

MgO 박막장치의 자기회로 설계에 관한 연구

정 연호, 최 영욱, 강 도현, 장 석명*
한국전기연구원, *충남대학교 전기공학과

A Study on the Design of Magnetic Circuit for MgO Ion plating Device

Y.H. Jeong, Y.W. Choi, D.H. Kang, S.M. Jang*
Korea Electrotechnology Research Institute, *Chungnam National Univ.

Abstract - Ion plating method using plasma is faster as several times than electron beam plating method in plating process. Recently, a variety of techniques for this method are being researched.

In this paper, to produce sheet plasma with high density for ion plating, we designed magnetic circuit of MgO plating device consisting of solenoid coil, rectangular permanent magnet. And, we researched on the effect of those by analyzing magnetic field distribution using FEM.

1. 서 론

최근, 벽걸이 TV의 꿈을 실현시킬 디스플레이 소자로서 PDP(Plasma Display Panel)가 주목받고 있다. PDP는 플라즈마 가스방전을 이용하는 자체발광소자로서 CRT에 필적하는 화질과 대화면화가 용이하다는 특징을 가지고 있다. 즉, 대화면, 박형, 고화질, 광시야각의 장점을 가진 20~70" 대화면 디스플레이 소자로서 가장 기대되는 평판표시패널이다.

현재, PDP제조과정에서 MgO 보호층을 진공증착시키는 방법으로는 대부분의 업체가 전자 빔 증착법을 사용하나, 대화면을 위한 패널의 제조공정을 간략화하고 경비를 저감하기 위한 새로운 박막기술의 개발이 요구된다. 또한 MgO 진공증착의 한 방법인 스퍼터링법은 인라인 제조 프로세스에는 유리하나, MgO 박막의 형성속도가 전자 빔 증착법 보다 느린 단점이 있다. 최근에 이들 단점을 보완하여 증착공간에 플라즈마를 발생시킴으로써 MgO를 용사하여 MgO 박막을 형성하는 Ion plating법이 시도되고 있다. 이 기술은 전자 빔증착법에 비해 수배의 증착속도가 가능하여 차세대의 MgO 박막형성기술로 기대된다.⁽¹⁾

플라즈마를 이용하는 Ion plating법에서는 플라즈마의 형상이 넓고 두께가 얇은 것이 효율이 높다.⁽²⁾ 따라서, 본 논문에서는 Ion plating법을 이용한 MgO박막장치에서 플라즈마가 넓고 두께가 얇은 형태로 변형되도록, 즉 Sheet 플라즈마가 발생되도록 영구자석 및 공심 솔레노이드로 구성되는 자기회로를 설계하고, 유한요소법을 이용한 자체분포 해석을 통해 그 효과를 검토한다.

2. Sheet 플라즈마의 형성

2.1 플라즈마의 물리적 특성

준중성 가스인 플라즈마는 그 요소들(하전입자와 중성 입자)의 하전성 때문에 전기를 전도시키며 전기력으로 인하여 중성화하려는 경향이 있고, 그로 인해 진동을 발생시킨다. 또한 외부의 영향에 의한 플라즈마의 진동도 고려될 수 있으며, 이러한 모든 진동은 플라즈마파의 원인이 된다. 플라즈마 입자의 하전성에 의한 가장 큰 특

징은 그 특성을 이용하여 여러 가지 방법으로 플라즈마를 제어할 수 있는 점이다. 주로 자기장을 이용하여 입자들을 제어하며 이 자기 차폐는 열확용합으로 연구에서 많이 쓰이는 방식이기도 하다.

그러나, 플라즈마는 가스의 흐름, 즉 유체이며 개별적인 하전입자의 자기적 차폐를 고려하는 것은 불가능하므로 유체역학적인 분석이 필요하게 되며 여러 가지 지배방정식의 유도도 요구된다. 이때, 하전입자 상호간의 또는 하전입자와 중성입자들간의 충돌로 인한 플라즈마의 확산, 하전입자 상호간의 재결합으로 인한 입자 손실, 외부에서 인가된 전자기장의 방향에 따른 여러 가지 드리프트에 의한 확산 등이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 외부에서 인가된 전자기장에 의한 자기차폐만을 통해 플라즈마의 입자가 제어된다는 전체 조건이 부여된다.

