

**대향전극 스파트링 시스템의 방전특성과  $Al_N$ 박막형성에 관한 연구**  
**A study on the Discharge Characteristics of Facing Targets**  
**Sputtering Systems and Fabrications of  $Al_N$  Thin Films**

이 종 호, 이 규 철, 남 용 수, 김 경 석\*  
울산대학교 공과대학 전기공학과

Lee, Jong-Ho, Lee, Kyu-Chul, Nam, Yong-Su, Kim, Kyeng-Suk#  
Dept. of Electrical Engineering Univ. of Ulsan

- ABSTRACT -

In this paper, we have investigated the optimal discharge conditions(parameters of this experiment) in facing targets sputtering system and fabricated  $Al_N$  thin films. The parameters of this study are diameter of wing(d) and distance(L) between two facing targets. Varing discharge conditions, the discharge characteristics are wide different. The optimal conditions in this experiments are  $d = 6.5$  [cm],  $L = 6.5$  [cm].

1. 서 론

일반적으로 금속의 박막화 기법은 물리적방법과 화학적방법으로 나누어 지며[1] 이중 물리적 방법의 하나인 플라즈마를 이용한 스파트링법은 그 간결성과 재현성이 우수하여 향후 주목받는 기술의 하나로 인지되고 있다.[2] 일반적으로 플라즈마를 이용한 박막 제조법으로는 다이오드 방식, RF스파트링법 마이크로 웨이브를 이용한 스파트링법등이 있으나 다이오드방식은 낮은 증착률특성을 가지며, 기타의 경우는 장비가 고가이며 유지보수에 어려움이 있다.[2,3,4] 그러나 본 연구에 사용된

대향전극 스파트링 시스템은 구조가 간단할뿐 아니라 기판의 온도를 높이지 않고서도 높은 증착률특성을 나타내는 것으로 알려져 있다.[5] 대향전극의 구조는 두 개의 음극을 마주보게 설치한것으로 외부에 자계인가용 코일이 감겨있어 플라즈마는 전계와 자계의 영향으로 전극사이에 구속된다.[6]

또한 전극사이에 존재하는 이온의 충돌로 인하여 발생하는 2차전자는 플라즈마내의 전자와 함께 사이클로트론 운동을 하여 전자의 수명이 길어지고 또한 반응기체의 이온화가 촉진되어 고밀도의 플라즈마가 형성된다.[6] 그리고 대향전극 스파트링 시스템을 이용한 박막의 제작에 있어 링의 직경과 전극간거리에 따른 박막의 물성특성은 큰 차이점을 보이고 있다.[5]

대향전극을 이용한 박막제조 연구는 국내의 일부 연구자[6,7,8]에 의하여 수행되고 있으나 대향전극 스파트링 시스템에 있어 중요한 연구과제중의 하나인 링(wing)의 직경과 전극간 거리에 따른 연구는 미비한 상황이다.

본 연구는 이러한 문제를 규명하기 위하여 플라즈마 발생전압과 인가전압에 따른 방전전류 특성 그리고 전자온도와 전자밀도 특성등을 링의 직경과 전극간 거리에 주된관심을 두어 연구를 수행하였으며, 이러한 연구를 통하여 규명된 최적의 조건하에서  $Al_N$ 박막을 형성하여 박막의 적층률 및 물성특성등을 연구 하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2-1. 실험장치

그림 1은 본 연구에 사용된 플라즈마 발생장치의 개략도이다. 본 연구에 사용되어진 진공조는 내경 340[mm], 높이 450[mm]인 원통형이며, 재질은 스테인레스 스틸(SUS 304)이다. 배기는  $10^{-6}$ [torr]까지 초기 배기를 행한후, 약 10분간 방전을 하여 시타겟 표면의 청결을 유지하였으며 질소분위기하에서 전극을 냉각한후 모든 실험을 행 하였다.

그림 2는 본 연구에 사용된 진공조내의 대향전극의 개략도를 나타내고 있으며, 대향전극의 Cathode 내부에 냉각수를 흘리므로써 열 발생을 억제하였다. 그리고 양극의 전극에 윙(wing)을 설치하여 양호한 방전특성을 얻을 수 있도록 하였으며, 전극간 거리조절을 위하여 별도의 전극 장착 장치를 제작하였다.

본 연구에 사용된 타겟은 알루미늄(시: 99.9%, 직경 85[mm] 두께 1[mm])을 사용하였다.

### 2-2 실험방법

그림 1의 장치와 그림 2의 전극을 사용하여 본 연구는 다음과 같은 실험을 행하였다.

