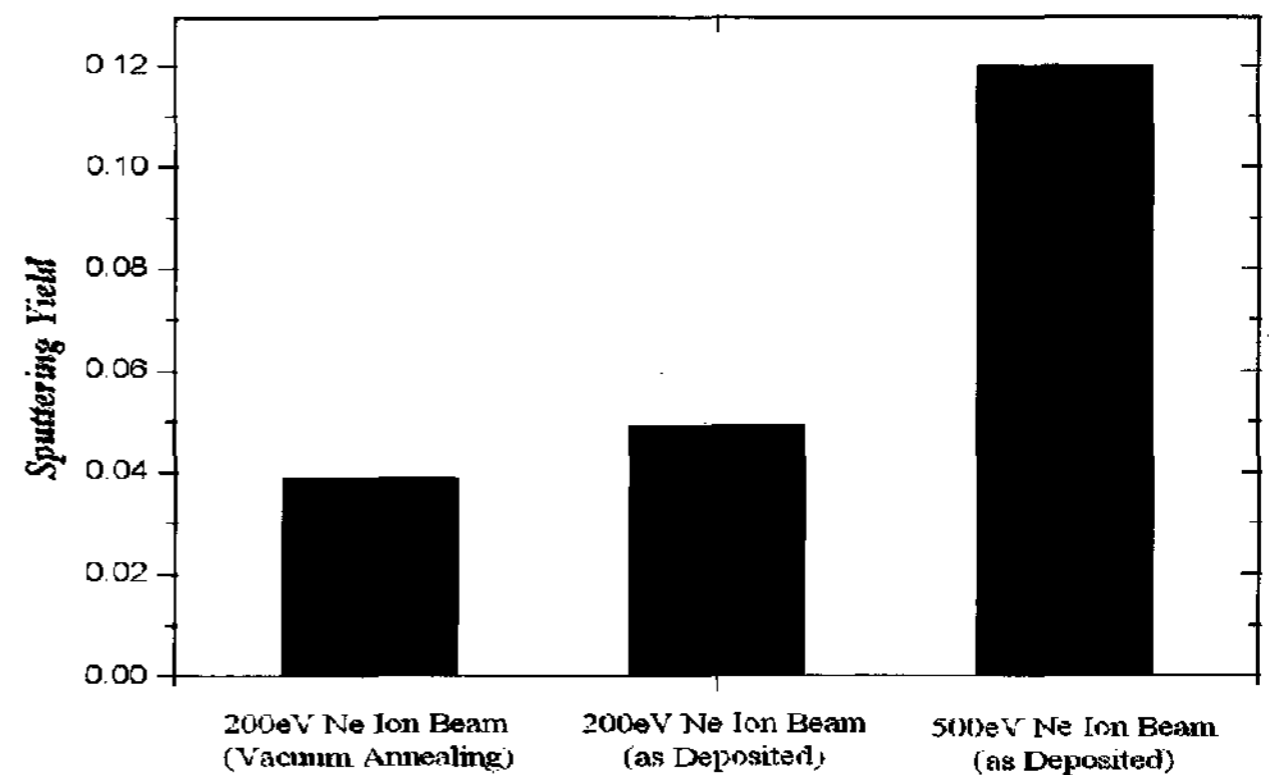
그리고 [그림 24]에서와 같이, VUV를 통과시키지 못하는 MgO 보호막<sup>[37]</sup>은 형광체에 재 증착됨으로써 형광체로 도달해야 할 VUV를 차단하게 되므로 [그림 25]에서와 같이 휘도는 감소하게 된다.

따라서 높은 이차전자방출계수와 더불어 보다 높은 내스퍼터링의 MgO 보호막의 연구개발이 이루어짐으로써 형광체면의 침식된 MgO 보호막의 재증착을 방지해야 한다.

