

對向電極 스파터링 시스템의 放電特性과 TiN 薄膜形成에 關한 研究

이종호, 이규철, 이태식, 남용수⁰
울산대학교 공과대학 전기공학과

A Study on the Discharge Characteristics of Facing Target Sputtering System and Fabrication of TiN Thin Films -

Lee, Jong-Ho · Lee, Kyu-Chul · Lee, Tea-Sik · Nam, Yong-Su⁰
Dept. of Electrical Engineering University of Ulsan

- ABSTRACT -

In this paper, We were studied the discharge occurrence voltage characteristics, discharge current-discharge voltage characteristics, electron temperature and electron density characteristics on the Facing Target Sputtering System(FTSS) and fabrication of TiN thin films.

The discharge occurrence voltage characteristics and discharge current are significantly affected by magnetic flux density. The minimum value of discharge occurrence voltage are obtained about 100[Gauss].

The electron temperature are about 4-8 [eV], and electron density are about 10^{10} cm⁻³.

1. 서론

플라즈마를 이용한 신기술의 연구동향은 핵융합 발전, 우주 물리학, MHD(Magnetic Hydro Dynamics)발전 및 신소재 합성등에 이용되고 있으며 또한 초경박막과 절연박막 및 반도체 프로세스용 박막의 제작에도 널리 이용되고 있다.

일반적으로 플라즈마를 이용한 박막제조 프로세스로는 이온 플레이팅(Ion Plating), 플라즈마 CVD(Chemical Vapor Deposition), 반응성 마그네트론 스파터링(Reactive Magnetron Sputtering), RF 스파터링(Radio Frequency Sputtering)법 등이 사용되어 지고 있다.[1-4] 이러한 박막제조 방법 중에서 다이오드 방식은 전극구조가 간단한 반면, 낮은 증착률 특성, RF 방식은 절연물을 스파터 할 수는 있으나, 장치가 복잡하고 고가인 단점 및 유지보수에 어려움이 있고, 그리고 대부분의 마그네트론 스파터링 방식은 기판의 온도를 높이지 않고서도 높은 증착률 특성을 나타내고 있지만, 자성체 재료의 박막화에는 어려움이 있다. 그러나 Naoe[5] 등에 의해 대향 전극 스파터링 시스템이 개발되므로서 기판의 온도를 높이지 않고 높은 증착률과 자성체 재료의 박막을 용이하게 할 수 있게 되었다.

대향전극을 이용한 연구로는 Masahiko Naoe[5]와 S. Kadokura[6]등의 Mo, Co-Cr박막의 형성등에 관한 연구가 있으며, 국내에서는 소수의 연구자가 이 분야의 연구를 수행하고 있지만, 본격적인 연구가 수행되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 대향전극 스파터링 장치를 제작하여 방전특성과 방전에 큰 영향을 미치는 자계의 효과, 전극간 거리, 진공도등에 따른 방전특성을 규명하였다. 그리고 박막의 물성특성을 연구하기 위한 목적으로 본 장치로서 TiN 박막을 형성시켜, 박막의 저항율, 경도특성 및 적응율특성을 측정하여 분석 검토하였다. 그리고 대향전극 사이의 플라즈마 진단은 비교적 자계의 영향을 적게 받는 복탐침법(Double Probe Method)을 사용하였다.

2. 실험장치 및 방법

2-1. 실험장치

본 연구에 사용된 플라즈마 발생용 진공조는 내경 340[mm], 높이 450[mm]인 원통형이며, 재질은 스테인레스 스틸(SUS 304)이다. 배기는 10^{-6} [torr]까지 초기 배기를 행한후, 모든 실험을 행하였으며 방전기체의 혼합비는 Ar:N₂의 비가 90:10로서 일정하게 고정하였다.

그림 1은 본 연구에 사용된 진공조내의 대향전극의 개략도를 나타내고 있으며, 대향전극의 Cathode 내부에 냉각수를 흘리므로서 열 발생을 억제하였다. 그리고 양극의 전극에 가이드 링(Guard ring)을 설치하여 양호한 방전특성을 얻을 수 있도록 하였으며, 전극간 거리조절을 위하여 별도의 전극 장착 장치를 제작하였다.

본 연구에 사용된 타겟은 티타늄(Ti: 99.99%, 직경 75mm, 두께 4mm)을 사용하였다.

2-2. 실험방법

그림 1의 장치로서 다음과 같은 실험을 행하였다.

- 1) 전극간 거리에 따른 초기방전전압 특성
- 2) 진공도에 따른 초기방전전압특성
- 3) 인가자계에 따른 초기방전특성
- 4) 전극의 링(Ring)의 직경에 따른 초기 방전 전압특성
- 5) 방전 전압에 따른 방전전류 특성
- 6) 전자온도와 전자밀도 특성

- 7) 증착률 특성
- 8) 저항률 특성
- 9) 경도 특성
- 10) 박막의 표면분석(SEM, EDAX)

본 연구에 사용되어진 기판은 슬라이드 유리(Slide Glass)와 경도측정을 위하여 스테인레스(SUS년304, 20mm x30mm)를 사용하였다. 그리고 기판의 세정은 중성세제와 에탄올 및 아세톤으로 세척후, 고주파 세척기를 사용하여 증류수로 세척하였다.

