

임의의 공정 변화에 따른 진공펌프의 소음·진동 평가를 위한 MFC 컨트롤 시스템 개발

류제담*, 정완섭*, 임종연**, 홍동표***

*한국표준과학연구원 음향진동그룹, **한국표준과학연구원 진공기술센터, ***전북대학교

Development of The MFC Control System for Evaluating Noise and Vibration of Vacuum Pump According to Arbitrary Process Change

Jedam Ryu*, Wansup Cheung*, Jong Yeon Lim**, Dongpyo Hong***

* Acoustics & Vibration Group, Korea Research Institute of Standards and Science

** Center for Vacuum Technology, Korea Research Institute of Standards and Science

*** Chonbuk National University

요약

진공펌프의 상태를 미리 알고 대처하는 것은 수많은 진공펌프를 사용하는 반도체 회사에게는 경제적인 이익을 준다. 진공펌프의 상태를 파악하기 위해서는 실제 공정에서 많은 실험을 해야만 한다. 하지만 실제 공정에서 실험을 하기에는 많은 제약과 문제점들이 따른다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 MFC(Mass Flow Controller)를 이용하여 실제 공정과 유사한 압력조건을 생성할 수 있는 시뮬레이션 시스템을 구축하였다.

1. 서론

진공펌프는 진공을 필요로 하는 의약산업, 공화산업, 금속산업, 반도체 산업 등 폭 넓게 사용되어지고 있다.[1]. 특히 반도체 공정 중 웨이퍼의(Wafer) 가스

증착 과정에서 여러 가지 다양한 가스를 사용하는데 이때 가장 필요한 진공도를 유지시키는 기계요소가 진공펌프이다. 따라서 반도체의 수요의 증가는 진공펌프 사용량의 증가를 의미하며 그에 따른 진공펌프 상태 관리는 반도체 생산에 중요한 요소로써 회사의 이익과 직결 되고 있다.

진공펌프의 상태를 평가하기 위해 소음, 진동, 전류, 펌프 온도 등 많은 요소들을 고려한 연구들이 진행되고 있다[2]-[6]. 기존의 연구들은 어느 일정 압력조건 이상에서는 소음과 진동이 압력조건에 의존[5] 하지만 공정의 압력 상태를 고려하지 않고 소음과 진동 특성을 평가 하고 있다[2]. 따라서 실제 공정은 여러 단계의 압력 상태를 가지고[4] 반복하고 있으므로 실제 공정이나 그와 유사한 압력 조건에서 많은 실험을 통한 펌프 특성들을 분석해야만 한다.

본 연구는 실제 공정과 유사한 임의의 공정을 만들 수 있는 시뮬레이션 시스템을 개발 완료하였으며 이

시스템의 동작 특성을 해석하였다. 또한 임의의 공정에서의 소음과 진동의 특성을 평가하였다.

2. 시뮬레이션 시스템 개발

CVD(Chemical Vapor Deposition)공정과 같이 가스 간의 화학반응을 이용하는 반도체 공정에서 챔버 내부의 압력은 가스의 주입량에 의해 결정된다. 이와 유사한 임의의 공정을 만들기 위해 본 연구에서는 상용으로 사용되어지고 있는 MFC 를 이용하여 N₂ 가스 흐름을 제어하였다. MFC 는 Brooks Instrument 사의 모델 5850E 를 4 개 사용하였으며 흐름제어 범위가 각각 1 ~ 5 [sccm], 5 ~ 100 [sccm], 100 ~ 2000 [sccm], 2000 ~ 30000 [sccm]이다. 그림 1 은 본 연구에서 설치된 임의의 공정을 만들기 위한 장비 구성도이다. 그림 1 과 같이 4 개의 MFC 는 컴퓨터와 시리얼 통신이 가능한 GAT 사의 모델 GMC-1000 에 의해서 제어되어진다.

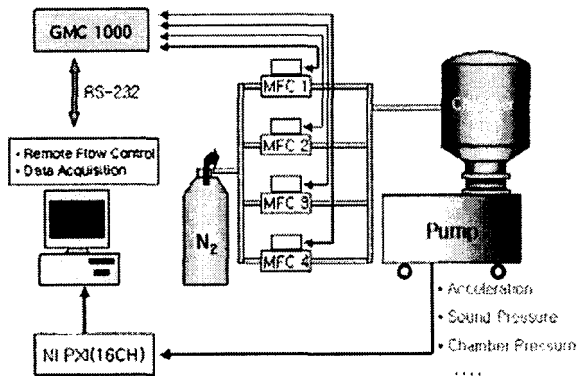


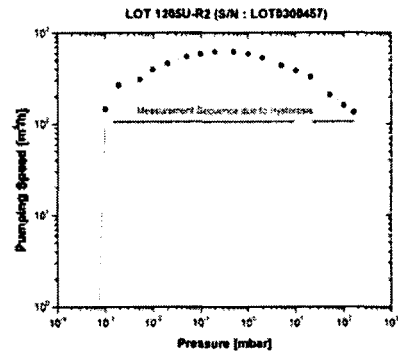
그림 1 장비 구성도

임의의 공정에서 챔버 내부의 압력은 가스 흐름량에 따라 결정되므로 식(1)을 이용하여 원하는 압력 변화를 줄 수 있다.