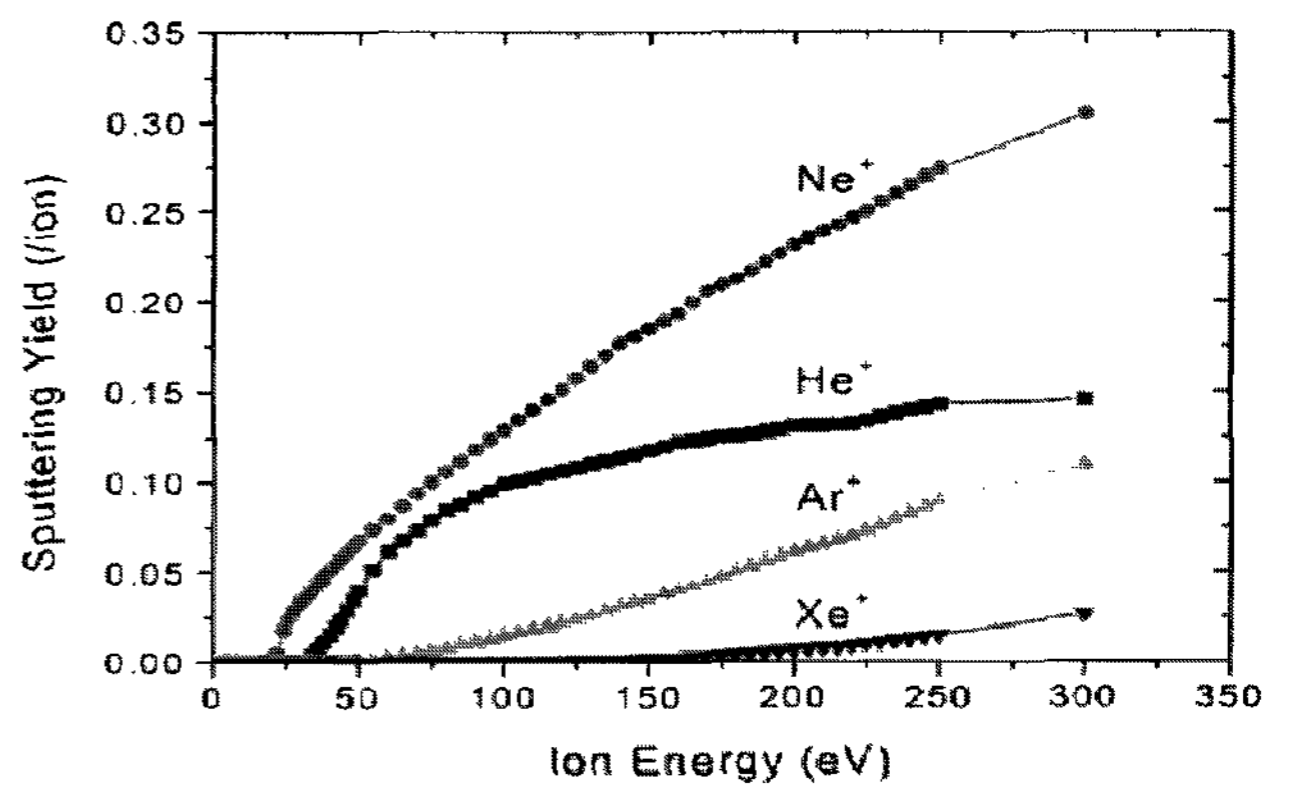
### 8. 이온충격에 강한 MgO 보호막에 대한 연구

앞 절에서와 같이 MgO 보호막은 PDP의 수명을 결정짓는데 지배적인 역할을 한다. 물론 MgO 보호막이 낮은 침식률을 가지고 있지만 방전 시에 플라스마에 그대로 노출됨으로써 이온충격에 의한 손상은 피할 수 없다. 따라서 MgO 보호막의 우수한 특성중 하나인 낮은 침식률을 더욱 개선할 수 있는 MgO 보호막의 최적조건제시가 필요하다.

