

TM-93-07

## 대향전극 스퍼트 시스템의 방전특성에 관한 연구 A Study on the Discharge Characteristics of Facing Target Sputtering System

이종호·이규철·남용수·이태식\*  
울산대학교 전기공학과

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

### ABSTRACT

This paper presents the discharge characteristics of FTS system under various discharge conditions.

Electron temperature and electron density are studied by double probe method.

The Characteristics of discharge occurrence voltage and discharge current are significantly affected by magnetic flux density. And the best TiN thin film is obtained at 700[V], 400[Gauss] and 1.0[mTorr].

## 1. 서 론

최근 새로운 기술의 개발과 재료의 개발은 산업기술의 발전에 크나큰 영향을 미치게 되었으며, 특히, 플라즈마를 이용한 신소재의 합성이나 이를 통한 새로운 재료의 개발은 무한한 가능성과 응용 가능성에 있어 차세대 연구분야 중의 하나이다. 이러한 플라즈마를 이용한 국내외의 주된 연구방향은 우주물리학, MHD발전, 신소재 합성 및 가공, 절연재료의 코팅(coating) 및 초정밀 저항체의 박막화 기술등에 있으며, 미래 지향적인 연구과제로 각광을 받고 있다. [1-3]

최근 전기 및 전자재료 분야에서 플라즈마를 이용한 대표적인 응용기술로는 각종 소자의 박막화 및 초정밀 가공등이 있으며, 이에 관한 연구는 초기의 평판전극을 이용한 박막화에서부터 현재의 RF전원 및 Microwave를 이용한 박막화에 까지 이르고 있다. [1-5]

각종 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 있으나, 박막 재료의 재질과 박

막화 기술의 종류에 따라 각각의 장단점을 가지고 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구가 국외의 학계 및 산업체의 연구자들에 의해 주로 행해져 왔고[3-5], 국내에서도 몇몇 학계 및 산업체의 일부 연구자들에 의해 행해지고 있으나, 스퍼팅 시스템에 있어 가장 중요한 스퍼팅의 기초변수에 대한 방전특성에 관한 연구는 아직까지 기초적인 연구에 머물고 있는 실정이다. [7-9]

본 연구에서는 박막제작에 관한 연구에 선행하여 박막제작에 있어, 박막형성에 결정적인 영향을 미치는 기초변수에 따른 대향전극의 방전특성을 규명하고, 박막형성의 최적조건을 규명하기 위한 목적으로 본 연구실에서 제작한 대향전극 시스템(Facing Target Sputtering System)을 이용하여 마주보는 두전극사이의 거리(L), 가이드링의 직경(d), 진공도(P), 자계( $\phi$ ), 인가전압(V) 및 타게의 위치변화(I) 등에 따른 초기방전 발생전압, 방전전압 - 방전전류특성, 전자온도특성, 전자밀도특성, 박막의 증착률, 저항률 및 경도특성 등을 측정후, 분석·검토를 행하고, 고찰하였다.

## 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 : N<sub>2</sub>의 비가 90:10로서 일정하게 고정하였다.

그림 1은 본 연구에 사용된 진공조내의 대향전극의 개략도를 나타내고 있으며, 대향전극의 Cathode 내부에 냉각수를 흘리므로써 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 TiN 박막의 저항율은 4단자법으로서 측정을 행하였고, 박막의 두께측정은 SEM을 사용하였다. 또한, 박막의 경도측정은 브리넬 경도로 측정을 하였으며, 성분 분석은 EDAX로서 행하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 2와 그림 3은 그림 1의 장치에서 가아드 링의 내경을  $d = 6[cm]$ 와  $d = 7[cm]$ 로 하였을때 진공도  $P = 1.0[m\text{torr}]$  로 일정하게 한 후, 전극간 거리를  $L = 5, 6, 7, 8[cm]$ 로 변화시켰을 때, 인가 자계에 따른 방전 발생 전압 특성의 결과를 나타내고 있다. 이 그림에서 방전 발생전압 특성은 인가 자계가 50[Gauss] 부근에서 cut-off 자속밀도가 존재함을 나타내고 있으며, 임계값 이하의 자계에서는 초기방전 발생전압이 증가하는 경향을 보이는데 이는 인가자계와 전계에 의한 전자와 이온의 drift에 기인하는[3] 것으로 생각된다. 그리고 임계값 이상의 자계가 인가되면 약 100[Gauss] 정도에서 전극간 거리에 상관없이 최저 발생전압 특성을 나타내고 있다. 이렇게 방전 발생전압이 감소하는 이유는 임계값 이상의 자계가 인가되면 高에너지의  $\gamma$  전자가 발생하여 전극의 표면에 강력한 2차 전자를 형성하고, 이로인하여

