

RF 마그네트론 스퍼터 증착장치 개발연구(I)

김희제* 문덕쇠** 진윤식 이홍식

한국전기연구소

(주식회사) 삼현**

Study on the Development of RF Magnetron Sputter-Deposition System(I)

Kim Hee Je* Moon Dek Soi** Jin Yun Sik Lee Hong Sik

KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE SAM-HYUN Co. Ltd.**

Abstract

Sputtering requires a way to bombard the target with sufficient momentum. Positive ions are the most convenient source since their energy and momentum can be controlled by applying a potential to the target. Although many types of discharges have been used for sputtering, magnetrons are now the most widely used because of the high ion current densities. Namely, plasma near the target electrode is confined by magnetic field using permanent magnet, so that the collision probability is increased.

It is important to develop RF magnetron sputtering system which has many excellent merits compared with conventional methods. Our study aims to develop 1 kW RF source (13.56 MHz, TR type) and to accumulate the design and construction technology of RF magnetron sputter-deposition system.

We developed 1 kW RF sputtering system to deposit thin film. These films are deposited by this RF source matched by auto-matching system using primarily argon gas. Target of Au, Ni, Al, and SiO₂ was well deposited on the argon pressure of 5 - 10 mTorr.

1. 서론

RF 스퍼터링법에 의한 박막형성의 성공은 신소재의 개발을 초래하였으나, 성장속도가 느린것이 단점이었다. 이를 개선한 것이 마그네트론 스퍼터링이다. 즉, 전극판의 한쪽에 영구자석에 의한 자장을 형성시켜 음극에서 나온 전자가 자장때문에 직진하지 못하고 전극근방에 갇혀 나선운동을 하게되어 기체분자와 충돌하는 회수가 증대된다. 그 결과, 음극에서 만들어진 이온을 효율 좋게 음극과 충돌시켜 스퍼터를 일으킨다. 이러한 장점을 가진 RF 마그네트론 스퍼터 증착에 관한 연구는 다양하게 이루어지고 있다.

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터 증착장치의 개발을 위하여 RF 전원 (13.56 MHz, 1 kW 급, TR 방식) 자체의 개발과 아울러 금속 (Au, Al, Ni) 및 비금속 (SiO₂) 의 성장실험을 통한 장치의 개발을 목표로 하고 있으며, 특히, YAG 레이저의 효율을 개선시키기 위한 공진기 내부 금막코팅을 통한 적외선 반사를 향상에 주력하였다.

2. RF 마그네트론 스퍼터 증착장치의 설계 및 제작

2.1 진공증착 챔버의 설계 및 제작

진공증착 챔버 외함의 재질은 SUS 304 로 하였고, 직경 350 mm, 높이 200 mm 로 설계하였다. 그리고, 관찰을 쉽게 하고, 내부 파라미터의 측정을 장래에 할 수 있도록 4 개의 창을 설치하였다. 기판은 위쪽에 설치하여, 두 전극간의 간격을 30 - 150 mm 로 조절할 수 있도록 하였고, 기판홀더는 여러가지 피 증착물이나 다양한 형상을 지지할 수 있도록 고려하여 설계하였다. 타게트는 크기를 3 인치로 하여 120도 간격으로 3 개를 설치하여 한번의 배기로 최소 3가지 재질을 반복하여 증착시킬 수 있도록 하였고, 초기 스퍼터시의 불순물을 제거하기 위한 차폐막을 두었고, 아래쪽 전극에 영구자석으로 이루어진 마그네트론을 장착시켰다. 그리고, 타게트면과 충돌을 반복함으로써 발생하는 열로 인한 온도증가를 안정화시키기 위한 냉각을 고려하였다.

스퍼터 가스인 아르곤을 도입하기 위한 가스도입부는 100 SCCM 정도로 조절할 수 있는 MFC (Mass Flow Controller) 를 설치하였고, 고장시를 대비하여 MFC 와 병렬로 수 mTorr 까지 정밀조절이 가능한 니들밸브를 설치하였다.

그림 1 에 설계한 챔버의 개략도를 보인다.