2.2 고효율 플라즈마

입자의 방전전류에서 발생하는 방전 플라즈마 내에 큰 평면 금속시료를 넣고 이온 플레팅⁽³⁾을 할 때, 플라즈마의 형상이 넓고 두께가 얇은 것이 효율이 좋다. 이것은 다음과 같은 고려사항으로 이해할 수 있다. 우선 전기장에 따른 방전으로, 일정 방전전류 I_0 에서 그림1과 같은 입방체의 체적 abx 내에 일정 수 N_0 개의 플라즈마(이온과 전자의 쌍)가 생성되고 있다고 가정한다. 여기서 면적 ab 의 평면으로부터 (-)바이어스 전압을 인가한 금속평판에서 이온을 인출하는 것을 고려한다.

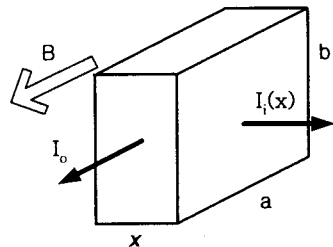


그림1. 외부자계 내의 플라즈마 입방체

여기서, I_0 : 방전 전류, $I_i(x)$: ab -평면에서 유기된 이온전류, N_0 : 전체 이온 수, B : 외부 자계, a : 플라즈마 폭, b : 플라즈마 길이, x : 플라즈마 두께

플라즈마 이온의 밀도 $n(x)$ 는

$$n(x) = \frac{N_0}{abx} \tag{1}$$

으로 결정되므로 ab 평면으로부터 인출되는 이온전류 $I_i(x)$ 는

$$I_i(x) = \left. \begin{aligned} & \frac{1}{4} en(x) v_o ab \\ & v_o = \sqrt{\frac{2eV_e}{M}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

여기서, e 는 전자의 전하, v_o 는 이온의 초속도, V_e 는 전자온도[eV]이다. 식(1)과 (2)로부터

$$I_i(x) = \left(\frac{eN_o v_o}{4} \right) \frac{1}{x} \quad (3)$$

을 얻는다. 식(3)은 플라즈마의 두께 x 를 작게 하면 일정 방전전류에 대해서 평판에 이온 전류가 증대하는 것을 나타내고 있다. 따라서 효율이 좋은 평면의 Ion plating을 위해서는 폭이 넓고 두께가 얇은 Sheet 플라즈마가 필요하게 된다.

2.3 Sheet 플라즈마의 생성원리

우선, 직류방전에 의해 원주 플라즈마가 그림2에 나타난 전극배치에 의해 만들어지고 있는 것을 전제로 한다.

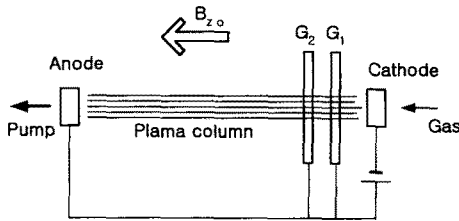


그림2. 외부자계에 의한 원주 플라즈마 발생장치

여기서, G_1 과 G_2 는 각각 제1, 2 중간전극이고, B_{z0} 는 외부 자계를 나타낸다. Anode전극과 제2중간 전극 사이에서 원주 플라즈마를 폭이 넓고 두께가 얇게 바꾸기 위해서 그림3에 표시한 것과 같이 2개의 각형 영구자석을 플라즈마 원주의 양측에 배치한다. 플라즈마 원주가 흐르는 방향을 z 축, 영구자석의 표면에 수직인 양측을 y 축, 평행한 양측을 x 축으로 설정하면, 영구자석에 의한 새로운 자장성분 B_x, B_y, B_z 가 초기 자장 B_{z0} 에 더해진다. 여기서, 영구자석의 극성을 그림3과 같이 설정하면 B_x 성분은 플라즈마 원주를 x 방향으로 넓히고, B_y 성분은 $x-z$ 평면으로 압축한다.