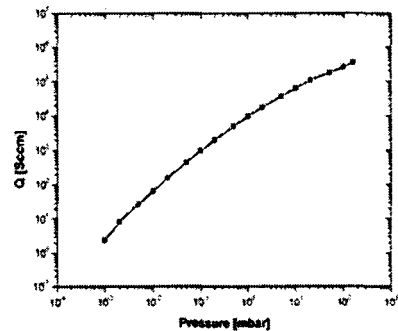
$$Q = \frac{PV}{t} = PS \quad (1)$$

여기서, Q 는 가스의 유량이며 P 는 압력, S 는 배기 속도(Pumping Speed)이다. 따라서 진공펌프의 배기 속도를 알고 있을 경우 원하는 압력을 유지 하기 위해 흘려 주어야 할 가스량이 결정된다.

그림 2(a)와 같은 배기속도를 가지고 있는 진공 펌프의 경우 식(1)을 이용하여 압력과 가스 유량의 관계로 그림 2(b)와 같이 표현할 수 있다.



(a)



(b)

그림 2 압력에 대한 (a) 배기속도, (b)유량과의 관계

그림 3 은 LabVIEW 를 사용한 시뮬레이션 S/W 의 순서도를 보여주고 있다. 시뮬레이션 S/W 는 정해진 시간에 따라 압력을 조절하며 MFC 에서 흐르고 있는 실제 유량(Actual Flow)을 컴퓨터에 저장한다.

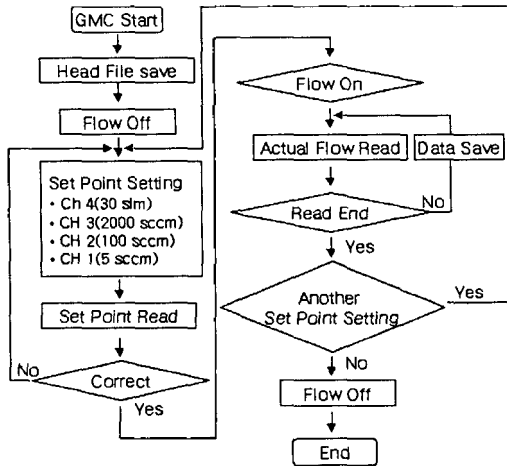


그림 3 시뮬레이션 S/W 의 순서도

3. 실험 결과 및 고찰

식(1)과 그림 2(b)를 이용하여 원하는 압력을 시간에 따라 변화시켰으며 그때의 입의의 공정은 그림 4, 그림 5 와 같다.

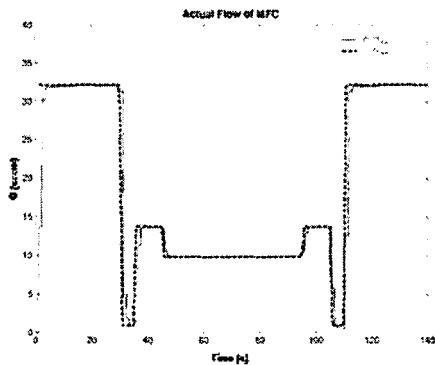


그림 4 MFC 에서 흘려준 가스량(Q)

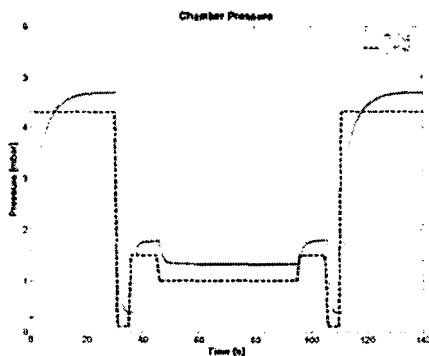
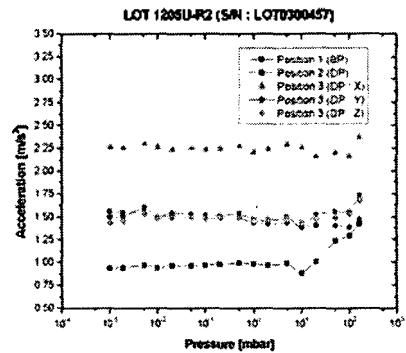
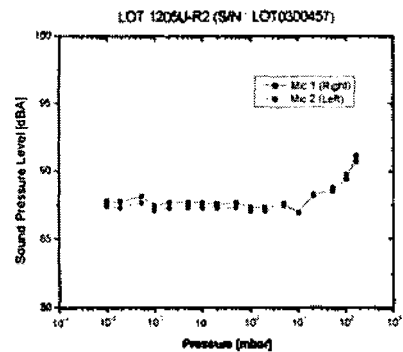