[그림 27]은 이온빔을 직접 MgO표면에 주사하였을 때의 그 침식률에 대한 측정이다. 측정은 Ne 이온빔을 사용하였고 MgO 보호막은 절연체이므로 표면의 전하축적을 막기



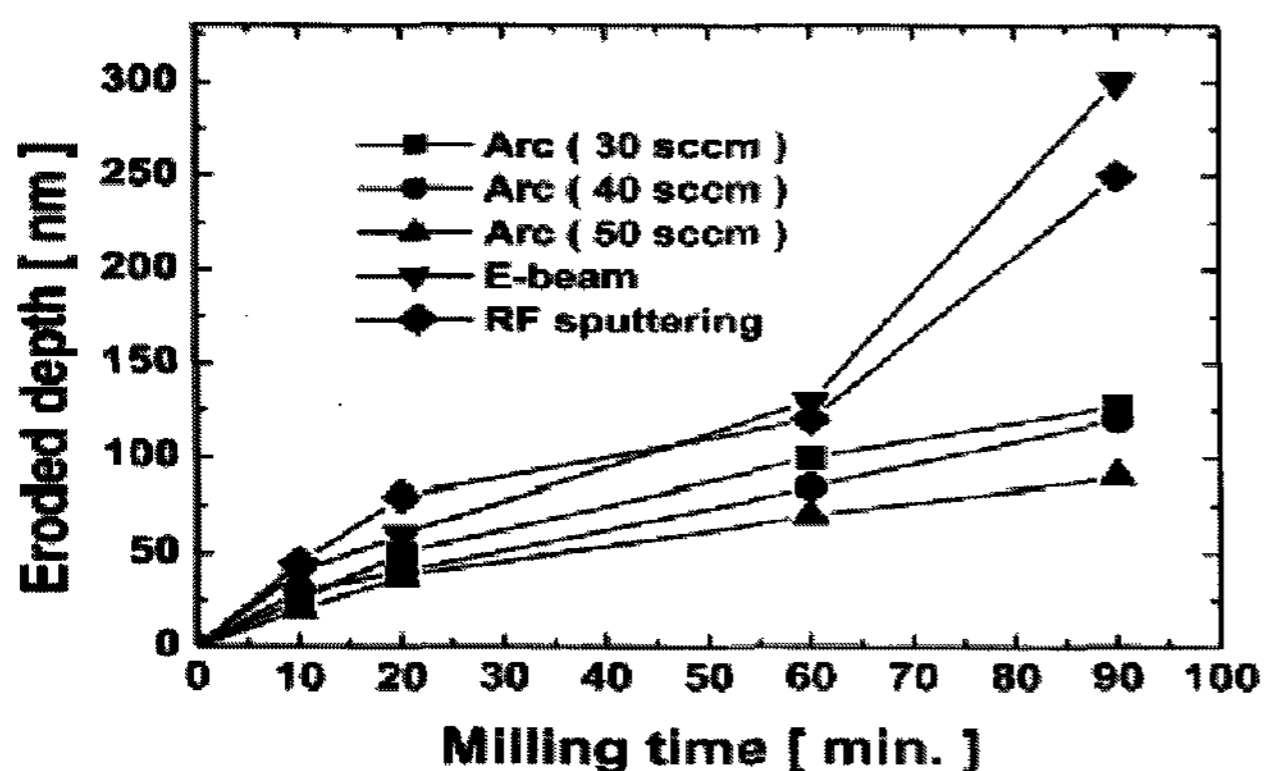
[그림 27] 이온빔 에너지와 열처리에 따른 MgO 보호막의 침식률 측정



[그림 28] 가스별 MgO침식률 비교(Monte-Carlo 전산모사) [39]

위해 구리 덮개를 설치하였으며 빔은 집속시켰다. 침식이전의 전류현상은 MgO 보호막 위의 구리덮개에서 측정하였고 침식이후의 전류현상은 MgO 보호막 아래의 ITO와 구리덮개에서의 전류현상을 통해서 측정하였다[그림 26].