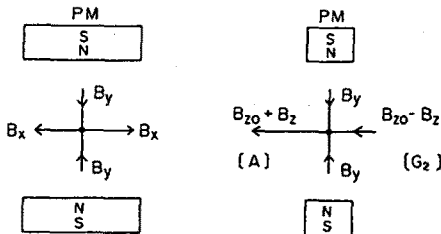


그림3. 영구자석에 의한 자속(B_x, B_y, B_z)과 외부 자계에 의한 자속 B_{z0}
[A] : Anode 방향, [G2] : 제2 중간 전극 방향

또한 B_z 성분은 플라즈마가 흐르는 방향, 즉 영구자석과 Anode사이에서는 초기자장 F_{z0} 를 강하게 하고, 제2중간 전극사이에서는 약하게 한다. 제2중간 전극과 영구자석 사이에서 $(B_{z0}-B_z)$ 가 B_x 에 근접하는 점이 존재하면 플라즈마는 x 방향, z 방향으로 갈게 넓어지기 때문에 방전공간영역의 직경방향(x 방향)으로 넓어져 그림4와 같은 형태로 되는 것이 예상된다.^[2]

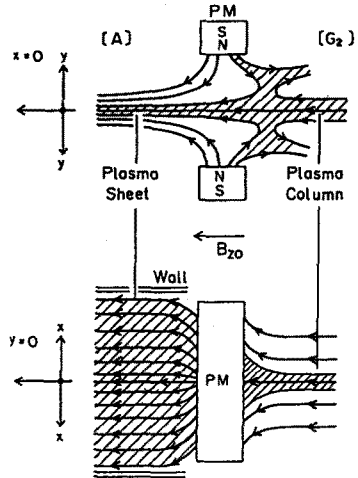


그림4. 자속선 분포와 플라즈마 형상
PM : 영구자석
[A] : Anode 방향
[G2] : 제2 중간전극 방향
 B_{z0} : 외부 자계

3. MgO박막장치의 자기회로 해석

본 연구에서 MgO 증착을 위해 고안한 플라즈마를 이용한 MgO박막장치의 개략도와 제작된 시작품을 각각 그림5와 그림6에 나타내었다. MgO박막장치의 상측에 플라즈마 발생장치가 위치하며, 외부 자계를 인가하기 위해 권선1과 권선2를 그림5와 같이 상측(Cathode측)과 하측(Anode측)에 각각 설치하였다.

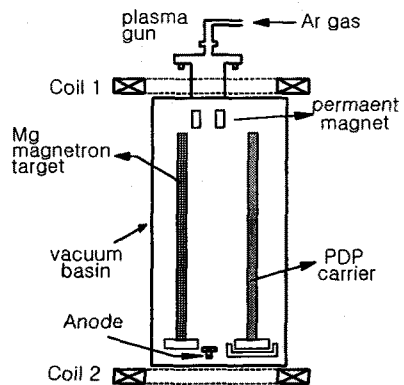


그림5. MgO박막장치의 개략도(측면도)

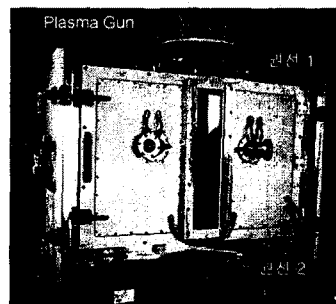


그림6. MgO박막장치의 시작품

그리고, 원주형태로 발생된 플라즈마를 넓게 퍼주기 위해 플라즈마 발생장치의 아래쪽에 막대형 영구자석 2개를 마주보게 배치하였다.

MgO박막장치의 자기해석은 해석모델의 기하학적인 특성상 3차원으로 수행되었다. 해석모델은 그림7과 같이 자계를 발생시키는 요소만으로 구성되었으며, 이외의 요소들은 모두 비자성체로 제작되었으므로 생략되었다. 권선1의 위측은 플라즈마 발생장치 내에 있는 원형자석과 코일을 나타낸다.

해석결과, MgO박막장치의 자속분포는 그림8과 그림9와 같다. 외부 권선1, 2에 의해 MgO증착공간에서 자기차폐가 형성되었으며, 영구자석에 의해 x-z평면에서 얇게 수축되고 있다. 그림9에서는 권선1과 권선2에 각각 15[A]와 60[A]의 전류를 흘릴 때 발생하는 자속분포를 비교하였다. 강한 외부자계에 의해 자기차폐는 더욱 수축되는 경향을 보이고 있다. 그림10에는 해석모델의 중앙선(z방향)을 따라 분포된 자속밀도를 권선의 전류변화에 따라 나타내었다. 여기서 자속밀도의 (-)값은 Anode로 향하는 성분을 나타내며, 위치가 0인 점이 영구자석의 위치를 나타내고, (+)위치가 Anode방향으로 MgO증착공간이다. 그림11과 그림12는 시작품에서 시험한 플라즈마 형상으로 외부자계의 유무에 따른 형상변화를 나타내고 있다.

