

직류 마그네트론 시스템에서 방전 및 스파터링 특성

곽 영순, 조 정수, 박 정후, 김 광화^o, 우 봉주
부산대학교

The Characteristic of Discharge and Sputtering
on the DC Magnetron System

Y.S. Kwak, J.S. Cho, C.H. Park, K.H. Kim, B.J. Woo
Pusan National University

ABSTRACT

A dc magnetron system for cathode sputtering with a spool-shaped cathode is described. The sputtering conditions are discussed concerning pressure, magnetic field and discharge current.

1. 서론

음극 스파터링은 반도체, 고부가 금속, 유전체 등의 제작에 이용되고 있다. 현재의 스파터링 시스템은 여러가지가 있으며 일반적으로 직류 평판전극으로 된 것을 많이 이용하고 있다. 이것은 구조가 단순하고 제작비용은 적게 들지만 스파터링율과 제작된 박막의 질이 저하하는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 해소하기 위한 방안으로 직류 마그네트론을 이용한 스파터링을 페닝(Penning)이후 연구되어 커다란 성과를 얻었다.¹⁾ 마그네트론에서는 밀도 높은 방전과 스파터링을 낮은 가스압 상태에서 행할 수 있고 자계로 방전을 음극 주위에만 집중시킬 수 있다. 따라서 기판을 방전구역 밖으로 놓을 수 있고 또한 기판이 직접적으로 방전을 하지 않기 때문에 기판에 의한 오손과 그 반동력을 감소시킬 수 있다. 또한 2차전자는 음극 주위에 갇혀 있어 그 에너지 전체를 가스분자 이온화에 소모하고 적층층에 충돌에너지를 거의 전달하지 않는 특성을 갖고 있어 고온에 견디지 못하는 기판 즉 플라스틱, 반도체, 종이 및 생물체 등에 적층층을 만들 수 있고, 반응성 스파터링도 가능한 장점을 지니고 있다.
1. 2 3. 4. 5)

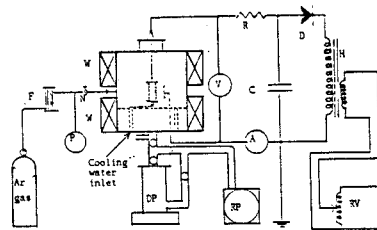
본 연구에서는 스파터링에 관한 기초연구로서 마그네트론에서 아르곤 가스의 방전특성과 알루미늄 음극의 스파터링 특성의 상관관계를 규명하였다.

2. 실험장치

본 실험에 사용된 마그네트론 실험장치의 개략도는 그림 1과 같으며 진공조, 진공펌프시스템(Rotary Pump, Diffusion Pump), 방전전원 및 자계인가 전원으로 구성하였다. 진공조에 가할 수 있는 자계값의 범위는 0 - 600 (gauss)이며, 전극에 가할 수 있는 방전전원의 전압은 직류 0 - 5 (KV), 전류는 0 - 500 (mA)정도를 인가할 수 있도록 설계 제작하였다.

그림 2는 본 실험에 사용된 알루미늄 전극이며 전극의 음극 직경 10 (mm), 길이 30 (mm), 날개폭 10 (mm)로 하였다.

기판은 전극으로부터 15 (mm) 떨어진 거리에 전극의 길이 방향에 대해 수평으로 설치하였고 기판의 크기는 10 x 25 (mm)로 하였다. 그리고 기판에 열을 가할 수 있도록 히터를 설치하였다.



R : Resistor, D : Rectifier Diode, W : Magnetic Winding
C : Smoothing Capacitor, H : High Voltage Transformer(6Kv/220V)
N : Needle Valve, F : Flowmeter, DP : Diffusion Pump
RP : Rotary Pump, SV : Voltage Regulator

그림1 실험장치의 개략도

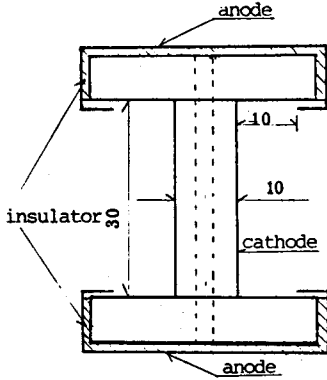


그림 2. 전극의 형상

3. 실험결과

마그네트론에서 방전개시전압(Breakdown voltage, Onset voltage) 특성은 그림 3과 그림 4이다.

