

반응성 마그네트론 스파트링 프로세스의 제작 및 AI계 박막형성에 관한 연구

Study on Reactive Magnetron Sputtering Process and Thin Film of AlN

박 정 후* · 김 광 화* · 조 정 수* · 곽 영 순*

(Chung-Hoo Paek · Kwang-Hwa Kim · Jung-Soo Cho · Young-Soon Kwak)

요 약

반응성 마그네트론 스파트링 프로세스의 제작 및 특성과 이 프로세스에 의해 작성된 질화알루미늄 박막에 대하여 서술하였다. 마그네트론에서 자계와 압력변화에 따른 글로우 방전특성을 구하였고, 이 때 발생된 발생된 플라즈마의 전자온도 특성을 구하였다. 저기압($10^{-3} \sim 10^{-4}$ torr)에서도 안정된 방전으로 스파트링을 수행할 수 있었으며, 이 스파트링에서 제작된 조건에 따른 질화알루미늄 박막의 형성조직을 SEM사진과 Xray회절에 의하여 분석하였다.

ABSTRACT

The setting up and the characteristics of the reactive magnetron sputtering process are described and AlN thin film deposited by this system is studied in this paper. We have studied characteristics of the glow discharge for the various magnetic fields and pressures. And we have studied the plasma electron temperature characteristics at various conditions. The sputtering can be done with the stable discharge under low pressure($10^{-3} \sim 10^{-4}$ torr). We have analyzed the grain of AlN thin film obtained under the various conditions in this sputtering process and also studied SEM photo-analysis and X-ray diffraction pattern of these samples.

* 부산대학교 전기공학과

1. 서 론

스파터링(sputtering)은 박막 프로세스 기술로써 이용되기 시작하여, 그 응용범위도 넓다. 이 스파터링 현상은 일반적으로 가속된 이온이 음극 타겟(Target)에 충돌하여 운동량 교환에 의해 중성의 타겟원자가 방출되는 현상을 말하고 있다. 특히 이 스파터링에 의해 형성된 박막은 부착강도가 크고 박막의 두께 제어가 용이할 뿐만 아니라, 고온재료의 저온합성, 복합재료의 합성, 신소재의 개발 및 스파트 에칭(sputter etching)등이 가능하여 전자공업을 비롯하여 에너지 관련공업, 광학공업, 정밀기계공업 및 플라스틱 공업등에 광범위하게 응용되고 있다.^{1~5)}

현편 스파터링에는 여러가지 방식이 있으며 그중에서도 평판적극을 이용한 직류 2극방식(DC diode system)은 구조가 간단하고 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 이 방식에서는 안정된 방전과 충분한 스파터율(sputter yield)을 얻으려면 용기내 가스압력이 다른 방식에 비해 고압($10^0 \sim 10^{-2}$ torr)이 되어야 하는 결점이 있다. 고전압이 되면 작용기체의 원자가 박막에 다량 함유되어 필연적으로 박막의 질이 저하하게 된다. 저압하에서 고전압을 가하는 방법도 생각할 수 있으나 고압이 되면 이상 아크가 발생하거나, 기판이 고온으로 되는 등의 효과로 박막의 질이 저하하게 된다. 한편, 고주파(RF) 전원을 이용하여 고진공하에서 강력한 스파터링을 얻을 수도 있으나 장치가 복잡할 뿐만 아니라 가격이 높고 유지 보수에 문제점이 많다.^{6~8)}

이상의 결점을 보완할 수 있는 방법의 하나가 마그네트론 스파터링 프로세스법이다. 이 방식의 특징은 방전공간에 전계와 전계와 수직인 자계를 동시에 가함으로써 방전

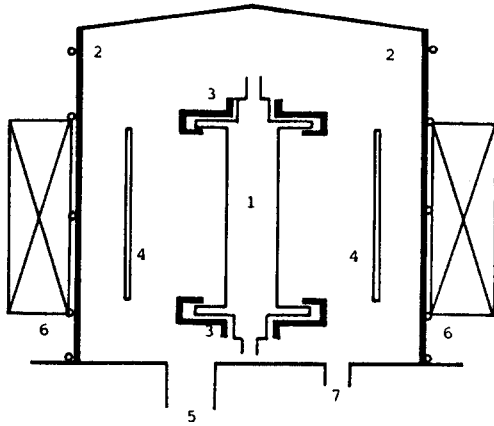
가스 압력을 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ (torr)까지 내려도 안정된 방전이 가능하여 박막의 질을 높일 수 있다. 즉, 자계에 의해 높은 에너지를 가진 전자들을 음극표면 근방으로 구속하여 이온생성율을 높일 수 있어 공업화하는 데 적합하다. 한편, 이 방식에서는 기판을 방전영역 외부에 둘 수 있어 금속 및 절연물 기판을 사용할 수 있고 기판에 불순물의 유입이 감소되어 순수박막을 얻기 쉽다.

