

RF Magnetron Sputter Chamber 내부의 압력 조절 제어 시스템

이승진, 이호행, 이흥호, 김영준
충남대학교 전기공학과

Pressure Control System of RF Magnetron Sputter Chamber

S. J. Lee, H. H. Lee, H. H. Lee and Y. J. Kim

Department of Electrical Engineering, Chungnam National University

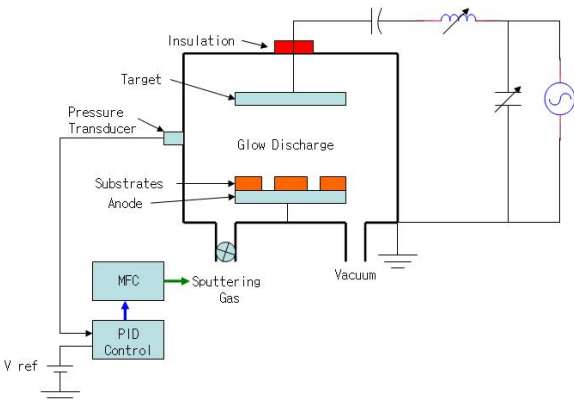
Abstract - RF magnetron 스퍼터에서 스퍼터링시 타겟 온도와 기판 온도가 증가함에 따라 chamber내부의 압력이 달라져 동일한 순도의 박막을 얻기가 힘들다. 본 연구에서는 gas량을 조절하는 MFC의 출력 전압을 PID 제어 시스템을 설계하여 기준전압(원하는 진공도에 해당하는 전압 값)과 진공계이지에서 출력되는 전압을 비교하여 MFC의 출력 전압을 증가 또는 감소시킴으로써 gas량을 일정하게 하여 chamber 내부의 압력이 일정하게 유지되도록 하였다.

1. 서 론

Sputtering이란 운동에너지를 가진 이온이 고체 표면에 입사되면 입사이온의 에너지와 운동량은 고체 표면과 내부의 원자에 전달되어 일련의 충돌이 일어나며 이 과정에서 표면 결합 에너지보다 큰 운동에너지를 갖는 고체 표면 원자들이 진공으로 떨어져 나오는 과정을 말한다. 이와 같은 일련의 과정을 이용한 스퍼터는 cathode에서 방출된 전자들이 chamber내의 Ar과 같은 불활성기체를 이온화 시키고 그 이온들의 충돌에 의해 스퍼터링 target으로부터 튀어나온 입자들이 기판에 증착되는 장치이다. gas 방전[1]에는 여러 가지 형식이 있으며 두 전극간의 방전 형식은 gas 압력, 양단간의 전압, 전극의 배치 등 여러 가지 요인에 따라 달라진다. gas 방전에서 abnormal glow 영역에서 스퍼터링이 일어나는데 이때 gas 압력은 수 mtorr에서 수백 mtorr 사이에 있어야 한다. 항상 동일한 순도의 박막을 얻기 위해서는 스퍼터링시 gas 압력을 일정하게 유지해야 하는데 타겟 온도와 기판 온도가 증가함에 따라 chamber 내부 압력이 달라지게 된다. 본 연구에서는 스퍼터링 장치의 이러한 문제점을 해결하기 위해 chamber 내부 압력을 일정하게 유지할 수 있도록 압력 조절 제어 시스템을 설계, 제작하여 제어 특성을 조사하고, 장치와 matching시켜 동일한 순도의 박막을 얻을 수 있도록 장치의 동작 상태를 조사하였다.