결과적으로 고에너지(500 eV)의 이온빔에 의한 침식률은 Ne이온 하나당 MgO입자 0.12개로써 200eV의 Ne이온빔에 의한 침식률(0.049 MgO Particle/Ne Ion)보다 크게 측정되었고 열처리한 MgO 보호막의 경우 그 침식률(0.039 MgO Particle/Ne Ion)이 작게 측정되었다. 위 결과에 따르면 열처리한 MgO 보호막이 좀 더 이온충격에 유리함을 알 수 있다. 이 외에 MgO 보호막의 침식률을 측정하는



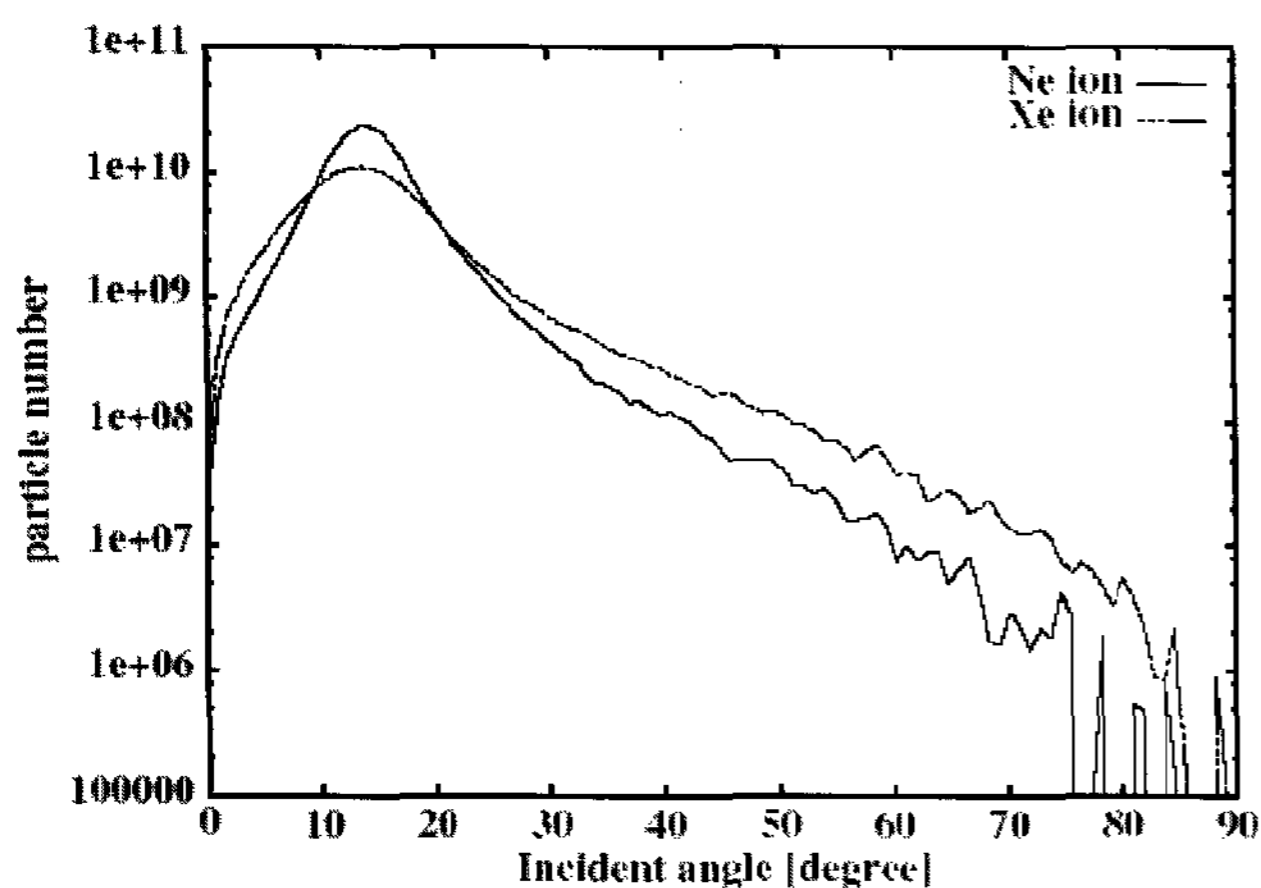
[그림 29] 증착조건과 증착법에 따른 MgO 보호막의 침식 (Ion Milling)<sup>[41]</sup>