- 1) 전극간 거리에 따른 초기방전전압 특성
- 2) 전극의 윙의 직경에 따른 초기방전전압 특성
- 3) 인가자계에 따른 초기방전전압 특성
- 4) 전극의 윙의 직경에 따른 전압-전류특성
- 5) 전극간 거리에 따른 전압-전류 특성
- 6) 전자온도와 전자밀도 특성
- 7) 증착률 특성
- 8) 저항률 특성
- 10) 박막의 표면분석(SEM, EDAX, X-Ray 회절 장치.)

본 연구용 전극은 윙의 직경을  $d = 7.5, 6.5, 5.5$ [cm]의 3가지 종류로 제작하였으며 전극간 거리는  $L = 4.5 - 8.5$ [cm]로 하였다. 그리고 본 연구의 집중성을 위하여 진공도는 1[mtorr], 혼합가스의 비는  $Ar:N_2 = 90:10$ 으로 일정하게 하였다. 박막의 제작은 슬라이드 유리(slide glass)기판위에 행 하였으며, 기판의 세정은 중성세제와 에탄올 및 아세톤과 증류수로서 각각 고주파 세척기를

사용하여 행하였다.

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

AIN 박막의 저항율은 4단자법으로서 측정을 행하였고, 박막의 두께측정은 SEM을 사용하였다. 성분 분석은 EDAX와 X-Ray 회절장치로 각각 행하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 3은  $P = 1$ [mtorr]와  $L = 7.5$ [cm]로 일정하게 한 후 인가자계의 변화에 따른 각각의 윙의 직경에서의 초기방전전압 발생특성을 나타내고 있다. 초기방전발생 전압특성은 윙의 직경에 상관없이 약 50 - 100[Gauss]까지는 감소하는 경향을 보이며 이후 인가자계가 증가하면 다시 증가하는 경향을 보이고 있는데 이는 전계와 자계가 동시에 인가되므로 인하여 입자의 무방향성 드리프트 운동이 없으며 인가전계 및 자계에 의하여 입자가 전극사이에 구속되기때문으로 생각되어 진다. 그리고 인가자계가 약 100[Gauss]이상이 되면 초기방전발생 전압특성이 증가하는데 이는 전계 및 자계에 의해 구속된 입자의 밀도가 증가하여 입자의 평균자유행정이 짧아지고 이로 인하여 충분한 전리에너지 얻기 어렵기 때문으로 생각된다.

그림 4는 진공도  $P = 1$ [mtorr], 인가자계를 300[Gauss]로 일정하게 한후 전극간 거리에 따른 초기방전발생 전압특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 초기방전발생 전압특성은  $d = 5.5$ [cm]인 경우는  $L$ 이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이고  $d = 6.5$ [cm]인 경우는 증가하는 경향을 보이며  $d = 7.5$ [cm]인 경우는 감소하다 증가하는 경향을 보이고 있다. 이 그림을 통해서 알 수 있는것은 각각의 윙의 직경에 있어 최저 방전발생 전압특성은 전극간 거리의 영향을 받고 있음을 알 수 있으며 이는 전자계 분포에 따른 입자의 평균자유행정이 달라지기때문으로 생각된다.

그림 5는  $p = 1$ [mtorr],  $L = 7.5$ [cm], 인가전압  $V = 800$ [V]로 일정하게 한후 자계를 변화시켜올때 방전전류의 변화를 나타내고 있다. 이 그림에서 방전전류는 윙의 직경에 상관없이 약 100[Gauss]까지는 급격히 증가하며,

인가자계의 값이 더욱 증가하면 방전전류는 감소하는 부정저항특성을 보이고 인가자계의 값이 일정범위를 넘어서면 다시 증가하는 경향을 보이는데 이는 대향전극의 특이한 방전현상[7]때문으로 생각된다.

그림 6은  $P = 1[\text{mtorr}]$ ,  $V = 800[\text{V}]$ , 인가자계를 300[Gauss]로 일정하게 하였을때 전극간 거리의 변화에 따른 각각의 왕의 직경에서의 방전전류의 변화를 나타내고 있다. 이 그림에서 방전전류는 앞서 언급된 방전특이 현상을 나타내고 있는데 각각의 왕의 직경에서 방전전류의 변곡점을 관찰하면 방전특이 현상은 전극간 거리와 왕의 직경에 크게 의존함을 알수 있다.

그림 7은  $P = 1[\text{mtorr}]$ ,  $L = 7.5[\text{cm}]$ , 인가자계를 300[Gauss]로 일정하게 한후 인가전압에 따른 방전전류의 변화특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 왕의 직경이 5.5[cm]인 경우는 인가전압이 증가하면 방전전류가 증가하다 감소하는 경향을 나타내며, 왕의 직경이 6.5[cm], 7.5[cm]인 경우는 계속 증가하는 경향을 보이는데 이는 타겟의 면적에 따른 입자의 평균자유행정이 달라지며 또한 전계의 증가로 인한 입자의 드리프트 운동이 일정한 방향성을 가지게 되기 때문으로 생각된다. 즉 왕의 직경이 6.5[cm], 7.5[cm]1[mtorr]인 경우도 자계가 고정되었을 경우 인가전압이 증가하면 일정전압 이후 방전전류가 감소할 것으로 생각된다.