이 논문에서는 마그네트론 스파터링 장치를 제작하여 이 장치의 방전특성을 구하고, 이 장치로써 압전소자 및 광메모리 소자로 이용 가능한 질화 알루미늄계 박막을 형성할 경우 이 박막의 형성 조건등을 실험적으로 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

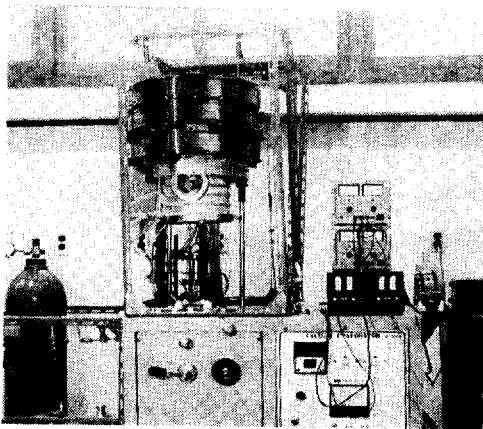
그림 1(a)는 마그네트론 프로세스 중심부인 진공조 내부 및 마그네트론 코일배치의 개략도이고, 그림 1(b)는 이 장치의 사진을 나타내고 있다. 진공조 내부의 중요부는 음극 타겟과 양극으로, 타겟은 그림 1(a)와 같이 알루미늄 원통에 원판형 날개(wing)를 일체로하여 스푼(spool)형으로 제작하였다.

이 날개없이 원통형 마그네트론 만을 사용할 경우 원통 양끝단에서 전자의 확산에 의한 손실로 인하여 안정된 방전을 얻을 수 없으므로 이를 개선하기 위한 방법으로 원판형 날개를 그림 1(a)와 같이 설치하면, 전자의 반사면으로 작용하게 되어 음극면에 강력한 균일 플라즈마를 형성하게 된다고 알려져 있다. 이 때 음극과 양극 사이에는 400~800(V) 범위의 직류전압을 인가하게 되며 이 전압으로 인한 날개부분의 아크 방전을 피하기 위하여 절연물로써 전극간을 채웠다.



- 1 : Cathode, 2 : Vacuum Chamber,
- 3 : Anode, 4 : Substrate
- 5 : Connection to Vacuum Chamber,
- 6 : Magnet Coil
- 7 : Inlet of Working Gas

(a)



(b)

Fig.1. Configuration of experimental set-up :

(a)Design of set-up : (b)Photo of experimental set-up.

그림 1. 실험장치의 개략도 (a)실험장치의 개략도 : (b)실험장치의 사진

한편, 타겟은 이온 및 전자에 의한 충격으로 가열되므로 충분히 냉각할 필요가 있다. 본 실험에서는 타겟 원통 중심에 직경 5(mm)의 냉각수 통로를 만들어 냉각수를

공급하였다. 그러나 양극(Anode)에서는 1차전자가 그에너지를 잃어버린 후에는 흡수되어 전자에 의한 충격이 크지 않으므로 양극은 냉각할 필요가 없다. 일반적으로 양극은 접지하여 사용한다.

기판은 방전에 영향을 미치지 않고 고속 전자 충격에 의해 열이 발생하지 않는 적당한 거리에 둘 수 있으며, 본 실험에서는 타겟표면에서 20(mm)거리에 기판을 두었다. 그리고 온도제어가 가능하도록 하였으며, 전면에 셔터(shutter)를 설치하여 초기 불순물 유입을 제어하였고 기판 홀다(holder)는 집지하였다. 기판은 파이렉스 유리를 초음파 세정을 행한 후 사용하였다. 음극축에 평행인 자계 발생용 코일은 상하 자유로이 이동할 수 있는 구조로서 진공조 외부에 설치하였으며, 코일 권회수는 2400회로서 중심부 자계는 거의 균일한 최대 800(gauss)의 자속을 얻을 수 있다. 방전 직류전압원은 아크 발생시 안정을 유지할 수 있도록 보호장치를 내장토록 설계제작하여 사용하였으며, 최대 전압 및 전류는 각각 2(kV) 및 2(A)였다. 진공조의 진공시스템은 액체 질소 트랩장치, 확산 펌프 및 로타리 펌프로 구성하였으며 10^{-6} (torr)까지는 쉽게 배기할 수 있었다.

진공도의 측정은 피라니(pirany)진공계 및 열음극 전리진공계를 이용하여 측정하였다. 가스유량 조절은 10^{-6} (torr) 용의 리크 밸브(leak valve)를 사용하였다.