방법으로 Monte-carlo 전산모사를 이용하는 방법이 있다.<sup>[38, 39]</sup> [그림 28] 하지만 전산모사의 특성상 그 불확실성이 매우 크다. 반면 이온빔을 이용한 방법은 실험적으로 직접 이온빔을 MgO 표면에 주사함으로써 측정할 수 있다.<sup>[40, 41]</sup> 하지만 실제 PDP 플라즈마의 에너지 분포를 알기 어렵고 PDP 방전 환경과 같지 않으므로 상대비교의 측정을 위하여 쓰이고 있다. [그림 29]

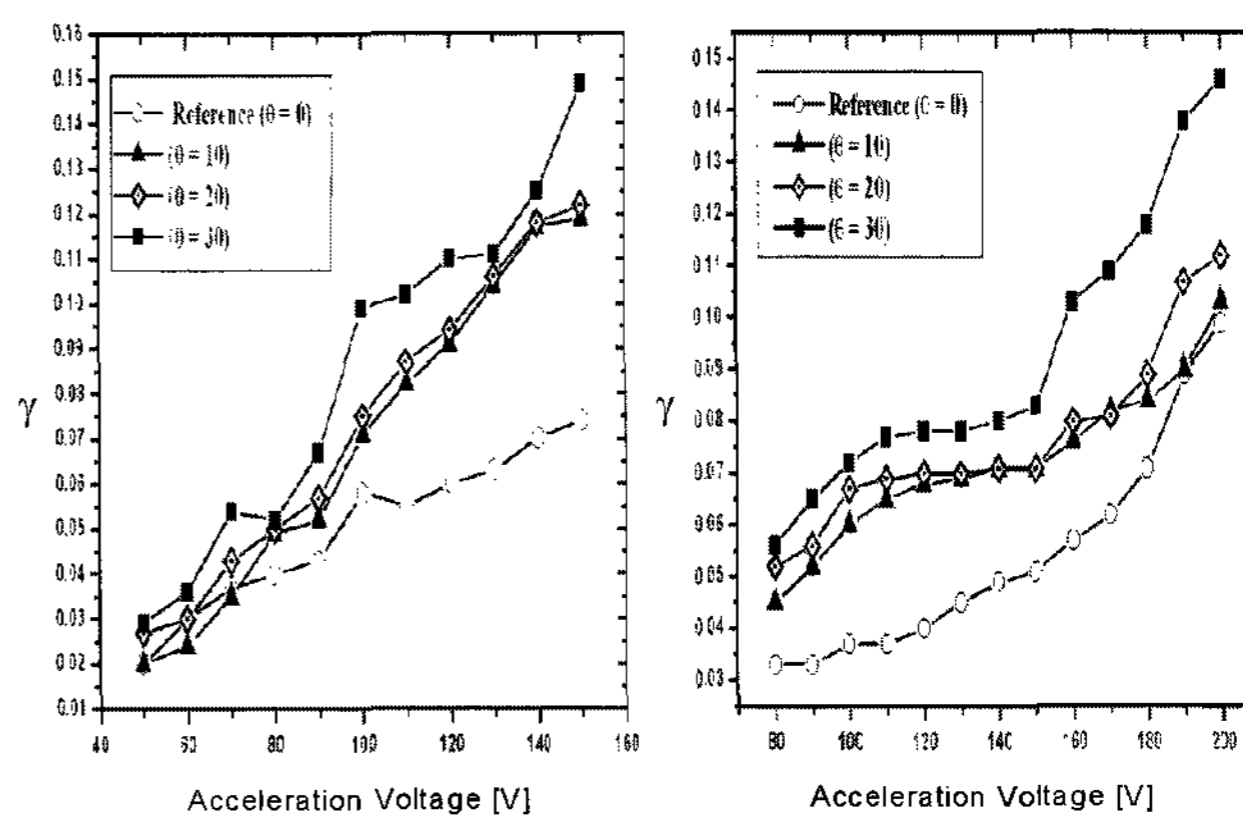
### 9. PDP셀의 미소방전 플라즈마현상에 따른 이차전자방출계수

현재 널리 상용되어 있는 PDP는 3전극 면방전형이다. 3전극 면방전형 PDP는 주방전이 유전체 아래에 서로 평행하게 위치하고 있는 ITO 투명전극 사이에서 발생한다. 따라서 방전시의 전기장은 MgO 보호막 위에서 아치형태로 형성되게 된다.<sup>[42]</sup>

