

FTS 시스템에서 윙의 변화에 따른 방전 및 AlN 박막특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Discharge and AlN Thin Film for Variation of Wings Diameter in FTS System

이종호 · 황영한 · 남용수 · 김경석 · 임준형* · 엄무수⁰
 울산대학교 전기공학과, ⁰ 울산전문대

Lee, Jong-Ho · Hwang, Yeng-Han · Nam, Yong-Su · Kim, Kyeng-Suk · Im, Jun-Hyeng · Eum, Moo-Su
 Dept. of Electrical Eng. Ulsan Univ., ⁰ Ulsan Junior Collage

- ABSTRACT -

In this paper, we had investigated the optimal discharge condition(parameters of this experiment) in Facing Targets Sputtering System and AlN thin film. The parameters of this study are diameter of wing and electrode distance between two facing targets. If the parameters are varied, the discharge characteristics will be varied. So, we proved the optimal parameters of this experiment. Under this optimal parameter, thin film formed, and then growth rate investigated

1. 서 론

최근 각종 절연막, IC 회로 부품, 전자부품 등의 소형·경량화로 인해 박막제작에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. 이에 부응하여 현재 많은 학교나 연구기관에서도 박막제작에 관한 증착장치의 연구를 하고 있다.

일반적으로 금속의 박막형성 기법은 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 나눌 수 있다.^[1] 이중 물리적인 방법으로는 크게 열증착, 스퍼터링(Sputtering), 이온플레이팅(Ion Plating) 등으로 나눌 수 있으며,^[2~6] 본 연구에서는 스퍼터링 방법을 이용한 대향 전극 스퍼터링 시스템(Facing Targets Sputtering System)을 이용하였다.

본 연구에서 사용된 대향 전극 스퍼터링 시스템의 구조가 간단하고, 화합물의 박막제작에 용이하고, 기판의 온도를 높이지 않고서 높은 증착률 특성을 나타내며, 균일한 박막형성을 가능하게 한다.

대향 전극 스퍼터링 시스템의 구조는 두개의 음극을 마주 보게 설치하였고, 진공조 외부에 자계인가용 코일을 감아 전극사이에 입자를 구속하여 고밀도의 플라즈마를 형성하게 하였다. 이는 전극사이에 존재하는 전자들과 이온의 충돌로 인하여 발생하는 2차 전자들이 함께 싸이클로트론 운동을 하여 주입된 활성화 기체의 이온화를 촉진하기 때문이다.^[5,6]

대향 전극 스퍼터링 시스템을 이용한 박막제작에

있어, 윙의 직경, 전극간 거리, 인가 자계에 따른 박막의 물성특성은 큰 차이점을 보이고 있다. 대향 전극 스퍼터링 시스템을 이용한 박막제작의 연구는 국내의 일부 연구자들에 의해 수행되어지고 있으나, 앞서 언급한 윙의 직경과 전극간 거리에 따른 연구는 아직 미비한 상황이다.^[6,7,8] 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 규명하기 위하여 플라즈마 발생전압과 인가전압에 따른 방전전류 그리고 전자온도 및 전자 밀도특성을 윙의 직경과 전극간 거리에 주된 관심을 두어 연구를 수행하였으며, 이러한 연구를 통하여 규명된 최적의 조건하에서 AlN 박막의 물성특성에 관한 연구를 행하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1. 실험 장치

그림 1은 본 연구에 사용된 플라즈마 발생장치의 개략도를 나타낸 것으로서, 진공조는 내경 340[mm], 높이 450[mm]인 원통형이며, 재질은 스테인레스 스틸(SUS 304)이다. 배기는 10⁻⁶[torr]까지 초기 배기를 행한 후, 약 10분간 방전을 하여 음극의 Al타겟 표면의 청결을 유지하였으며, 질소 분위기하에서 전극을 냉각한 후 모든 실험을 행하였다.

그림 2는 본 연구에 사용된 진공조내의 대향전극의 개략도를 나타내고 있으며, 대향전극의 음극내부에 냉각수를 흘리므로써 열 발생을 억제하였다. 그리고 양극의 전극에 윙(Wing)을 설치하여 양호한 방전특성을 얻을 수 있도록 하였다. 그리고 전극간 거리지절을 위하여 별도의 전극 장착장치를 제작하였다.