플라즈마 특성 측정용으로 사용한 프로브(probe)는 오손에 의한 오차를 줄일 수 있는 에미션 프로브(emission probe)로써 텅스텐선(0.15×3mm)을 사용하였으며 가열 전류는 2.5(A)이고 바이어스(bias)전원으로는 ± 150 (V)용의 양극성 직류 가변전원을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2와 그림 3은 본 실험에서 제작된 마그네트론 스파터링 프로세스의 자계변화에

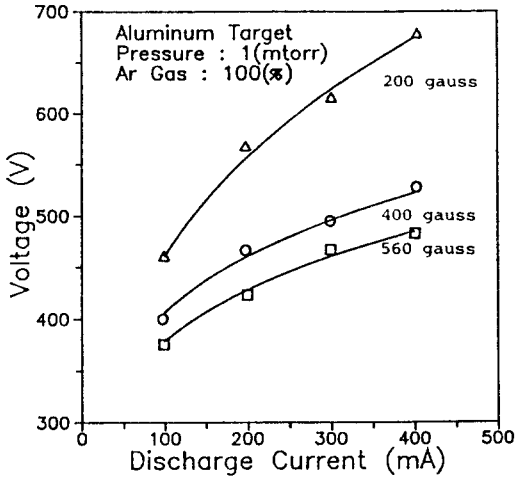


Fig.2. Characteristics of voltage versus current for various magnetic field in Ar glow discharge..

그림 2. 아르곤 글로우 방전에서 여러가지 자계하 방전전압 전류 특성

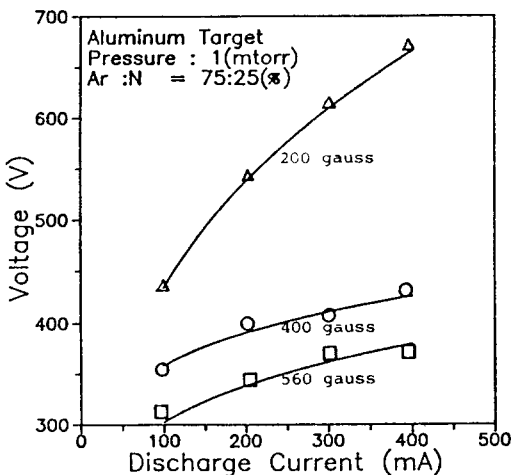


Fig.3. Characteristics of voltage versus current for various magnetic field in Ar-N₂ glow discharge.

그림 3. 아르곤-질소 글로우 방전에서 여러가지 자계하 전압 전류 특성

에 대한 방전 전압 전류 특성을 나타낸 것으로 그림 2는 동작기체로써 1(mtorr) 아르곤만을 사용한 경우이고 그림 3은 아르곤과 질소의 분압비가 75 : 25인 혼합가스를 사용한 경우이다. 한편, 반응성 스파터링의 동작가스로써 아르곤에 질소의 분압비를 5, 15, 25, 50(%)로 변화하여 질소를 혼합했을 경우 방전 특성에 미치는 질소가스의 영향을 검토하였다. 일반적으로 자계가 증가하면 같은 방전 전류를 흘리는 데 필요한 방전 전압은 저하하고 있음을 알 수 있다. 특히 낮은 자계하에서는 방전전압이 크게 증가하는 경향을 나타냈다. 질소가 25% 혼합되면 아르곤 가스만을 사용한 경우에 비해 동일한 방전전류를 얻는데 필요한 방전 전압은 약 10% 감소하였다. 이와 같이 전압이 감소하는 것은 음극 표면이 질화하여 2차 전자방출계수가 증가하기 때문인 것으로 사료된다. 주어진 자계하에서 방전 전압 전류 관계는 일반적으로 다음과 같이 지수 함수적으로 나타낼 수 있다.^{8,9)}

$$I = KV^n \quad (k : \text{비례상수}, n : \text{상수})$$

그림에서 n의 범위는 2~5였다.

한편, 그림 4와 그림 5는 방전전류 및 인가자계가 일정한 경우에 가스압의 변화에 대한 방전전압의 특성을 나타낸 것으로 그림 4는 동작기체로써 1(m.torr) 아르곤만을 사용한 경우이고, 그림 5는 아르곤과 질소의 분압비가 75 : 25인 혼합가스를 사용한 경우이다. 일반적으로 압력이 증가하면 방전전압이 감소하였고, 혼합가스인 경우는 아르곤만의 경우에 비해 방전정압이 다소 높은 경향을 나타냈다. 또한 자계가 증가하면 방전전압이 감소하였다.