[그림 30]에 따르면 이온의 방전경로 역시 MgO 표면에 대하여 다양한 입사각을 갖는다.<sup>[43]</sup> Ne-Xe(4%)의 기체에서 방전하였을 경우, 대부분의 입자들은 MgO 보호막으로 입사각이 15도~20도 사이의 각도를 가지며 입사하게 된다. PDP셀의 미소방전 플라즈마를 이해하는데 있어서 전산모사



[그림 30] PDP셀에서 Ne, Xe 입자의 MgO 표면 입사각에 대한 전산모사<sup>[43]</sup>



[그림 31] MgO 보호막에 대한 입사각에 따른 이차전자방출계수 측정 (a) He 이온빔 (b) Ne 이온빔

는 상당히 유용하다. 물론 실험적 측정이 정확하겠지만, 아직까지 입자의 에너지 분포, 입자의 움직임 등을 정밀하게 가능하기에는 무리가 있다. 따라서 전산모사를 통한 PDP셀 내부의 미소방전환경을 물리적으로 해석하고 이해해야 원천적인 PDP의 문제해결이 가능할 것이다.

다음은 V-FIB System을 사용하여 실험적으로 MgO 표면에 이온들이 각도를 가지고 입사하는 경우에 대한 이차전자방출계수를 측정하였다.

[그림 31]에 따르면 MgO 보호막에 대하여 입사각이 커질수록 He, Ne 이온빔에 의한 이차전자방출계수가 높아짐을 알 수 있다.<sup>[44]</sup> 이 실험에서 이온빔의 에너지 분포는 He 이온빔은 (50~150)eV이고, Ne 이온빔은 (80~200)eV이다. 이차전자방출계수의 값은 이온빔 에너지 100eV이고, 이온빔 각도(0, 10, 20, 30)일 때, He 이온빔의 경우(0.058, 0.071, 0.075, 0.099)이고 Ne 이온빔은 (0.037, 0.06, 0.067, 0.072)로 측정되었다. 이와 같이, 수평면에 대한 입사각이 커질수록 이차전자방출계수의 값은 크게 측정되었다.

아직까지 MgO 표면에서 일어나는 미소방전 플라즈마의 이해가 부족하다. MgO 보호막의 특성과 미소방전 플라즈마 현상에 대한 기초연구를 통하여 그 원리와 이해를 통하여 고효율, 고화질의 PDP 원천기술의 연구개발이 선행되어야 할 것이다.

## VI. 결 론

AC-PDP에서 전극과 유전체의 보호역할로 MgO 보호막이 널리 사용되어지고 있다. MgO 보호막은 PDP의 수명과 방전개시전압에 매우 중요한 요소로 연구되어 왔다. 보다 개선된 보호막으로서의 현재 MgO 보호막은 고효율, 고화질의 PDP를 위해 전기광학적 특성 평가를 통해 제작 방법과 제작 조건을 찾아야 한다. 그 개선된 MgO 보호막의 최적조건을 좌우할 수 있는 요소로 증착물질, 증착방법, 증착조건, 증착후처리 등이 있다. 또한 현재 80인치 이상급 대화면 디스플레이의 보호막으로서의 이차전자방출계수, 가시광 투과도,