대향전극 사이의 플라즈마의 진단은 자계의 영향이 비교적 적은 복탐침법(double probe methode)으로 행하였으며, 탐침의 재질은 텅스텐(직경 0.25mm)선을 사용하였다.

제작되어진 T₁N 박막의 저항률은 4단자법으로서 측정을 행하였고, 박막의 두께측정은 SEM을 사용하였다. 또한, 박막의 경도측정은 브리넬 경도로 측정을 하였으며, 성분 분석은 EDAX로서 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 그림 1의 실험장치에서 가이드 링의 내구 직경 $d = 7\text{cm}$, 진공도 $P = 1.0[\text{mtorr}]$ 로 일정하게 한 후, 전극간 거리 $L = 5, 6, 7, 8[\text{cm}]$ 로 변화시켜 가면서 자계에 따른 방전 발생 전압 특성의 결과를 나타내고 있다. 이 그림에서 방전 발생 전압 특성은 자계가 약 100[Gauss] 정도에서 전극간 거리와는 무관하게 최저 발생 전압 특성을 나타내고 있다. 방전발생 전압을 초기에는 증가하는 경향이 있는데 이는 인가 자계가 전자를 유속근처에서 구속하지 못하고 오히려 전자의 발생을 억제하기 때문으로 생각된다. 이후 인가자계가 증가함으로 인하여 방전발생전압이 감소하는 것은 일정자계 이상의 자계가 인가되면 고 에너지의 γ 전자가 발생하여 전극의 표면에 강력한 2차전자를 형성하고 또한 이로 인하여 전자의 밀도가 증가하기 때문으로 생각되며 이러한 현상은 방전전류 특성에서도 잘 나타나고 있음을 알 수 있다. [5]

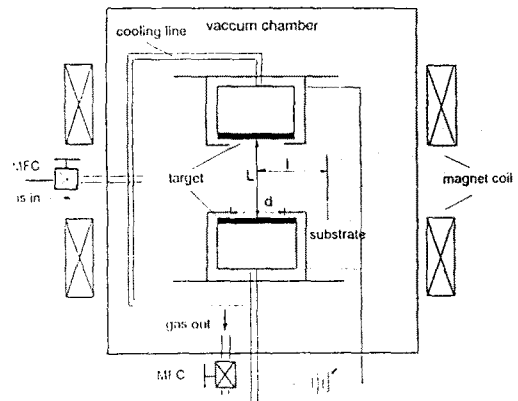
그림 3은 그림 1의 실험장치에서 가이드 링의 내구 직경 $d = 7\text{cm}$, 자계의 세기 $\phi = 400[\text{gauss}]$ 로 일정하게 한 후, 전극간 거리 $L = 5, 6, 7, 8[\text{cm}]$ 로 변화시켜 가면서 진공도에 따른 방전 발생 전압특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 방전 발생 전압특성은 전극간 거리에 상관없이 진공도가 낮아짐으로서 점차적으로 낮아지는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 4는 그림 1의 실험장치에서 가이드 링의 내구 직경 $d = 7\text{cm}$, 진공도 $P = 1.0[\text{mtorr}]$ 및 자계의 세기 $\phi = 400[\text{gauss}]$ 로 일정하게 한 후, 전극간 거리 $L = 5, 6, 7, 8[\text{cm}]$ 로 변화시켜 가면서 방전전압에 따른 방전전류 변화특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 방전전류 특성은 전극간 거리에 상관없이 방전전압의 증가와 더불어 점차적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히, 전극간 거리가 7cm에서 양호한 방전전압 - 방전전류 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

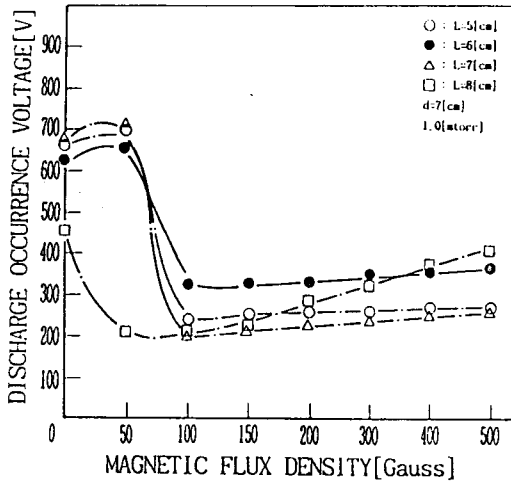
그림 5는 그림 1의 실험장치에서 전극간 거리 $d = 7[\text{cm}]$, 진공도 $P = 1.0[\text{mtorr}]$ 및 방전전압 $V = 600, 700[\text{V}]$ 로 일정하게 하였을 때, 자계에 따른 전자온도와 전자밀도의 변화특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 자계에 따른 전자온도 특성은 방전전압이 600[V]일때는 거의 일정한 값으로 나타남을 알 수 있다. 그리고 전자온도의 범위는 대략 4-8[eV]임을 알 수 있다. 반면, 전자밀도 특성은 자계의 증가로 인하여 증가하고 있음을 알 수 있으며, 이는 전류의 증가로 인한 것으로 생각된다.