이와 같이 압력이 증가하면 방전전압이 감소하는 이유는 본 실험의 조건에서와 같이 pd (p : 압력, d : 전극간 거리) 값이 파셴(Paschen) 최소값 이하의 영역에 속하기

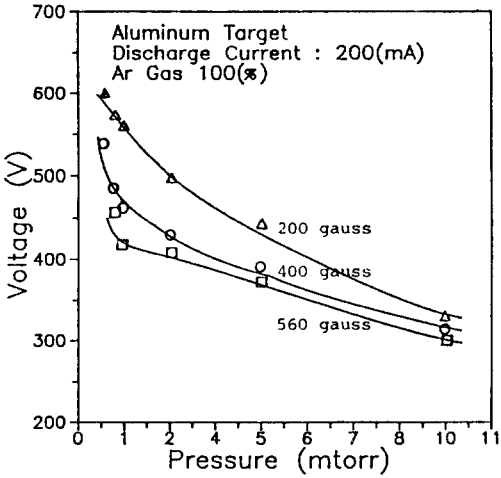


Fig.4. Characteristics of voltage versus pressure for various magnetic field in Ar glow discharge.

그림 4. 아르곤 글로우 방전에서 여러가지 자계하 압력에 대한 방전전압특성

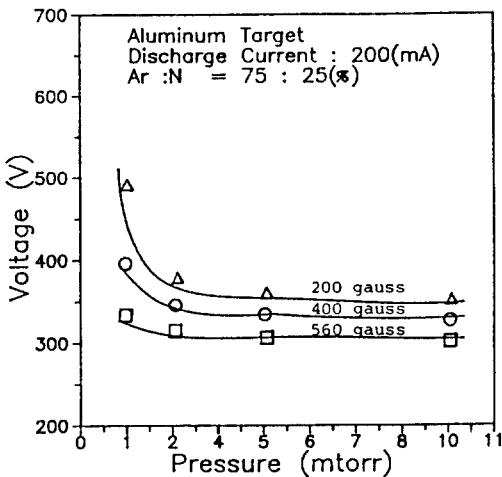


Fig.5. Characteristics of voltage versus pressure for various magnetic field in Ar-N₂ glow discharge.

그림 5. 아르곤-질소 글로우 방전에서 여러가지 자계하 압력에 대한 방전 전압특성

$$m \frac{dV_x}{dt} = e(E_x + V_y B) - mkV_x \dots\dots(1)$$

$$m \frac{dV_y}{dt} = -eV_x B - mkV_y \dots\dots(2)$$

때문이라고 생각된다. 한편 그림에서 알 수 있듯이 자계가 증가하면 전압이 일정한 경우 낮은 가스압에서 안정된 글로우(glow) 방전을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

본 실험장치에서는 그림 1에서 나타난 바와 같이 플라즈마 전위는 거의 양극 전위와 같으므로 플라즈마 층(plasma sheet)을 가상 양극(virtual anode)으로 생각할 수 있으며 그 결과 형성되는 전계와 자계는 수직 관계가 된다.

이와 같이 자계와 전계가 수직인 경우는 자계 때문에 글로우 방전 전압은 변화한다. 방전전압에 미치는 이 자계효과는 다음과 같이 생각할 수 있다.

X방향의 전계 E_x 및 E와 수직인 z방향의 자계 B하에서의 전자의 운동방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.¹⁰⁾

(1), (2)식에서 k항이 없으면 진공중에서 전자의 운동방정식이 된다. k는 전자와 중성가스입자와의 1초간 평균 충돌횟수로써 전자운동의 제동역활을 하게 되므로 mkV 형태로 속도에 비례하게 된다. 한편(1), (2)식을 미분하면(3), (4)식으로 주어진다.

$$\frac{d^2V_x}{dt^2} = -\frac{(eB)^2}{m^2}V_x - k \frac{dV_x}{dt} \dots\dots(3)$$

$$\frac{d^2V_y}{dt^2} = -\frac{eB}{m} \left(\frac{e}{m}E_x + \frac{eB}{m}V_y \right) - k \left(V_x - \frac{dV_y}{dt} \right) \dots\dots(4)$$

(3), (4)식에서 충돌이 없고, E_x=0인 경우 단순 조화 진동을 나타내는 식이 되며, 이 경우 사이클로트론 주파수(cyclotron frequency)ω_c는 다음과 같이 주어지며, 타겟이 존재할 경우는 타겟 표면에 이 주파수로써 자계에 주직으로 회전운동을 하게 된다.¹⁰⁾

$$\omega_c = \frac{eB}{m} = 2.8 \times 10^6 B \text{ [Hz]}$$

만일 전자가 암부를 벗어나지 않는 범위에 있다면 타겟에 전압을 가하면 전자의 궤적은 원운동에서 사이클로이드상 운동으로 변하게 되는 점이 다르다. 원운동의 회전반경은 라모아(Larmor)반경으로 알려져 있으며 $r=(mv)/(Be)$ 로 주어진다. 한편 정상상태에서는 $(dV_x/dt)=(dV_y/dt)=0$ 이므로 (1), (2)식에서 V_x, V_y 를 구하면 다음과 같다.

$$V_x = \frac{eE_x}{mk} \frac{1}{1+(\omega_c/k)^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$V_y = \frac{e}{mk} (-V_x B) \dots\dots\dots(6)$$