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

2.2. 실험방법

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

- (1) 윙의 직경에 따른 초기방전전압 및 방전전류 특성

각 인가자계에 따른 초기방전전압 및 방전전류 특성
(3) 전극간 거리에 따른 초기방전전압 및 방전전류 특성

- (4) 링의 직경에 따른 전압 - 전류 특성
- (5) 링의 직경에 따른 전자온도 및 전자밀도 특성
- (6) 전극간 거리에 따른 전자온도 및 전자밀도 특성
- (7) 막막의 직충률 측정 및 성분 분석

본 연구의 전극은 링의 직경 $D=5.5, 6.5, 7.5[\text{cm}]$ 의 방전전 용접로 제작하였으며, 전극간 거리 $L=4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5[\text{cm}]$ 로 하였다. 그리고 본 연구의 집중성을 위하여 진공도는 $1[\text{mtorr}]$, 혼합가스의 비는 $\text{Ar} : \text{N}_2 = 90 : 10$ 으로 일정하게 하였다. 막막의 제작은 슬라이드글라스(Slide glass) 기판위에 행하였으며, 기판의 세정은 중성세제와 아세톤을 사용하여 고주파 세척기를 이용하여 행하였다.

대향 전극사이의 플라즈마 진단은 자계의 영향이 비교적 적은 복탐침법(Double Probe Method)으로 행하였으며, 탐침의 재질은 텅스텐(직경 : $0.25[\text{mm}]$)선을 사용하였다.

본 실험에서 형성한 막막의 두께측정과 성분분석은 SEM을 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 3은 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$ 와 전극간 거리 $L=7.5[\text{cm}]$ 로 일정하게 유지하였을때, 각각의 링에서 인가 자계에 따른 초기 방전발생 전압특성을 나타내고 있다. 초기방전 발생전압은 인가자계가 $100[\text{Gauss}]$ 일때까지 링의 직경에 상관없이 급격히 감소하는 경향을 보이고 있으며, $100[\text{Gauss}]$ 이후부터는 서서히 증가하는 특성을 나타내고 있다. 초기방전 발생전압이 급격히 감소하는 경향은 자계를 가해줌으로써 입자의 무방향성 드리프트운동이 사라져 입자들 전극사이에 구속하고, 이로인하여 전극내의 전리가 잘 이루어지기 때문으로 생각된다. 그리고 $100[\text{Gauss}]$ 이후부터 초기방전 발생전압이 서서히 증가하는 이유는 구속된 입자의 밀도가 증가하여 입자의 평균자유행정을 짧게 하고, 이로 인하여 입자가 충분한 전리에너지를 얻기 어렵기 때문으로 생각된다.

그림 4는 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$ 와 전압 $V=800[\text{V}]$, 전극간 거리 $L=7.5[\text{cm}]$ 로 하였을때 각각의 링에서 인가 자계에 따른 방전전류의 특성을 나타내고 있다. 방전전류는 인가자계가 $100[\text{Gauss}]$ 일때까지 링의 직경에 상관없이 급격히 증가하는 경향을 보이고 있으며, $100[\text{Gauss}]$ 이후부터는 일정한 특성을 나타내고 있다. 방전전류가 급격히 증가하는 경향은 자계를 가해줌으로써 입자의 무방향성 드리프트운동이 사라져 입자들 전극사이에 구속하고 이로인하여 전극내의 전리가 잘 이루어지게 하기 때문으로 생각된다. 그리고 $100[\text{Gauss}]$ 이후부터 방전전류가 일정한 경향을 나타내는 이유는 구속된 입자의 밀도가 증가하여 입자의 평균 자유행정을 짧게 하고 이로 인하여 입자가 충분한 전리에너지를 얻기 어렵기 때문으로 생각된다.

그림 5는 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$ 와 인가자계를 $300[\text{Gauss}]$ 로 일정하게 유지하였을때 각각의 링에서 전극간

거리에 따른 초기 방전발생 전압특성을 나타내고 있다. 초기방전 발생전압은 링의 직경이 $6.5[\text{cm}]$ 와 $7.5[\text{cm}]$ 일때에는 전극간 거리가 증가할수록 증가후 감소하는 경향을 보이고 있으며, 링의 직경이 $5.5[\text{cm}]$ 인 경우는 서서히 감소하는 경향을 보이고 있다. 초기방전 발생전압이 전극간 거리가 증가함에 따라 전극 상호간의 전자계의 분포가 변화함으로써 입자의 평균밀도가 많아지고, 이로인하여 입자들의 전리가 충분히 이루어지기 때문으로 생각된다.