2. 본 론

2.1 스퍼터의 기본 구조 및 실험 조건



〈그림 1〉 RF magnetron 스퍼터 기본 구조

본 연구에 사용된 스퍼터는 RF magnetron 스퍼터[2]로 기본 구조는 그림 1과 같으며 구성은 Magnetron Source, RF

Power(600W), MFC(Mass Flow Control), TMP(Turbo molecular pump), 진공계이지, Substrate, 지그 등으로 구성되며 실험 조건은 chamber내의 base pressure가 5×10^{-8} torr, working pressure는 9×10^{-3} torr로 진공도가 일정하게 유지되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 chamber내의 진공도를 일정하게 유지하기 위해 PID 제어[3] 시스템을 사용하였다. PID 제어 시스템의 동작을 살펴보면 원하는 진공도에 해당하는 전압 값인 기준 전압을 설정하면 진공계이지가 챔버내의 진공도를 읽어서 그 값에 해당하는 전압 값을 내보내면 그 값을 ADC1252(24bit A/D Converter)가 입력으로 받아 미리 설정해 놓았던 기준 전압과 비교하여 Gas량을 제어하는 MFC 출력 전압을 DAC8043(D/A Converter)이 제어하여 Chamber내의 진공도를 일정하게 유지한다.

2.2 시스템 구성 및 기본 개념

본 시스템에서 PC와 각 CPU와의 통신 방법은 1:N 통신이 가능한 RS-232 to RS-485 Converter를 사용하였으며 RS-232와 RS-485 사이에 광섬유(Optical Fiber)를 사용하여 장치 제어 시 발생하는 노이즈의 영향을 받지 아니하며 또한 수 메가 볼트의 절연성을 가지고 있어 각종 고전압 제어에 용이하다.



〈그림 2〉 시스템 제어 보드

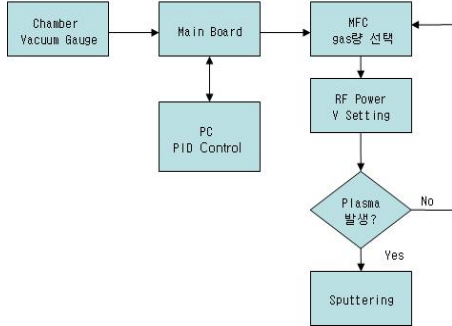
그림 2는 시스템 제어보드이며 시스템은 크게 H/W와 S/W로 구성되며, H/W 구성을 살펴보면 Main CPU는 AVR계열의 ATMEGA128, A/D Converter(ADS1252), D/A Converter(DAC8043A)와 RS-232 to RS485 통신 모듈로 구성되었으며, A/D Converter는 Chamber에 장착되어 있는 진공계이지의 출력 전압 값을 받아 처리하며, D/A Converter는 MFC의 출력 값을 제어하여 Chamber내부의 진공도를 일정하게 유지하는데 사용된다. S/W의 PC(Personal Computer) 운영체제는 Window XP, CPU compiler는 UltraEdit-32를 사용하였으며 그 밖에 블랜드 C++, Measurement Stdio 6.0을 사용 하였다.

2.3 시스템 구동 방법 및 알고리즘

시스템 구동 알고리즘은 그림 3과 같으며 구동방법은 다음과 같다. 우선 base pressure가 5×10^{-8} torr가 되도록 조건을 잡은 후에 MFC를 사용해 Chamber내의 진공도가 9×10^{-3} torr가 되도록 Gas를 주입한 후에 Jig를 이용해 기판의 위치를 결정하고 진공도 및 기판의 위치가 조건에 만족하면 RF POWER의 출력 값을 세팅하여 플라즈마를 발생 시킨다.

만약 플라즈마가 발생 되지 아니하면 RF POWER출력 값을 0W로 하고 다시 기판의 위치 및 Chamber내의 진공도를 다시 세팅하여 플라즈마를 발생 시킨다.