- [6] 김두환 外 "Facing Target Sputtering의 방전특이 현상과 TiN박막형성에 관한 연구" 대한전기학회 춘계학술연구발표회 논문집, pp 20-23, 1993
- [7] 박정후 外 "대향 음극형 플라즈마 프로세스의 글로우 방전특성에 관한 연구" 대한전기학회논문지, pp 478-484, 1994
- [8] 이종호 外 "대향전극 스파터링 시스템의 방전특성과 TiN박막형성에 관한 연구" 대한전기학회 추계학술대회 논문집 1993

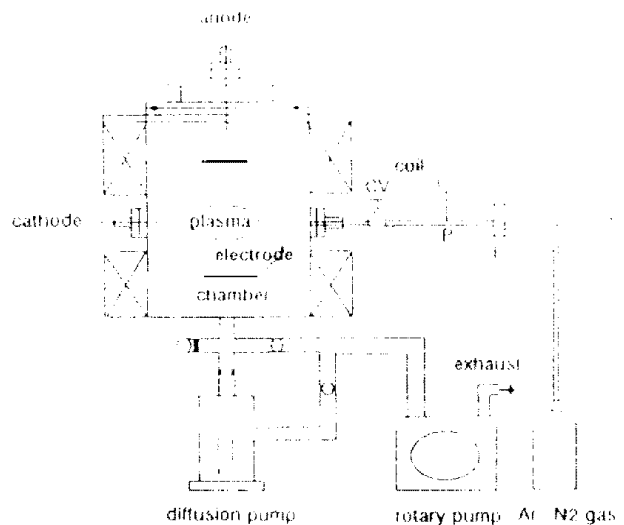


그림 1. 실험장치의 개략도

- 참고 문헌 -

- [1] 石川 元 外, "VLSI의 薄膜技術" 機電研究社(1993)
- [2] John L. Vossen, Werner Kern "Thin Film Process" Academic Press(1978)
- [3] F.F.Chen "Introduction to Plasma Physics" Plenum Press(1974)
- [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 rate" IEEE Trans. on Magnetics, Vol., Mag-16, pp. 646 - 648, No.5, 1980