내스퍼터링 이 외에도 고려되어야 할 부분들을 모두 다 충족할 수 있는 보호막을 찾기란 상당히 힘든 일이다. 현재 AC-PDP용 MgO 보호막의 증착방법으로써 크게 전자빔에 의한 진공증착법, 스퍼터링법, ion plating법, 액상으로 제작하는 방법 등이 사용되고 있다. 전자빔 증착법은 전자빔 에너지를 재료 표면에 집중시켜 고속증착 및 고순도 증착을 가능하게 한다. 하지만, 전자빔 증착의 경우는 대형기관에 양질의 MgO를 균일하게 도포해야 하는 어려움과 비교적 고진공을 요하는 관계로 생산공정상의 가격이 비싸다는 문제점을 가지고 있다. 스퍼터링법으로 제작하는 경우 전자빔 증착법에 비해 MgO 보호막이 치밀하며, 결정배향에 유리한 특성을 지닌다. 하지만 제작공정 가격이 비싼 문제점을 가지고 있다. 이온 플레이팅에 의한 방법은 증발되는 입자를 이온화하여 성막을 시킨다는 특징이 있다. 이온 플레이팅으로 MgO를 성막하는 경우에는 막의 밀착성과 결정성에 대한 특성은 스퍼터링법과 비슷한 특성을 갖는다. 하지만 고속 증착(8nm/s)의 특성을 가지고 있는 장점이 있다. 또한 증착 물질의 개발에 있어서 MgO이외의 신 보호막을 찾는 연구, MgO의 제조기술, MgO+ $\alpha$  물질 등의 연구 개발이 수행 중이다. 이러한 연구개발에 있어서도 보호막으로써의 역할과 방전의 주도적 역할로써의 최적조건을 찾아내야만 한다. 위의 연구와 더불어 그 최적의 조건 및 후처리에 따른 최적인자를 규명하고 그 원천기술을 확보함으로써 고효율, 고품질의 PDP에 도달할 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] B. W. Byrum Jr, IEEE Trans. Electron Devices 22, 685 (1975).
- [2] T. Ugrade, T. Iemori, M. Osawa, N. Nakayama, I. Morita, IEEE Trans. Electron Devices 23, 313 (1976).
- [3] E. H. Choi et. al., Jpn. J. Appl. Phys. 38, 6073 (1999).
- [4] H. D. Hagstrum, Phys. Rev. 96, 336 (1954).
- [5] G. S. Cho, Y. G. Kim, Y. S. Kim, J. J. Koh and E. H. Choi, Jpn. J. Appl. Phys. 37-10A, L1178 (1998).
- [6] Y. K. Shin, J. K. Lee, C. H. Sohn, W. Kim, Jpn. J. Appl. Phys. 38, L174 (1999).
- [7] J. Kester, J. Chapin, P. O'Keefe, E. Taylor, F. Krannig, IDW'99, 703 (1999).
- [8] N. Nakamura, H. Nakagawara, K. Kisoda, M. Niiya, IDW'98, 511 (1998).
- [9] E. H. Choi, H. J. Oh, Y. G. Kim, J. J. Ko, J. Y. Lim, J. G. Kim, D. I. Kim, G. Cho, S. O. Kang, Jpn. J. Appl. Phys. 37, 7015 (1998).
- [10] E. H. Choi, J. Y. Lim, Y. G. Kim, J. J. Ko, D. I. Kim, C. W. Lee, G. S. Cho, J. Appl. Phys. 86, 6525 (1999).
- [11] D. I. Kim, J. Y. Lim, Y. G. Kim, J. J. Ko, C. W. Lee, G. S. Cho, E. H. Choi, Jpn. J. Appl. Phys. 39, 1890 (2000).
- [12] S. K. Lee, J. H. Kim, J. Lee, K. W. Whang, Thin Solid Films, 435(2003) 69-71.
- [13] H. Lin, Y. Harano, H. Uchiike, Technical Report of IEICE. EID95-51(1995) 69-73.
- [14] J. Y. Lim, J. S. Oh, B. D. Ko, J. W. Cho, S. O. Kang, G. S. Cho, H. S. Uhm, E. H. Choi, J. Appl. Phys, 94, No.1(2003) 764-769.
- [15] Elsbergen V v, Bachmann P K and Zhong G 2000 Int. Display Workshop IDW'00 687.
- [16] J. P. Boeuf, J. Phys. D: Appl. Phys. 36 (2003) R53-R79.
- [17] M. Ishimoto, S. Hidaka, K. Betsui, and T. Shinoda, SID'99, p. 6525.
- [18] T. J. Vink, A. R. Balkenende, R. G. F. A. Verbeek, H. A. M. Van Hal and S. T. de Zwart, App. Phys. Letters. Vol. 80, No.12(2002).
- [19] S. Y. Park, M. J. Lee, S. G. Kim, H. J. Kim, S. H. Moon, J. K. Kim, Asia Display/IMID'04, p.223-226.
- [20] M. J. Lee, S. Y. Park, S. G. Kim, H. J. Kim, S. H. Moon, J. K. Kim, Asia Display/IMID'04, p.540-543.
- [21] J. Y. Lim et. al., IDW'99, 639 (1999).
- [22] C. H. Park, Y. K. Kim, B. E. Park, W. G. Lee, J. S. Cho, Materials Science and Engineering B60 (1999) 149-155J.
- [23] J. Y. Lim, H. S. Jeong, W. B. Park, J. S. Oh, E. H. Choi, IDW'03 961-964.
- [24] J. M. Jeoung, J. Y. Lim, Y. G. Kim, Y. H. Seo, G. S. Cho, E. H. Choi, Jpn. J. Appl. Phys. Vol 40(2001) 1433-1434.
- [25] H. Soh, S. M. Lee, Y. C. Kim, Asia Display/IMID'04 p.495-498.
- [26] 정진만, 임재용, 조태승, 조대식, 조광섭, 최은하, 새물리 40, 580 (2000).
- [27] Holt S A, Jones C F, Watson G S, Crossley A, Johnston C, Sofield C and Myhra S Thin Solid Films 292 (1997) 96.
- [28] J. Y. Lim, E. H. Choi, IDW'2000 (2000).
- [29] J. C. Jung, H. S. Jeong, J. H. Lee, J. S. Oh, W. B. Park, J. Y. Lim, J. W. Cho, E. H. Choi, IMID'03 p. 525-528.
- [30] S. H. Lee, B. J. Rhee, M. H. Joo, J. W. Kang, J. S. Chung, M. H. Park, Surface&Coatings Technology 171 (2003) 247-251.
- [31] H. K. Hwang, C. H. Jeong, Y. J. Lee, Y. W. Ko, G. Y. Yeom, Surface and coating Technology, 177-