이 속도로서 $1/k$ 시간동안 진행한 거리 x 는 다음과 같이 주어진다.

$$x = \frac{V_x}{k} = \frac{eE_x}{mk^2} \frac{1}{1+(\omega_c/k)^2}$$

여기서 k 는 가스압 p 에 비례하므로

$$x \propto \frac{1}{p^2[1+(\omega_c/k)^2]} \dots\dots\dots(7)$$

로 주어지며 $B=0$ 인 경우 x 는

$$x \propto \frac{1}{p^2} \dots\dots\dots(8)$$

로 주어진다. (7), (8)식에서 B 가 존재하기 때문에 나타나는 효과는 압력 p 가 $p[1+(\omega_c/k)^2]^{1/2}$ 으로 증가한 것과 등가이다. 따라서 등가 가스압 p 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P=p[1+(\omega_c/k^2)]^{1/2} \\ =p[1+R(B/p)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(9)$$

여기서 $R=(e/mk_1)^2$, k_1 은 $p=1$ (toor)에서의 k 값을 나타낸다. 결국 자계를 인가하므로써 전자는 음극 주위에 구속되어 ω_c 에 해당하는 주파수로서 회전운동을 하게 되며 그 결과 음극 암부에서 전리에너지를 얻어 동작기체를 충돌절리할 수 있는 기회가 많아진다. 즉 자계를 가하지 않았을 경우에 비해 가스압이 (9)식 처럼 증가한 것과 등가로 되어 전리기회가 많아지므로 글로우 방전 개시 전압이 감소하게 된다고 생각된다.

그림 6은 다른 조건을 일정하게 한 후 자계만 각각 200, 400, 560(gauss)로 변화시켰을 경우 스펙형 음극 주위에 형성된 방전 플라즈마 층을 나타내고 있으며 자계가 증가할수록 강력한 플라즈마 층이 음극 주위에 형성되고 있음을 알 수 있다.

Langmuir 프로브법에 의해 아르곤 및 아르곤과 질소 혼합가스에서 전자온도를 측정한 결과는 그림 7과 같다. 전자온도 T_e 는 실측에서 구한 프로브 특성에서 다음식에 의해 산출하였다. ⁸⁾

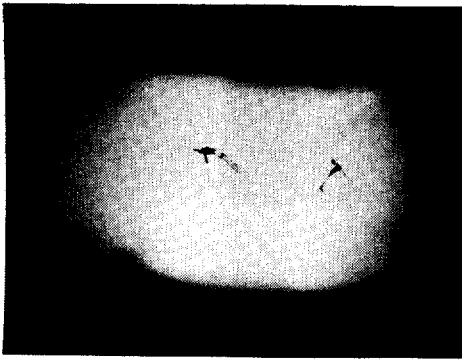
$$\log I_e = \text{const} + 11600 \frac{V_p - V_s}{T_e}$$

I_e : 전자전류

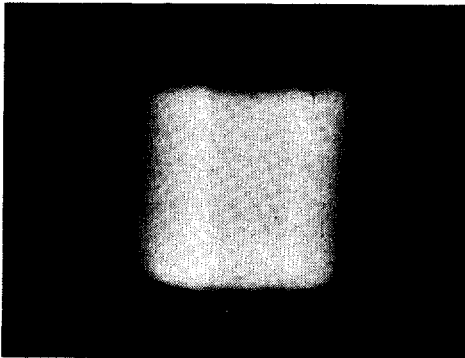
V_p : 양극과 프로브 사이의 전위

V_s : 플라즈마 전위

그림 7에서 자계가 증가하면 전자온도 T_e 가 상승할 뿐이 아니라 아르곤에 질소의 혼합비가 증가하여도 T_e 가 상승함을 알 수 있다. 자계에 의한 T_e 의 상승 원인은 자계에 의해 전자가 음극 주위에 구속되어 음극 암부에서 충분한 에너지를 얻을 수 있기 때문이며, 질소의 혼합비 증가에 의한 T_e 의 상승은 질소의 충돌단면적이 아르곤 충돌단면에 비해 약 1/3정도이므로 전자의 에너지 손실이 아르곤만의 경우보다 상대적으로



1 mtorr 200 gauss 100mA Te : 1eV
(Distance from cathode : 15mm)



1 mtorr 400 gauss 100mA Te : 1.2eV
(Distance from cathode : 15 mm)



1 mtorr 560 gauss 100mA Te : 1.8eV
(Distance from cathode : 15 mm)

Fig.6. Photo of glow discharge for various magnetic field in the magnetron.

그림 6. 마크네트론에서 여러가지 자계하 클로우 방전의 사진
적게 되어 전자온도가 상승하는 것으로 생각된다.