전자의 밀도가 증가하기 때문으로 생각된다.[5] 즉, 이러한 현상은 방전전류 특성에서도 잘 나타나고 있음을 알수 있다.

그림 4와 그림 5는 진공도를 1.0(mtorr), 인가자계를 400[Gauss]로 일정하게 한 후, 전극의 가드링의 직경을  $d = 6[cm]$ 과  $d = 7[cm]$ 로하고, 각각의 조건하에서 전극간 거리를  $L = 5, 6, 7, 8[cm]$ 로 변화시켰을 때, 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  $d = 7[cm]$ 에서 양호한 방전전압 - 방전전류 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한, 이 그림에서 방전전류는 가드링의 직경이 7[cm]일 때가 6[cm] 보다 높게 나타나는데, 이는 타겟의 면적이 증가함으로 인하여 전자의 생성이 활발하여 전극간에 전자의 밀도가 증가하기 때문인 것으로 생각된다

그림 6과 진공도를 1.0(mtorr), 전극간 거리  $d$ 를 7[cm]으로 고정하고, 인가 전압을 600[V]와 700[V]로 하였을 때, 인가 자계에 따른 전자온도와 전자밀도 특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 자계에 따른 전자온도 특성은 방전전압이 700[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 자계로 인한 전자의 라모아 반경이 줄어들어 전자의 충돌이 크지고, 또한, 2차 전자의 생성이 활발해 지기 때문인 것으로 생각되어진다.

### - 참고 문헌 -

- [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" 螢雪出版社, (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
- [7] 이종호 외 "전극의 재질에 따른 플라즈마 방전특성에 관한 연구" 대한전기학회 추계종합학술회 논문집, pp 315-317, 1992

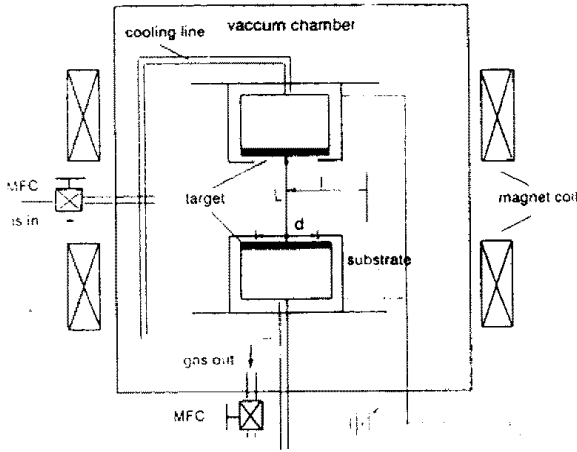


그림.1 대향전극 스파터링 시스템의 형상  
Fig. 1 Schematic diagram of facing target sputtering system

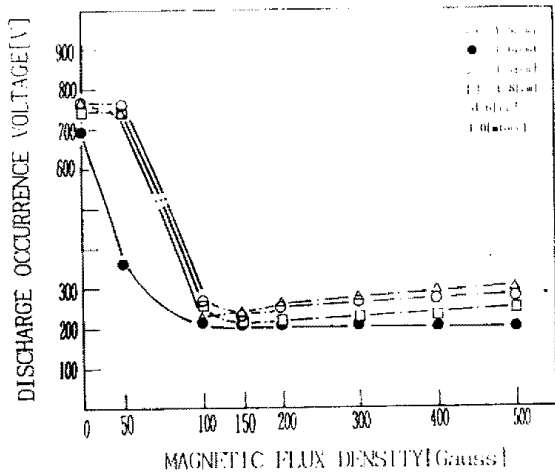


그림.2 자계에 따른 방전발생 전압특성  
Fig. 2 The characteristics of discharge occurrence voltage -magnetic flux density