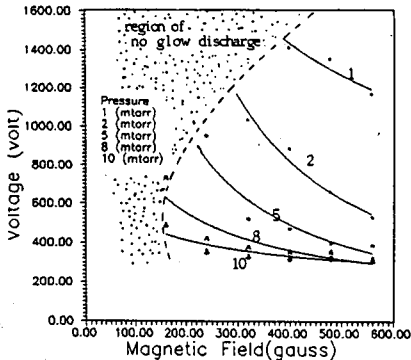


그림 3. 방전개시전압과 자계강도 특성

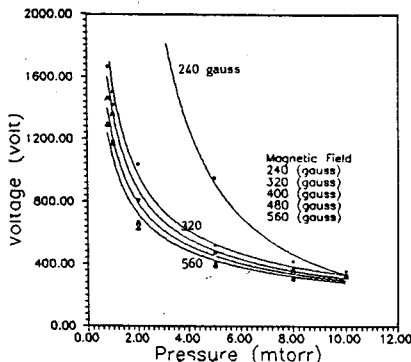


그림 4. 방전개시전압과 압력특성

그림 3에서는 자계와 전압의 상관관계에 대해 압력에 따라 나타난 개시전압 특성이다. 압력이 낮을수록 글로우 방전을 개시할 수 있는 자계값이 증가함을 알 수 있고, 낮은 압력에서는 자계의 증가에 따라 전압의 변화가 크게 변하는 것을 알 수 있다.

그림 4에서는 압력과 전압과의 상관관계를 자계값에 따라 나타난 것이다. 자계값이 클수록 같은 압력에서 낮은 전압 특성을 나타냈고 특히 4 (mtorr) 이하의 압력에서는 압력이 낮을수록 전압이 급격히 증가하는 현상을 보이고 있다.

그림 5와 그림 6은 방전전압과 방전전류의 특성이다. 그림 5는 압력과 방전전압의 관계를 나타내고 있으며 자계밀도가 높을수록 같은 압력에 대해 낮은 전압을 나타내고 자계밀도가 낮을수록 압력감소에 따라 전압의 증가 기울기가 증가하는 것으로 나타났다.

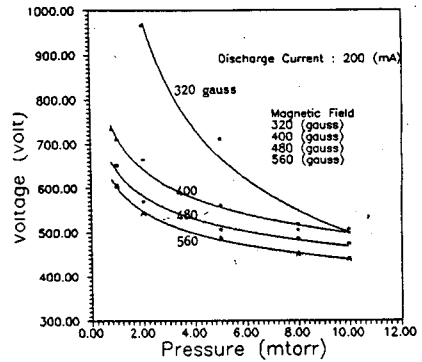


그림 5. 방전전압과 압력특성

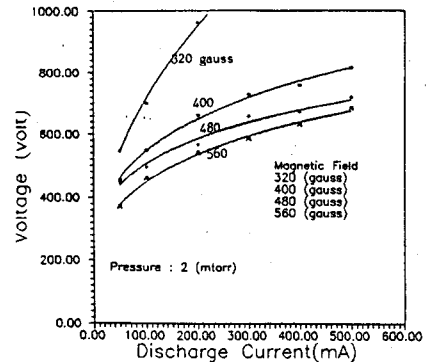


그림 6. 방전전압과 방전전류특성

그림 6은 압력 2 (mtorr) 에서 방전 전류와 방전전압 관계를 표시하고 있으며 자계의 증가에 따라 같은 전류에 대해 방전전압은 낮아지고 있으며 대체로 자계의 증가는 전압의 증가기울기가 낮아지는 것으로 나타나고 있다. 이때 나타나

는 전류와 전압의 관계는 다음과 같은 지수함수식으로 나타낼 수 있다.

$$V = I^{1/n} \quad (V: \text{전압}, I: \text{전류}, n: \text{지수})$$

그림 6에서 n의 값의 범위는 2 - 5 이다.