그림 8은 본 연구에서 반응성 마그네트론

스파터링 프로세스에서 알미늄을 음극으로 하고 아르곤과 질소의 혼합가스하에서 얻어진 알미늄 및 질화알미늄 박막의 파단 단면부의 SEM사진을 나타내고 있으며 비교하기 위해 알미늄 박막의 경우도 나타냈다.

그림 8(a, c, e)는 아르곤 가스에서 알미늄을 스파터링 한 경우로서 알미늄 박막을 나타내며, (b, d, f, g, h)는 아르곤과 질소 혼합가스에서 반응성 스파터링을 한 경우로서 (b, d, f)는 아르곤과 질소의 혼합비가 75 : 25인 경우, (g)는 아르곤과 질소의 비가 95 : 5인 경우, (h)는 아르곤과 질소의 비가 50 : 50인 경우를 나타내고 있다. 시료 제작 조건은 진공조의 압력을 1(mtorr)로 하였고, 인가된 자계는 400(gauss)로 일정하게 한 후, 음극에 400~500(V) 전압을 인가하여 방전전류가 200(mA)로 일정하게 하였다. 한편 기판은 음극으로부터

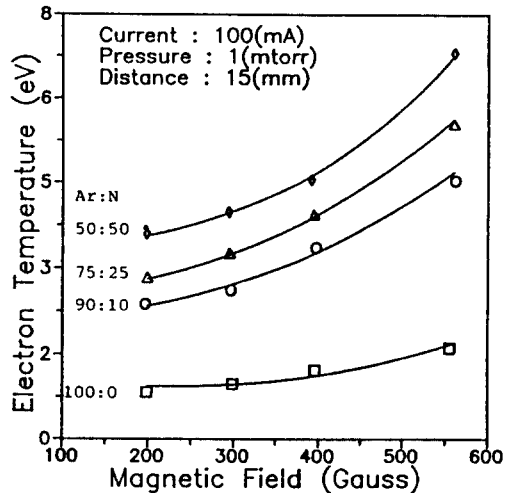
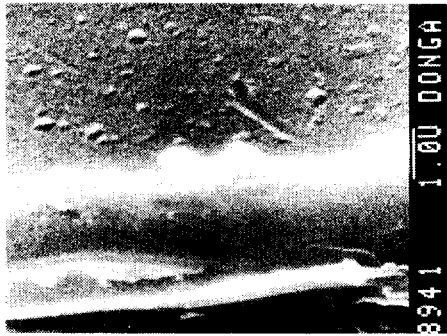


Fig.7. Characteristic of electron temperature versus magnetic field in Ar and Ar-N₂ gas.

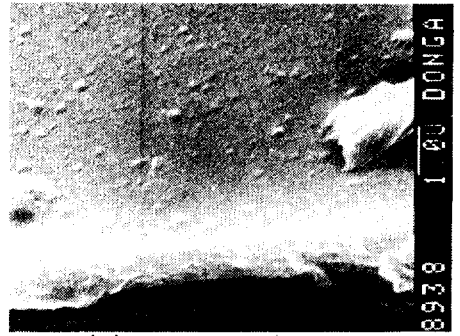
그림 7. 아르곤 및 아르곤 질소 혼합가스에서 자계변화에 따른 전자온도 특성

2.0(cm) 떨어진 거리에 설치하였고 기판에 히타를 부착하여 300℃ 및 200℃ 로 기판 온도를 조절하였다.

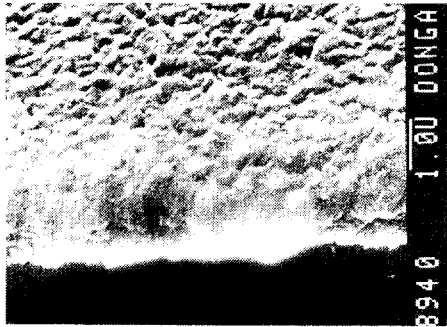
그림 8(a, b)와 같이 기판온도가 낮을 경



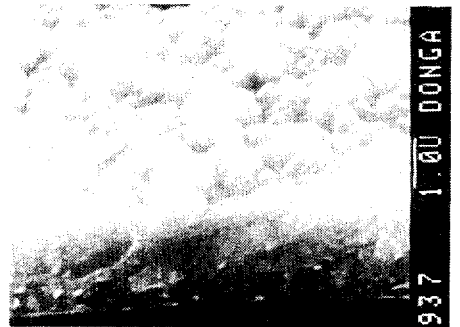
(a) Al, Room Temp.