- 178 (2004) 705-710.
- [32] J. H. Choi, Y. Jung, K. B. Jung, S. B. Kim, P. Y. Oh, H. S. Jung, K. Y. Sung, E. H. Choi, IDW'03, p. 913-916.
- [33] J. W. Han, H. S. Tae, S. I. Chien, IDW'03 p.917-920.
- [34] H. S. Jeong, J. E. Lim, W. B. Park, K. B. Jung, E. H. Choi, IMID'03, p. 518-521.
- [35] J. E. Lim, W. B. Park, H. S. Jeong, K. B. Jung, W. Joen, H. J. Lee and E. H. Choi, IDW'04, PDPp5-2 (2004).
- [36] S. H. Choi, H. S. Byun, G. Y. Shin, S. G. Oh, S. I. Lee, J. Vac. Sci. Technol. B., 21(1) (2003) 39.
- [37] C. H. Ha, J. S. Kim, D. C. Jeong, K. W. Hwang, J. Appl. Phys., 96, No.9 (2004) 4807-4810.
- [38] H. Capdeville, P. Pedoussat, L. C. Pitchford, J. Appl. Phys., 91, No.3, (2002) 1026-1030.
- [39] J. Yoon, I. S. Lee, J. Appl. Phys., 91, No.4, (2002) 2487-2492.
- [40] J. W. Hyun, H. J. Oh, D. C. Choo, E. H. Choi, T. W. Kim, G. S. Cho, S. O. Kang, J. Kor. Vac. Soc., 10, No.4 (2001) p.396-402.
- [41] J. K. Kim, E. S. Lee, D. H. Kim, D. G. Kim, Thin Solid Films, 447-448 (2004) 95-99.
- [42] G. S. Cho, Y. G. Kim, Y. S. Kim, D. G. Joh, E. H. Choi, Jpn. J. Appl. Phys., 10A, Part2 (1998) L1178.
- [43] S. S. Yang, J. K. Lee, S. W. Ko, H. C. Kim, J. W. Shon, Contrib. Plasma Phys., No.5-6, 44 (2004) 536
- [44] W. B. Park, K. B. Jung, J. C. Jeong, G. S. Cho, E. H. Choi, IDW'04 PDPp5-1 (2004)