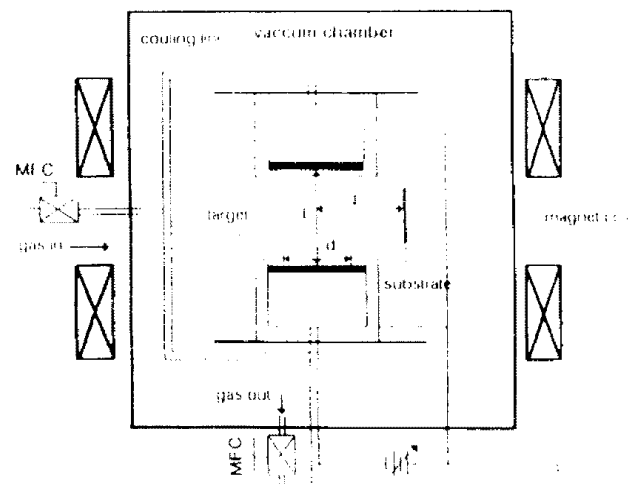


그림 2. 전극의 형상

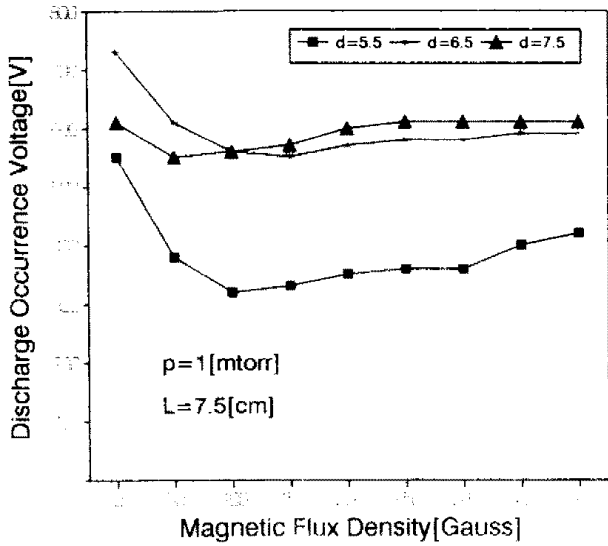


그림 3. 인가자계 - 초기방전 발생전압 특성

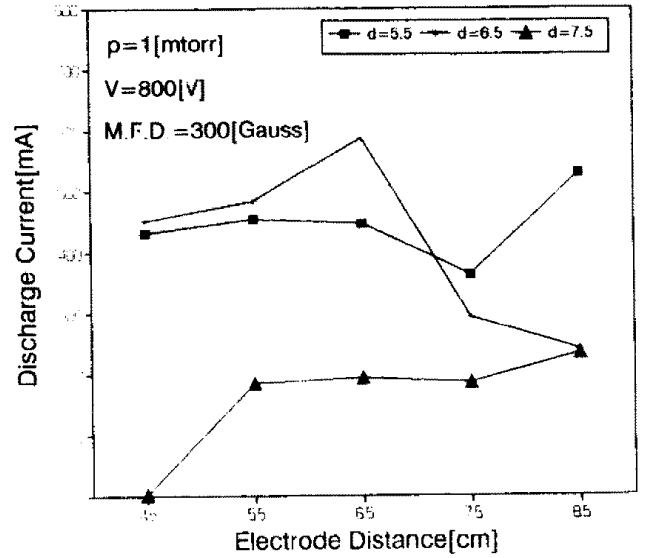


그림 6. 전극간 거리 - 방전전류 특성

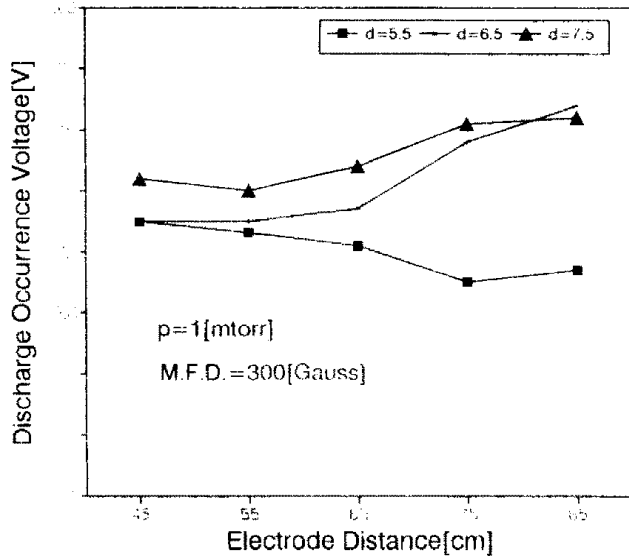


그림 4. 전극간 거리 - 초기방전 발생전압 특성

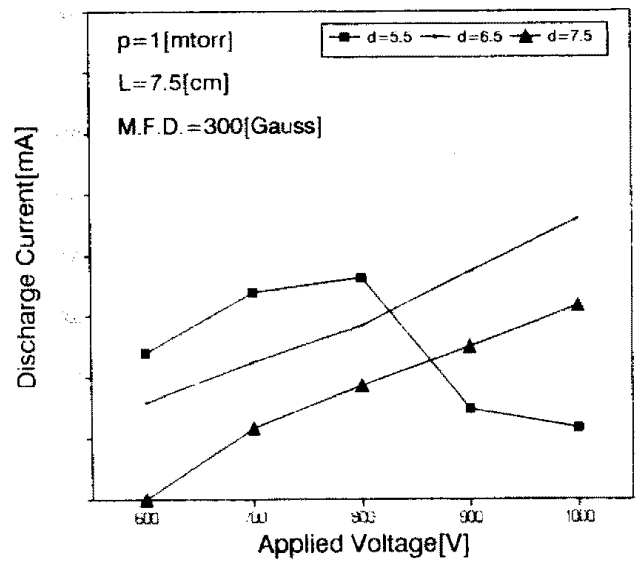


그림 7. 인가전압 - 방전전류

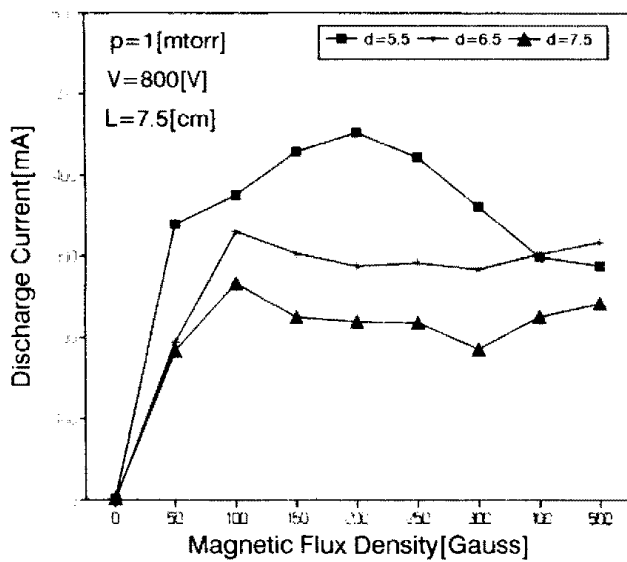


그림 5. 인가자계 - 방전전류 특성