그림 6은 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$ 와 전압 $V=800[\text{V}]$, 인가자계를 $300[\text{Gauss}]$ 로 일정하게 유지하였을때, 각각의 링에서 전극간 거리에 따른 방전전류특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 방전전류는 대향 전극 스퍼터링 시스템의 특이한 방전특성을 나타내고 있다. 위의 번극점들을 관찰할때 방전특이현상은 전극간 거리에 크게 의존함을 알 수 있다.

그림 7은 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$ 와, 전극간 거리 $L=7.5[\text{cm}]$, 인가자계를 $100[\text{Gauss}]$ 로 일정하게 유지하였을때 각각의 링에서 인가된 전압에 따른 방전전류특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 방전전류는 전압이 증가할수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 전계의 증가로 인해 입자의 드리프트 운동이 일정한 방향성을 가지게 되어 충분한 전리에너지를 가지게 되어 전리가 잘 이루어지는 것으로 생각된다. 그림에서 링의 직경이 $6.5[\text{cm}]$ 일때 전압이 $800[\text{V}]$ 일때 일정하게 유지되는 경향을 보이고 있는데, 이는 전리에너지의 포화점을 보이는 것으로 생각되고, 링의 직경이 $5.5[\text{cm}], 7.5[\text{cm}]$ 일때에도 나타날 것으로 생각된다.

그림 8은 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$ 와 전압 $V=800[\text{V}]$, 인가자계를 $300[\text{Gauss}]$ 로 일정하게 유지하였을때, 각각의 링에서 전극간 거리에 따른 전자온도 및 전자밀도 특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 전자밀도는 전극간 거리가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고 있고, 전자온도는 전극간 거리가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이 그림에서 우리는 최적의 파라미터를 유추할 수 있으며, 최적의 파라미터는 링의 직경이 $5.5[\text{cm}]$ 인 경우로 생각된다.

그림 9는 링의 직경 $D=5.5[\text{cm}]$, 전극간 거리 $L=6.5$, 진공도 $P=1[\text{mtorr}]$, 전압 $V=800[\text{V}]$, 인가자계 $300[\text{Gauss}]$ 로 유지하고, 전극의 중심에서 $5[\text{cm}]$ 의 위치에 기판을 두어 적층시간을 30분으로 일정하게 하였을때 질화알루미늄의 막막형성을 보이고 있다. 이때의 적층률은 약 $100[\text{\AA}/\text{min}]$ 으로 나타났다.

4. 결 론

이상의 실험 결과를 종합하여 분석·검토한 결과 대향전극스퍼터링 시스템의 방전특성들은 시스템의 parameter 들에 의해 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

1. 인가자계가 없을때보다 인가자계를 가하였을때 입자들의 전리가 더 왕성하게 이뤄지는 것으로 나타났다.
2. 본 실험에서 사용한 링의 직경이 작을수록 전자밀도가 높아지는 것을 알 수 있었다.
3. 전극간 거리가 증가할수록 전자밀도가 높아지는 것을 알 수 있었다.

- 참고문헌 -

- [1] 石川元 外, "VLSI의 박막기술" 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 Film" McGraw-Hill(1986)
- [5] Masahiko Naoe, Shunichi Yamanaka, Youichi Hoshi, " Facing Targets type of Sputtering Methode for Deposition of Magnetic Metal Film at Low Temperature and High Rate" IEEE Trans. on Magnetics, Vol., Mag-16, pp. 646~648, No.5, 1980
- [6] 감두환 외 " Facing Targets Sputtering 의 방전 특이 현상과 TiN박막형성에 관한 연구" 대한전기학회 춘계학술연구발표회 논문집, pp. 20~ 23, 1993
- [7] 박정후 외 " 대향 음극형 플라즈마 프로세스의 클로우 방전특성에 관한 연구" 대한전기학회지 pp. 478 ~ 484, 1994
- [8] 이종호 외 " 대향전극 스파터링 시스템의 방전특성과 TiN박막형성에 관한 연구" 대한전기학회 춘계학술대회 논문집 1993