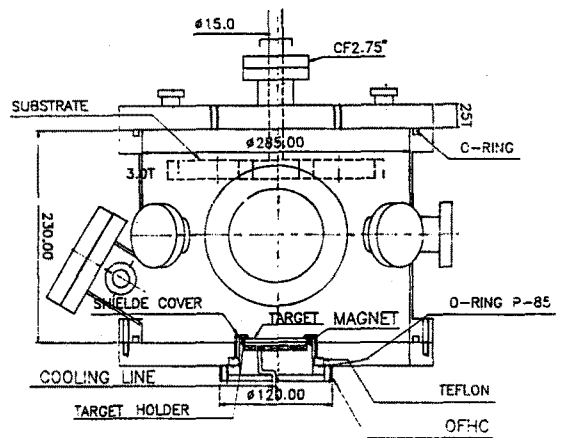


그림 1 진공증착 챔버의 설계 개략도

2.2 RF 전원의 설계 및 제작

그림 2 에 RF 전원구성의 개략도를 보인다. 먼저, OSC 에서는 RF 신호(13.56 MHz) 가 발생하여 1.4 Volt 의 신호를 발생시킨다. MIXER 에서는 제어반에서 RF 레벨을 조절하여 0 - 1.4 Volt 까지 제어를 행한다. DRIVE A 에서는 앞의 신호를 약 10,000 배(55 dB) 증폭하여 80 W 의 RF 신호로 증폭한다. SPLITTER 에서는 80 W 의 RF 신호를 4 개의 PWR AMP 의 입력으로 구동입력을 분배하여 각 포트당 최대 20 W 를 공급한다. 이것은 PWR AMP 에 의하여 증폭되어 약 300 W 의 출력을 만든다. COMBINER 에서는 4 개의 PWR AMP 에서 나오는 출력을 결합시켜 0 - 1200 W 의 출력을 얻을 수 있게한다.

FILTER 에서는 COMBINER 에서 나오는 출력이 정확한 정현파가 아닌 경우, 이 파형을 필터하여 정확한 정현파가 나오게 한다. VSWR은 FILTER 를 통하여 나오는 RF 신호를 감지하여 RF 제어시에 필요한 신호를 뽑아낸다.

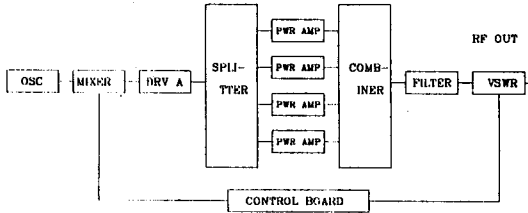


그림 2 RF 전원구성의 개략도

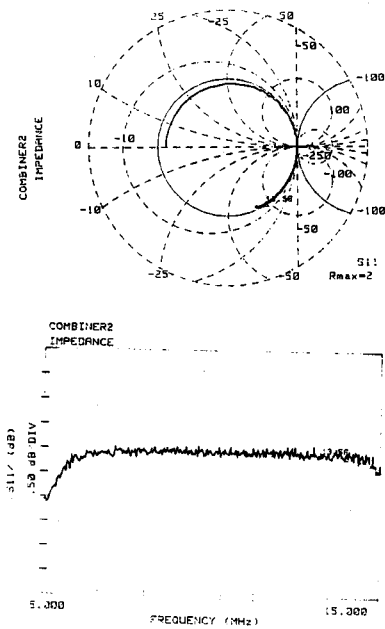


그림 3 제작된 회로의 스펙트럼의 일례

스퍼터건을 켜부하기 위한 부분은 온도상승시에도 산소를 배출하지 않는 무산소동을 이용하였다. 스퍼터를 위한 기관은 막의 균질성을 얻기 위하여 회전이 되도록 하였고, 히터를 갖추어 기관의 온도를 제어할 수 있도록 하였다.

진공측정을 위한 게이지로는 피라니 및 전리이온 게이지를 장착하였고, 챔버내부는 폴리싱을 행하여 초기배기시 내부에 부착된 불순물을 최대한 방출시킬 수 있게 하였다.

사진 1 에 제작된 챔버의 외관을 보인다.