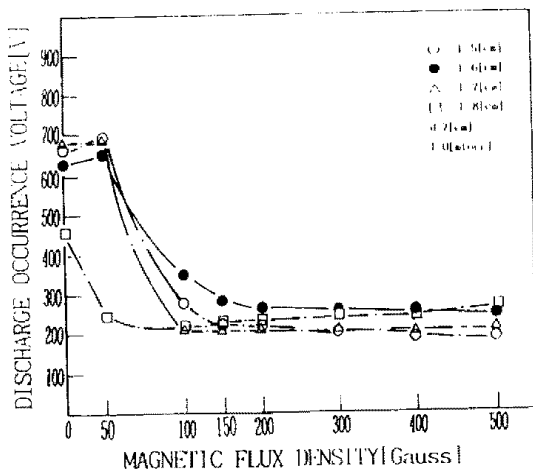


그림.3 자계에 따른 방전발생 전압특성  
Fig. 3 The characteristics of discharge occurrence voltage -magnetic flux density

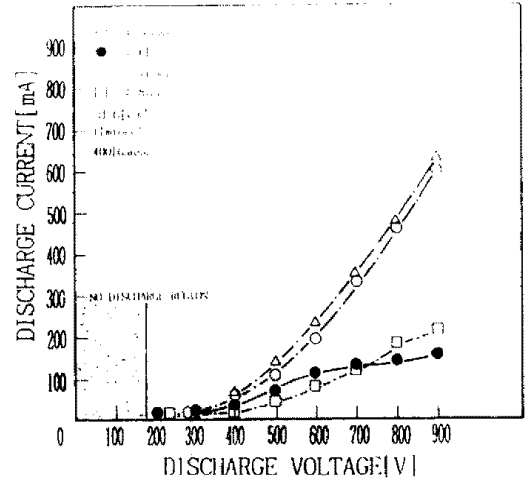


그림.4 방전전압-방전전류특성  
Fig. 4 The characteristics of discharge voltage-discharge current

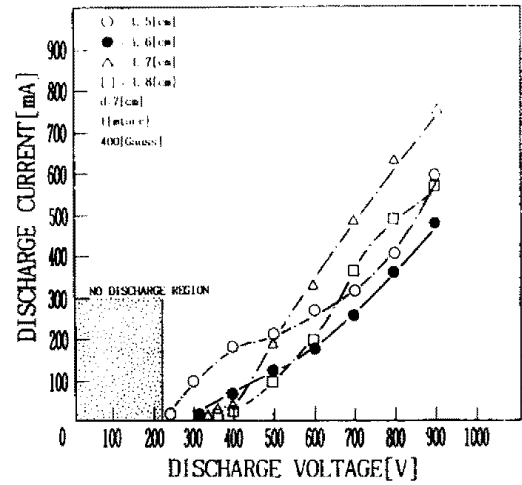


그림.5 방전전압-방전전류특성  
Fig. 5 The characteristics of discharge voltage-discharge current

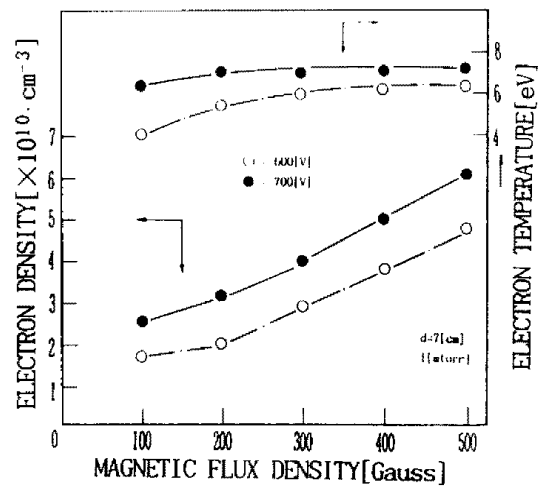


그림.6 전자온도와 전자밀도특성  
Fig. 6 The characteristics of electron temperature and electron density-magnetic flux density