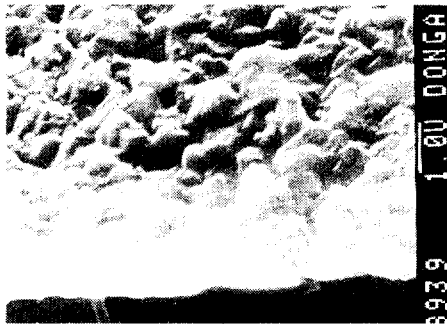
(b) AlN, Room Temp., N 25%



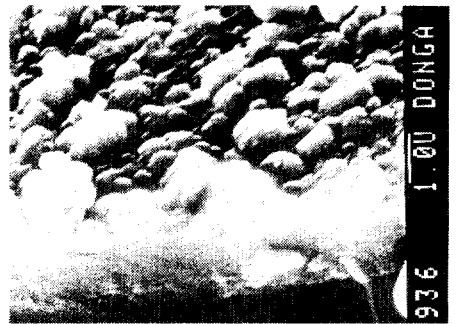
(c) Al, 200C



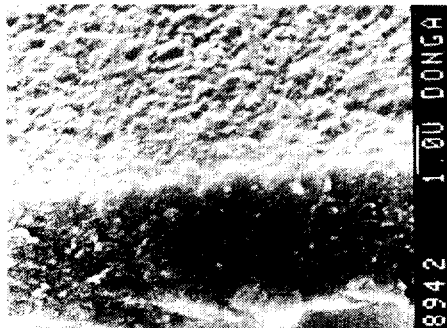
(d) AlN, 200C, N25%



(e) Al, 300C



(f) AlN, 300C, N25%



(g) AlN, 200C, N5%



(h) AlN, 200C, N50%

Fig.8. SEM photos fracture cross Section of Al and AlN thin film deposited at various substrate's temperature.

그림 8. 여러가지 온도하 기판상에 적층된 알루미늄과 질화알루미늄 박막의 전자 현미경 사진

우, 기판에 적층되는 원자는 기판에서 표면 이동도가 낮기 때문에 조직(grain)은 크게 성장하지 못하고 수백 Å의 크기로 성장한 입자가 적층되어 이루어지며, 기판온도를 고온으로 하면 원자의 표면 이동도가 증가하여 각 결정조직이 1 μ m 정도까지 성장하여 분명한 경계면을 형성하는 과정을 거치게 됨을 알 수 있다. 특히 아르곤과 질소의 혼합가스를 사용하여 반응성 스파터링 프로세스를 형성하고 기판온도를 200 $^{\circ}$ C로 한 경우(d)의 질화 알미늄 박막 조직은 같은 조건하에서 형성된 (c)의 알미늄 박막 조직과 현저히 다르게 됨을 알 수 있다. 이것은 기판 온도 뿐만아니라 적층되는 입자의 성질, 적층시 입자의 보유에너지 등에 따라 조직이 다르게 됨을 나타내는 것으로 생각되며, 200 $^{\circ}$ C로 같이 유지했을 경우라도 (g)경우는 질소의 혼합량이 5%인 경우는 알미늄의 (c)와 같은 조직을 나타내며 (h) 경우처럼 질소의 혼합량이 50%로 증가할 경우는 표면에너지가 최소로 되는 큰 원주 조직으로 성장하게 됨을 알 수 있다.

그림 9는 질화 알미늄 박막의 X-ray 회절 결과를 나타내고 있다. 이 결과에서 (111), (200)면의 알미늄 피크(peak)와

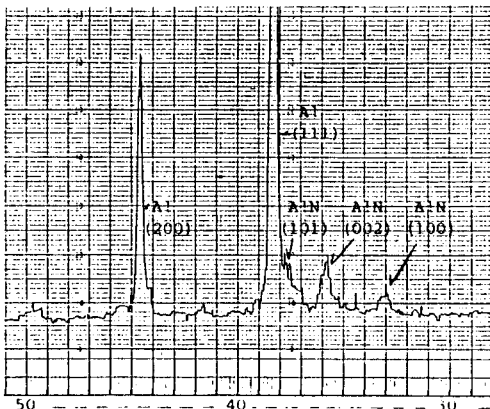
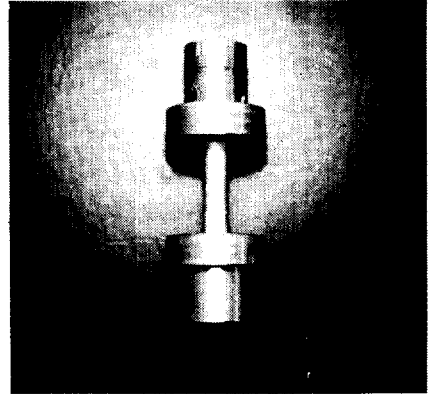


Fig.9. X-ray diffraction pattern of AlN thin film

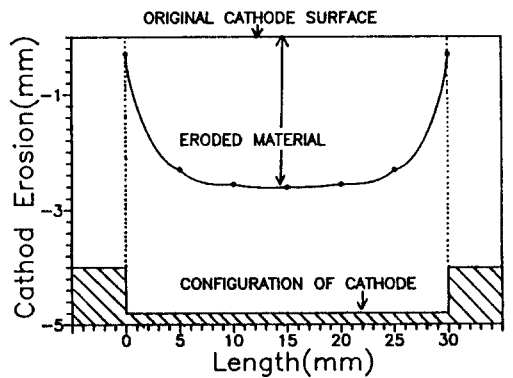
그림 9. 질화알미늄의 X-ray 회절결과

(100), (002), (101)면의 질화알미늄의 피크를 얻을 수 있으므로 질화 알미늄이 반응성 스파터링으로 형성되고 있음을 알 수 있었다.