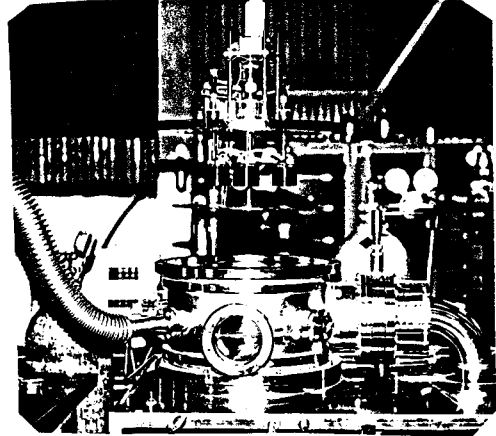


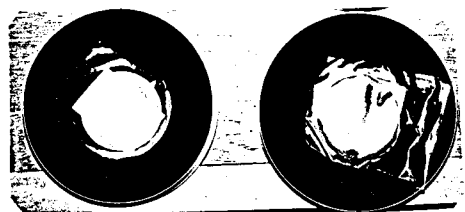
사진 1 제작된 진공증착 챔버의 외관

3 특성실험 및 결과

그림 3 은 스펙트럼 분석기를 통하여 본 연구에서 제작된 COMBINER 2 에서의 결과이다. 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 주파수 13.56 MHz 에서 임피던스가 목표치와 거의 일치하는 좋은 결과를 얻었으며, 회로기판 1 개당 약 300 W 의 출력을 얻었고, 이들을 4 개 결합시켜 약 1200 W 의 출력을 얻어 목표치를 무난히 달성하였다. 이 전원을 자동정합기를 통하여 부하측에 인가하였다.

아르곤 가스의 유량을 약 100 SCCM 정도로 하고 챔버내부 가스압을 5 - 10 mTorr 정도로 유지하면서 급속 및 비급속의 성막실험을 행하였다. 한 예로 그림 4 에 타게트의 사진과 유리판에 직접 증착실험을 하여 성막된 사진을 보인다. 실험시의 배경 압력은 10^{-6} Torr 로 하였고, 아르곤 가스를 주입하기전에 수분이상 100 SCCM 의 유량 및 챔버내부 압력조절을 하였다. 그리고, 방전초기의 불순물을 되도록 억제하기 위하여 약 10 분간 샤퍼를 닫은 상태로 실험을 진행시켰다.

타게트를 순금(99.99%)으로 하여 YAG 레이저의 내부공진기 금막코팅을 실시하였다. 황동으로 제작된 기판에 순금의 부착성을 높이기 위하여 먼저, 니켈로 막막을 형성시킨 다음에, 순금을 입혔으며, 실험조건은 상기의 경우와 거의 같았다.



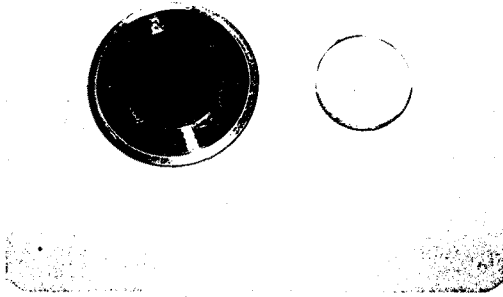


그림 4 타겟트 및 유리판에 성막된 박막사진
(니켈로 코팅된 것과 코팅되기 전의 유리판)

4. 결론

- (1) RF 마그네트론 증착장치의 개발을 목표로 진공증착 챔버 및 RF 전원의 설계 및 제작기술을 확보하였으며, 이를 활용하여 RF출력을 증가시킬 수 있는 토대를 마련하였다.
- (2) RF 전원에 있어서는 회로기판 1대에서 300 W를 얻었고 4대를 결합시켜 최대 1200 W를 얻어 목표치를 달성하였다.
- (3) 진공증착 챔버는 사용자에게 편리한 구조로 설계하였고 금속 및 비금속의 증착에 유용한 것을 확인하였으며, 특히, YAG 레이저 내부공진기의 금막코팅에 우수한 성능을 보였다.

향후, RF전원 출력증대는 물론, 본 연구에서 파악한 문제점들을 개선 및 보완하여 신뢰성 확보에 주력하고자 한다.

참 고 문 헌

- (1) W. D. Westwood, "Sputter Deposition Processes" MRS BULLETIN, 1988
- (2) Brian Chapman, "Glow Discharge Processes" 1980
- (3) H. J. Kim, et al. "Understanding Sputtering Processes Using RAES Laser Spectroscopy" Proc. 9th ISPC in Italy, 1989
- (4) H. J. Kim, et al. "Electron Temperature in Glow Discharge" J. Phys. D : Appl. Phys. 1989