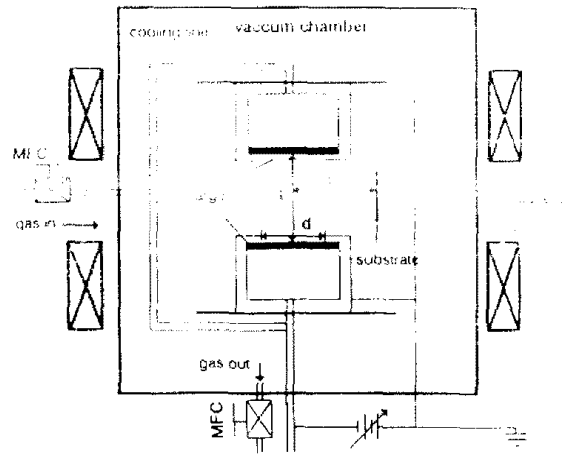


그림 2. 장착된 전극의 개략도

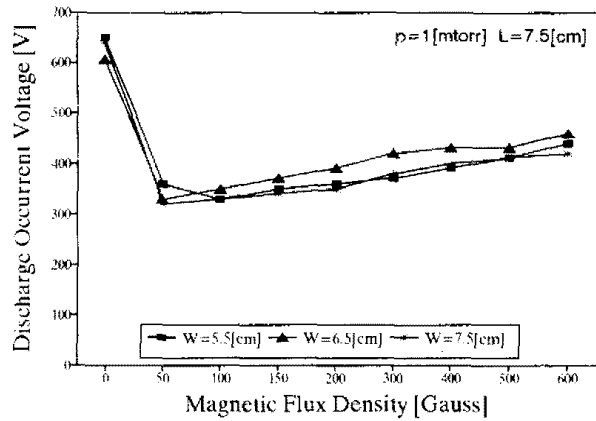


그림 3. 인가 자계에 따른 초기방전발생전압특성

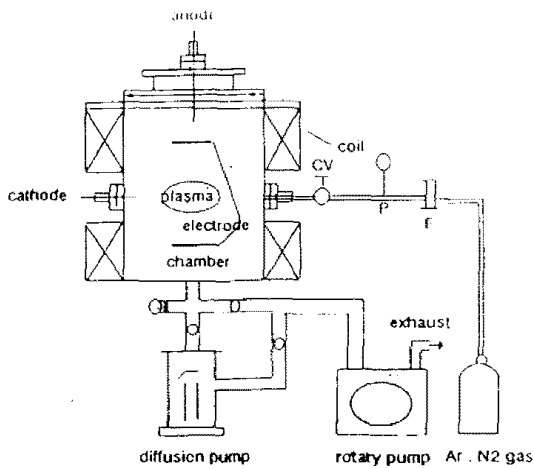


그림 1. 실험장치의 개략도

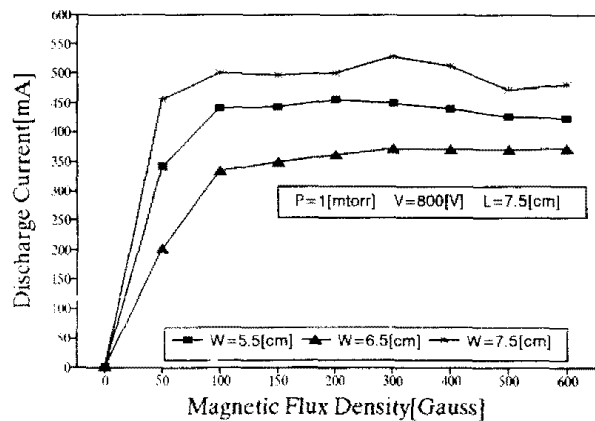


그림 4. 인가 자계에 따른 방전전류특성

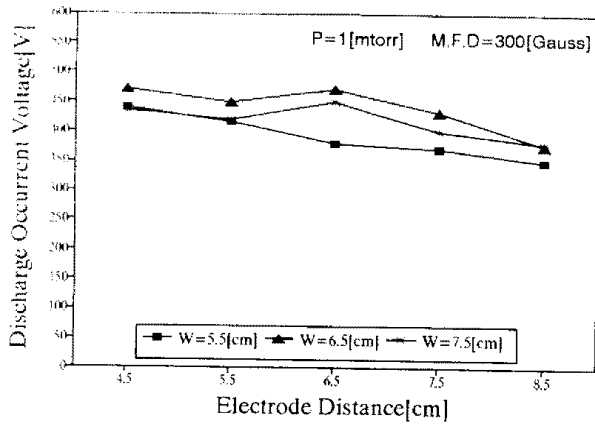