그림 10(a, b)는 본 실험에서 수차례 스



(a)



(b)

Fig.10. Sputter erosion of material along the length of cylindrical-post magnetron cathode : (a) Photo of cathode, (b) Measured erosion of cathode (10mm diam. x 30mm long).

그림 10. 원통형 마그네트론 음극의 길이 방향으로 스파터된 침식형상 (a) 음극의 사진 (b) 음극이 침식된 결과(직경 10mmx길이 30mm)

파터링한 후 알미늄 음극의 위치에 따른 침식 깊이 변화와 음극의 사진을 나타내고 있다. 그림 10(a)에서 전극의 중심 부분은 잘

스파터링 되고 날개부분 쪽으로 가면 스파터링이 잘 되지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 음극의 길이를 달리하여 실험한 결과 음극이 길어질수록 중앙부는 균일하게 스파터링이 되는 것을 알 수 있었다.

그리고 본 실험에서 측정된 스파터링율은 0.4~1.2(atom/ion)의 범위로 나타났다.

4. 결 론

반응성 마그네트론 스파터링 프로세스를 제작한 후 이 장치의 방전 특성과 질화 알루미늄 박막형성에 관한 실험적 고찰에서 얻어진 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 본 마그네트론 스파터링 프로세스에 200~600(gauss)의 자계를 가하므로써 아르곤 가스압이 1(m.torr)이하의 고진공하에서도 안정된 글로우방전을 얻을 수 있으며, 직류방전 전압도 500(V)정도의 전전압으로 충분하였다. 특히 고진공이 될수록 자계가 증가할 경우 방전전압 감소율이 증가하였다.
- 2) 방전 전압 전류 특성은 아르곤 동작가스만의 경우보다 질소가스의 분압비가 큰 경우일수록 동일한 방전전류를 얻는데 필요한 방전전압은 감소하며, 질소의 분압비가 25(%)인 혼합가스에서 방전전압이 약 10(%) 감소하였다.
- 3) 글로우 방전 내의 전자온도는 자계가 증가하면 상승하는 경향을 나타내며, 동일한 자계에서도 질소의 분압비가 증가하면 전자온도는 상승하였다. 질소의 분압비가 50(%)로 증가할 경우 아르곤만의 경우에 비해 전자온도는 약 4배 상승하였다.
- 4) 기판온도가 낮을 경우 형성된 박막조직 (grain)은 성장이 활발하지 못하여 분말상의 입자가 적층한 것과 같은 형태를

갖지만, 기판온도가 높아짐에 따라 조직의 성장이 활발하여 분명한 계면을 가진다. 기판온도를 200℃로 하여 형성된 질화 알루미늄 박막조직은 질소의 분압비가 증가하면 알루미늄 박막의 경우보다 쉽게 성장하며, 50(%)의 혼합비에서 형성된 질화 알루미늄 박막은 원주상 조직이 형성된다.

이 논문은 1990년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술 연구 조성비에 의해 연구되었음

(1991년 5월 31일 접수)

참 고 문 헌

- 1) B.N.Chapman, Glow Discharge Processes ; *Sputtering and Plasma Etching*, Jhon Wiley & Son Inc.,(1985).
- 2) S.Kadlec and J.Musil ; *J.Vac.Sci.Tech. A.8*(3), (1990)
- 3) 金原繁; “박막의 기초”, 동경대학 출판, (1987)
- 4) Russak, M.A and Rossnagel, S.M. ; *Plasma Processing*. 162~172,(1987)
- 5) Akinori Furuya, Shigeru Hirono ; *J. Appl. Phys.* **68**(1), 304~310,(1990)
- 6) N.Kumar et al ; *J.Vac. Sci. Tech.* **A5**(4), 1778~1782 (1987).
- 7) K. Wasa, Hayakawa ; *Rev.Sci,Instrum.*, **40**(1), 693~697,(1969)
- 8) T.E.Sheridan et al ; *J.Vac.Sci.Tech.* **A8** (3), 1623~1631 (1990).
- 9) T.E.Sheridan et al ; *J.Sci.Tech.* **A8**(1), 30~37 (1990)
- 10) F.Chen ; *Introduction to plasma physics and controlled Fusion*, Plenum Press ed., Chap2.,(1984)