4. 참고문헌

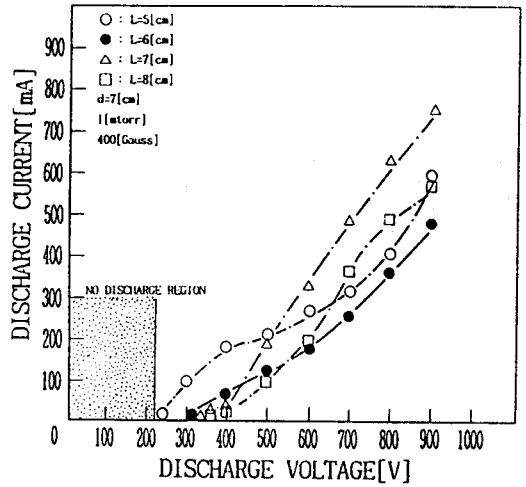
- [1] John L. Vossen, Werner Kern " Thin Film Process " Academic Press(1978)
- [2] F.F.Chen " Introduction to Plasma Physics " Plenum Press(1974)
- [3] 박덕규 "플라즈마 및 核融合物理學" 眞雪出版社, (1985)
- [4] Joy George, " Preparation of Thin Films " McGraw-Hill, 1986
- [5] Masahiko Naoe, Shun ichi Yamanaka and Youichi Hoshi " Facing Targets type of Sputtering Method for Deposition of Magnetic Metal Films at Low Temperature and High Late" IEEE Trans. on Magnetics, Vol., Mag-16, pp. 646 - 648, No.5, 1980
- [6] S.Kadokura et al, " Plasma Effects on the Co-Cr Deposition in Opposing Tagets Sputtering Method " IEEE, trans.,on Magnetics, Vol. MAG-18, No.6, pp. 1113-1115, 1983



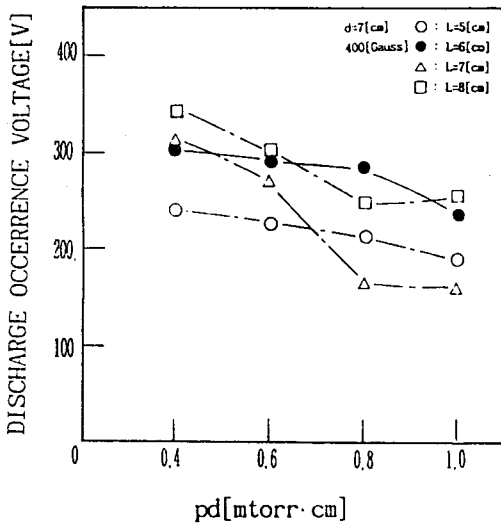
1. 대향전극 스퍼터링 시스템의 평면
Fig. 1 Schematic Diagram of Facing Targets
Sputtering System



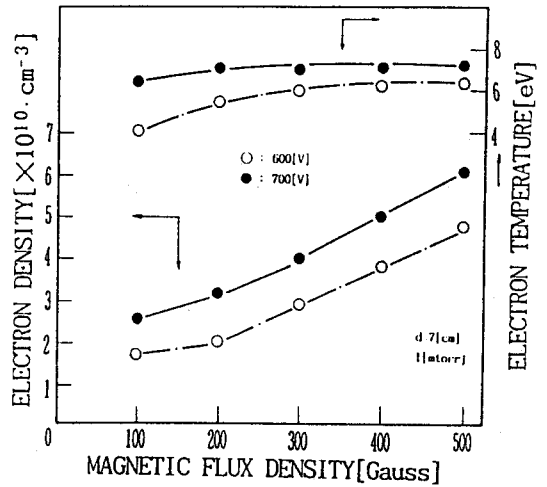
2. 자계에 따른 방전발생 전압특성
 Fig. 2 The Characteristics of Discharge occurrence Voltage - Magnetic Flux Density



4. 방전전압 - 방전전류 특성
 Fig. 4 The Characteristics of Discharge Voltage - Discharge Current



3. 진공도에 따른 방전발생 전압특성
 Fig. 3 The Characteristics of Discharge occurrence Voltage - pd [mtorr·cm]



5. 자계에 따른 전자온도와 전자밀도 특성
 Fig. 5 The Characteristics of Electron Temperature and Electron Density - Magnetic Flux Density