그림 5. 전극간 거리에 따른 초기방전발생전압특성

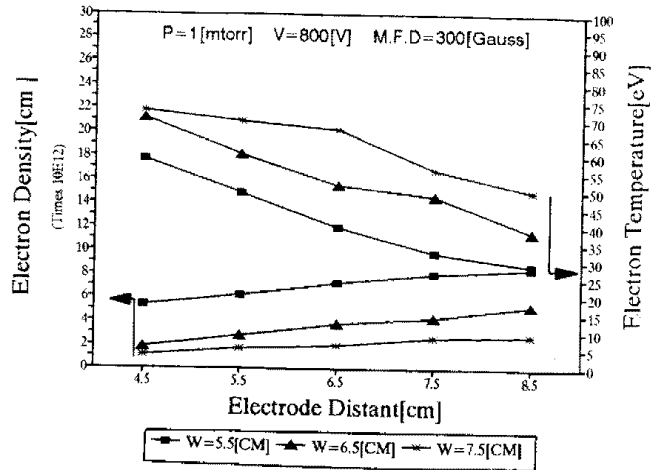


그림 8. 전극간 거리에 따른 전자온도 및 전자밀도 특성

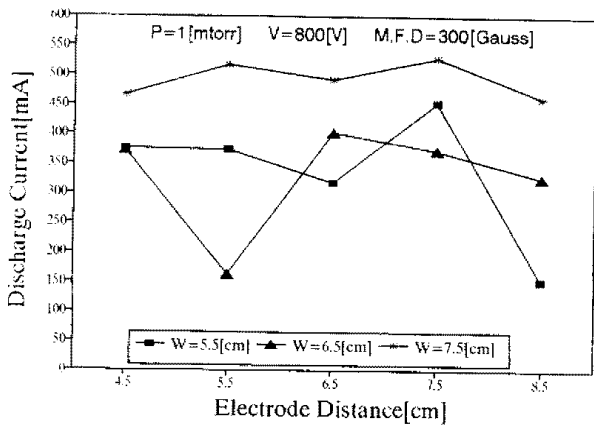


그림 6. 전극간 거리에 따른 방전전류특성

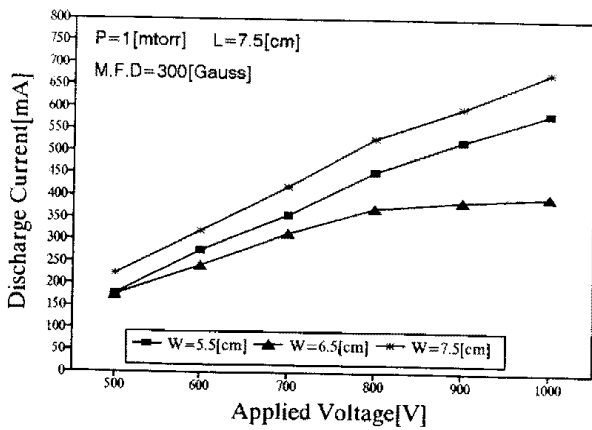


그림 7. 인가된 전압에 따른 방전전류특성

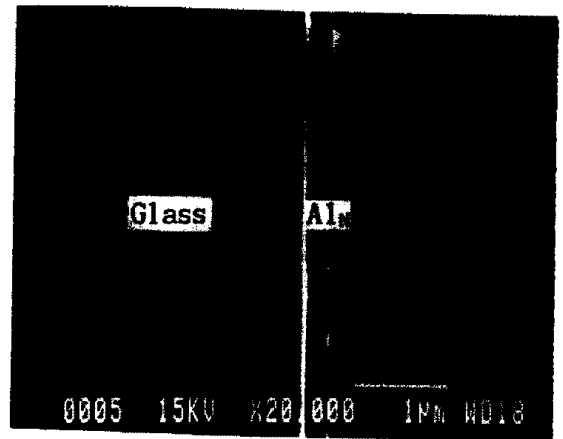


그림 9. 질화 알루미늄의 단면