그림 7은 적층율을 나타낸 것으로 압력 1 (mtorr) 자계 480 (gauss)에서 전류와 적층율의 상관 관계를 나타낸 것이다. 여기서 전류의 증가에 따라 적층율이 증가하는 것을 알 수 있다.

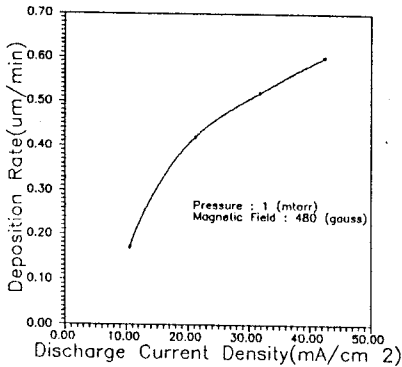


그림 7. 적층율과 방전전류특성

그림 8은 자계 480 (gauss) 전류 200 (mA)인 경우의 압력의 변화에 따라 시간당 적층율을 나타낸 것으로 압력이 낮을 수록 적층효율이 좋은 것으로 나타났다.

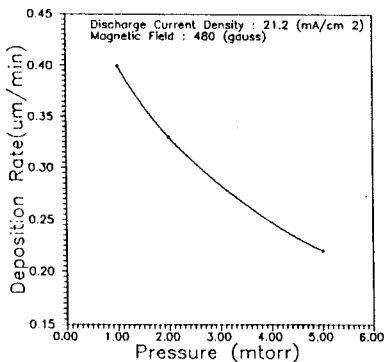


그림 8. 적층율과 압력특성

그림 9는 전극의 부분별 스파터링된 특성을 나타낸 것으로 중심 부분이 가장 심하게 스파터링되고 날개부분쪽으로 가면 스파터링이 잘 되지 않는 것으로 나타났다.

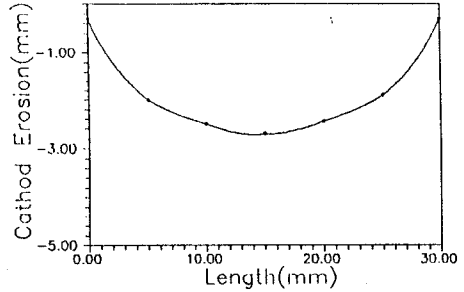


그림 9. 음극의 스파터링된 형상

4. 결 론

이상의 결과에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 낮은 압력에서 강자계 인가시 방전이 가능하므로 자계강도 480 (gauss)에서 1 (mtorr) 압력까지 스파터링이 가능하였다.
- 2) 전류밀도 증가에 따라 알루미늄의 적층율이 증가하였다.
- 3) 압력의 증가에 따라 역스파터링 효과로 알루미늄의 적층율이 낮아졌다.

참 고 문 헌

1. Jhon L. Vossen, Werner Kern, "Thin film processes", ACADEMIC PRESS, 1978
2. K I Kirov, N A Ivanov, E D Atanasova and G M Minchev, "DC magnetron system for cathode sputtering", Vac. Vol.26, No.6, 1976, pp 237 - 241
3. Alan S. Penfold, Jhon A. Thornton, "A post magnetron sputtering system for front loading chambers", Soc. Vac. Coaters Proc. Annu. Tec. Conf. 19th, 1976, pp 8 - 18
4. K. Wasa, Shigeru Hayakawa, "Low pressure sputtering system of magnetron type", Rev. Sci. Instrum. Vol.40 no.5, 1969, pp 693 - 697
5. 金原 榮, "薄膜의 基本技術", 東京大學出版會, 1987