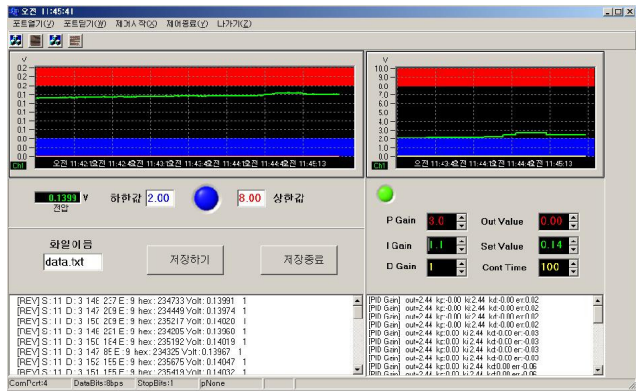
또한 본 시스템에서는 PID(Proportional Integral and Differential) 제어를 사용함으로써 제어결과가 진동적으로 되기 쉬운 결점을 방지하여 극히 안정된 제어를 통해 Chamber내의 진공도를 일정하게 유지할 수 있으며, 따라서 기판에 일정하게 박막을 입힐 수 있다.



<그림 3> 시스템 구동 알고리즘

2.4. 소프트웨어 구현

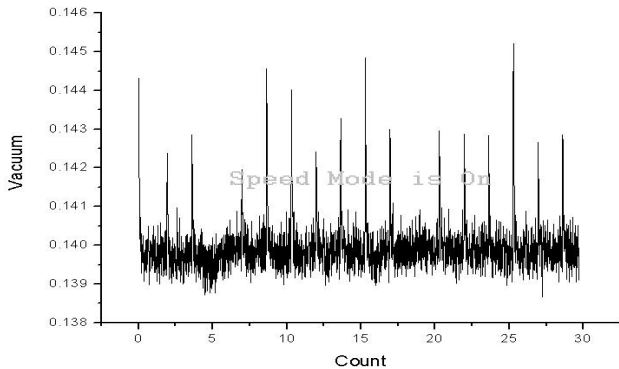
PC(Personal Computer)에서 구현되는 S/W의 운영체제는 Window XP로 언어는 블랜드 C++ 및 Measurement Stdio 6.0을 사용하여 제어 프로그램을 설계하였으며 그림 4는 소프트웨어 프로그램 실행 화면이다.



<그림 4> 프로그램 실행 화면

소프트웨어 기능으로는 통신 포트 및 원하는 진공도, P Gain, I Gain, D Gain을 설정할 수 있으며 또한 데이터 저장 기능을 가지고 있다.

2.5. 실험 결과



<그림 5> PID로 제어된 시스템 진공도

그림 5는 본 시스템에 PID 제어를 적용해서 실험한 결과를 보여 주며, 그림 5에서 알 수 있듯이 압력 9×10^{-3} torr에 해당하는 전압 0.14[V]를 세팅해 놓고 실험한 결과 Chamber내부의 압력이 $8.95 \times 10^{-3} \sim 9.05 \times 10^{-3}$ torr 사이에 해당하는 전압 0.139[V] ~ 0.140[V]를 얻을 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 스퍼터링 시 Chamber 내부의 압력을 일정하게 유지하기 위해 PID(Proportional Integral and Differential) 제어 방법을 사용한 결과 $8.95 \times 10^{-3} \sim 9.05 \times 10^{-3}$ torr 사이의 안정된 진공도를 얻을 수 있었다. 결론적으로 PID 제어 프로그램을 사용하여 기준 전압 값과 진공 게이지의 출력 전압 값을 비교하여 MFC를 제어하는 시스템이 RF magnetron sputter 장치에서는 적절한 system임을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Moon, Jun-Hyuk and Choe, Wonho, "대기압 Dielectric Barrier Discharge의 필라멘트 방전 및 글로우 방전 특성 연구", 2002.
- [2] Lee, Won-Gae and Kim, Ho-Gi, "RF magnetron sputtering 법으로 제조한 (Ba,Sr)TiO3 박막의 물성 및 특성평가에 관한 연구", 1995.
- [3] Kim, Jinhoon, "다중 루프 PID 제어기의 자동 동조", 1989.