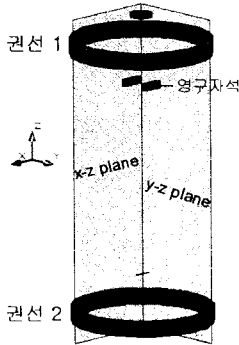
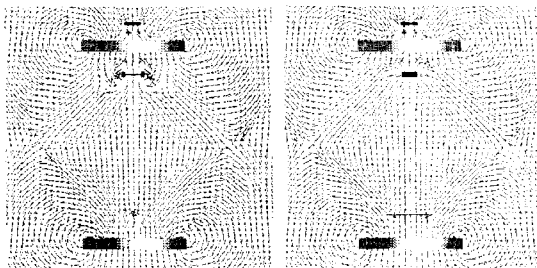
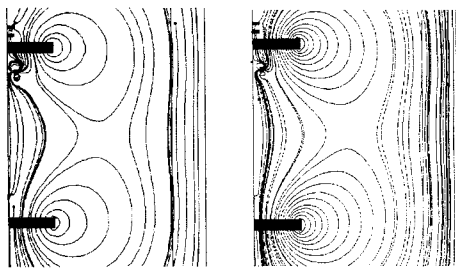


그림7. MgO박막장치의 자기 해석모델



a) y-z평면 b) x-z평면
그림8. MgO박막장치의 자속 vector도



a) 15[A] b) 60[A]
그림9. y-z평면에서의 자속선 분포

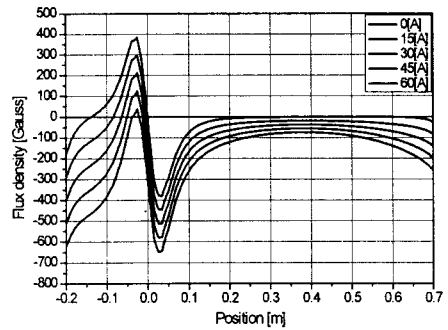
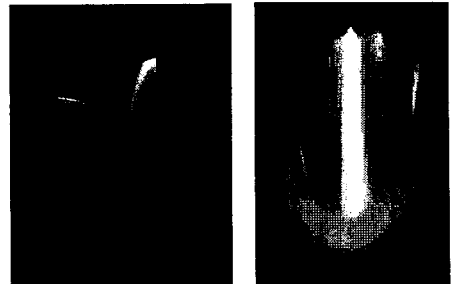


그림10. 해석모델의 중앙선에 분포된 자속밀도(z성분)



그림11. 외부 자계가 없는 플라즈마 형상



a) 정면 형상(y-z평면) b) 측면 형상(x-z평면)
그림12. 외부자계 및 영구자석에 의한 플라즈마 형상

4. 결 론

본 논문에서는 Ion plating법을 이용한 MgO박막장치에서 플라즈마가 넓고 두께가 얇은 형태로 변형되도록 영구자석 및 공심 솔레노이드로 구성되는 자기회로를 설계하고, 유한요소법을 이용한 자기분포 해석을 통해 그 효과를 검토하였다. 분석결과 외부자계에 의해 발생된 자기차폐에 의해 플라즈마는 넓고 얇게 수축되었으며, 외부자계의 세기가 클수록 이러한 경향을 커졌다. 향후 영구자석의 위치와 형상, 그리고 치수를 변화시키며 고밀도의 Sheet 플라즈마가 형성되는 최적의 자기회로를 설계하고자 한다. 그러나, 플라즈마는 자기차폐만으로 제어될 수는 없으며, 자기유체역학(MHD)적인 분석도 동시에 요구된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이두희, "플라즈마 디스플레이 패널의 기술동향", 지식재산21(특허청), 통권 제57호, 11월 1999.
- [2] 補本 上進, "대면적 이온플레이트팅のための 고효율シートプラズマ", 眞空, 제25권 11호, pp719-726, 1982.
- [3] Komiya and Tsuruoka:Proc.6th Internl. Vacuum Congr., J.Appl.Phys.Suppl 2,Pt.1, p.415, 1974