그림 5 챔버 내부 압력(P)

그림 4 는 시간에 따라 MFC 를 통해 흘려준 가스량의 변화를 보여주고 있다. 여기서 본 연구에서 흘려주기 원했던 가스량과 MFC 에 흘려 준 실제 측정량이 일치함을 알 수 있다. 하지만 그림 5 와 같이 챔버 내부의 압력은 기대치보다 측정값이 전체적으로 높게 형성됨을 알 수 있다. 이는 압력 센서의 제로포인트가 맞지 않아서 발생한 문제로 생각되어진다.



(a)

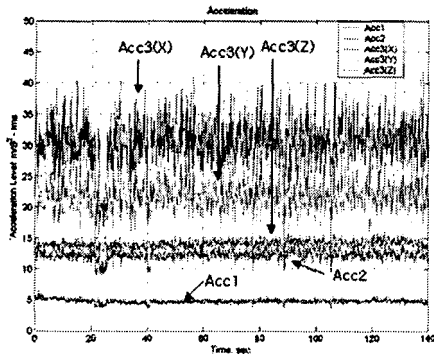


(b)

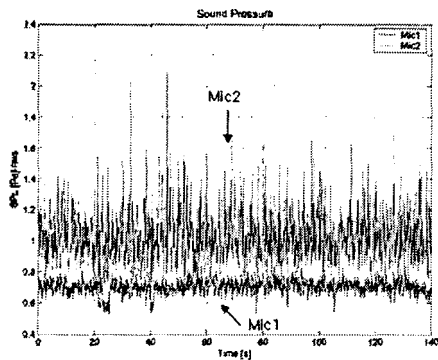
그림 6 압력에 따른 (a)진동, (b)음압

그림 6 은 본 연구에서 측정 대상이 된 스크류 타입을 갖는 드라이 펌프(Dry Pump)의 압력에 따른 진동과 음압 특성이다. 가속도계는 진공펌프의 부스터 펌프(Acc1)와 드라이 펌프(Acc2, Acc3)에 위치하며 마이크로폰은 진공펌프의 모터 방향에서 바라보았을 때 오른쪽(Mic1)과 왼쪽(Mic2)에 설치하였다. 그림 6 과 같이 이 진공펌프의 경우 압력이 약 10 [mbar] 이상이

되었을 때 압력 변화에 따라 소음·진동이 변한다는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 7 임의의 공정에 대한 (a)가속도, (b)음압

그림 7 은 시뮬레이션 S/W 에 의해 만들어진 임의의 공정 동안의 소음·진동의 변화를 제곱평균(rms) 값으로 나타내 것이다. 그림 7 에서 진동과 음압의 측정점은 그림 6 과 동일하며 임의의 공정 압력은 1~4.5 [mbar] 사이에서 변한다. 이와 같은 공정 압력은 10 [mbar] 이하이므로 소음·진동이 압력 변화에 상관 없이 일정하게 나온다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서 개발되어진 시뮬레이션 시스템은 실제 공정과 유사한 공정을 재현 할 수 있다. 재현된 공정은 소음·진동 분석 뿐만 아니라 펌프의 상태를 평가 할 수

있는 모든 요소들의 특성을 연구하는데 있어서 실제 공정에서 발생할 수 있는 진공펌프의 특징들을 연구하는데 많은 도움을 줄 것이다.

5. 참고 문헌

- [1] Nigel S. Harris, "Modern Vacuum Practice," McGRAW_HILL BOOK COMPANY
- [2] Takahisa Shimada, Takesaburo Yanagisawa, Kiyoshi Tagawa, "Characterization of Noise Generated by a Dry Pump by Using a Vane Vacuum Pump and Noise Reduction Methods," 1990
- [3] B. Engers, H.U. Bauer, "Cost-effective PVD coatings in batch systems," Surface and Coatings Technology 116-199, 1999
- [4] Kiyoshi Ando, Isao Akutsu, Tadahiro Ohmi "Gradational lead screw vacuum pump development," American Vacuum Society, 1999
- [5] Jong Yeon Lim, Wansup Cheung, Yong Moon Choi, Dae Jin Seong, Yong Hyeon Shin, Kwang Hwa Chung, "Mass Flow and Dry Pumping Characteristics for Low Vacuum Generation and Control On BIEN Technology," International Women's Conference on BIEN Tecknology, Paichai University, Dae-jeon, Korea, November 13~15, 2003
- [6] Jong Yeon Lim, Wansup Cheung, Kwang Hwa Chung, "Non-Destructive Characteristics Evaluation for Low Vacuum Dry Pumps in the Semi-conductor Manufacturing Process Line," Key Engineering Materials Vols. 270~273(2004) pp. 2345~2350