

차세대 반도체 세정 장비용 약액 공급 시스템 연구

Design of Chemical Supply System for New Generation Semiconductor Wet Station

홍광진* , 백승원* , 조현찬* , 김광선* , 김두용** , 조종근***

*한국기술교육대학교, **순천향대학교, ***(주)한국 DNS

Kwang-Jin Hong* , Seung-Won Baek* , Hyun-Chan Cho* , Kwang-Sun Kim* ,
Doo-Yong Kim** , Jung-Keun Cho***

*Korea University of Technology and Education,

Soonchunhyang University, *DNS Korea Co.,Ltd.

E-mail : damhye@kut.ac.kr

Abstract

Semiconductor Wet Station has a very important place in semiconductor process. It is important that to discharge chemical with fit concentration and temperature using chemical supply system for clean process. The chemical supply system which is used currently is not only difficult to make a fit mixing rate of chemical which is need in clean process, but also difficult to make fit concentration and temperature. Moreover, it has high stability but it is inefficient spatially because its volume is great. We propose In-line System to improve system with implement analysis of fluid and thermal transfer on chemical supply system and understand problem of system.

Keywords : 세정장비, 지능 알고리즘, 약액공급장치

1. 서론

반도체 소자의 제조공정은 무엇보다도 먼저 세정으로부터 시작된다. 반도체 집적회로의 제작공정을 보면 각 공정의 전 과 후에는 반드시 세정공정을 수신회 반복한다. 세정은 일반적으로 웨이퍼 표면의 세정만을 생각하기 쉽지만 실제 제조공정에 있어서는 반도체 제조장비 전체를 통해서 초청정화를 위한 기술로서 광범위하게 이해되어야 한다[1]. 그러나 웨이퍼 표면의 세정은 그 중에서도 가장 중요하고 어려운 기술로서 최종적으로 달성해야할 초청정화 기술이다. 반도체 웨이퍼의 대구경화와 소자의 미세화가 진행되면서 표면의 오염물질은 소자의 신뢰성에 직접적인 영향을 주기 때문에 미세입자 및 아주 작은 량의 금속 오염 등을 제거해야 한다[1][4]. 구체적인 방식으로서는 습식처리 (Wet Treatment)를 주로 사용하는데 그 순서를 보면 에칭, 산화 및 환원반

응, 용해, 계면 활성제, 초순수, 건조 등을 통하여 진행한다[2][3]. 습식처리에 바탕을 둔 (주)한국DNS의 세정장비는 (주)삼성전자 반도체 부문에 기 설치되어 생산라인에 적용되어 안정적으로 사용되고 있으나, 장비의 거대화화 Foot Print의 증가, 화학액 과 DI Water의 사용량 증가에 따라 경제적 및 환경적 문제점 등을 야기하고 있다. 따라서 본 연구에서는 세정장비의 핵심장비인 약액 공급 장치의 Process를 줄이고, 약액과 초순수의 사용량을 줄이면서, 약액 공급 장치의 소형화를 통한 In-line 시스템 장비 개발을 위한 연구를 목적으로 진행 되었다.

2. 이 론

시스템의 유동 해석을 위한 지배 방정식은 질량 보존 법칙과 베르누이 방정식이 사용된다. 유체가 다량의 초순수와 소량의 약액이므로 비압축성으로 가정하며 정상 상태에서의 입출구가 하나인 경우에 대해 질량 보존 법칙은 아래와 같이 표현 할 수 있다[5].

$$Q = A_1 U_1 = A_2 U_2 \quad (1)$$

여기서 Q 는 유량, A 는 직경, U 는 속도를 나타내며 임의의 직경과 속도를 가지는 유체가 입구를 통해 들어가고 출구를 통해 나오는 양은 같다는 것을 나타낸다. 즉 질량이 보존됨을 나타낸다.

또한 비압축성 정상상태에서의 입출구의 개수가 다를 경우에 대해 질량 보존 법칙을 적용하면

$$\sum_{i=1}^{i=n} Q_i = 0 \quad (2)$$

로 표현 할 수 있다[5].

또한 운동, 위치, 내부에너지를 포함하는 베르누이 방정식은 다음과 같이 표현할 수 있다[5].

$$E = gz + \frac{p}{\rho} + \frac{U^2}{2} \quad (3)$$

여기서, E 는 에너지, z 는 높이, p 는 압력, ρ 는 밀도, U 는 속도를 나타내고 좌, 우변을 중력 가속도로 나누어 주면

$$H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} \quad (4)$$

수두에 대한 방정식이 된다[5].

또한, 수두차와 압력차에 대한 식이 적용되며 각 식은

$$\Delta H = \left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} \right)_1 - \left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} \right)_2 \quad (5)$$

$$\Delta P = \left(\rho g z + p + \rho \frac{U^2}{2} \right)_2 - \left(\rho g z + p + \rho \frac{U^2}{2} \right)_1 \quad (6)$$

로 나타내어 진다[5].

3. 약액 공급 시스템

3.1 기존 시스템 분석

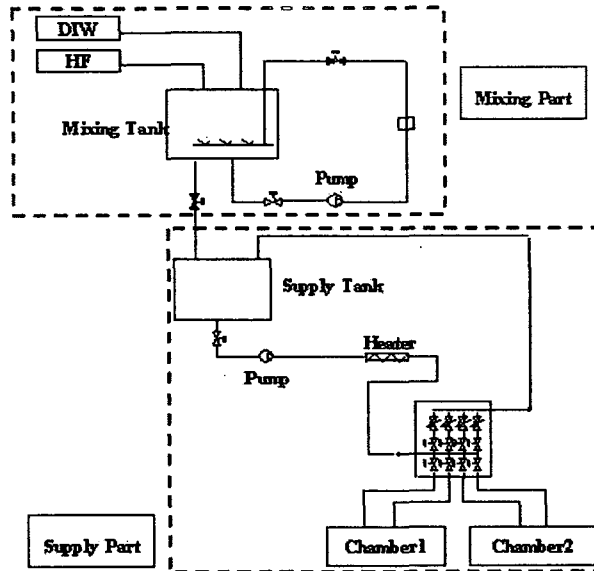


그림 1. 약액공급장치의 Simplify Modeling

현존 장비의 도면을 바탕으로 기존 시스템의 유동해석 및 열전달 해석을 하기 위하여 상용 프로그램인 Flow master 를 가지고 그림 1 과 같이 Modeling 하였다. 현재 사용되고 있는 시스템은 크게 약액공급 Tank 로부터 약액의 혼합을 위해 구성되어 있는 Mixing Part 와 Mixing Tank 로부터 공급된 약액을 Heating 하여 각 Chamber 로 분배하기 위한 Manifolder, Chamber 의 Front 와 Back 쪽의 공급 라인으로 구성된 Supply Part 로 구성되어 있다.

현 시스템의 Mixing Part 에 대한 Modeling 은 단순 혼합을 위한 순환방식을 가지고 있으며, Supply Part 의 유동에 영향을 미치지 않으므로 배제하였다.

Supply Part 에 대한 문제는 추후에 다루기로 하였으며 본 연구에서는 Mixing Part 만을 다룬다. Mixing Part 의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

1. 약액 공급 Tank 로부터의 공급압력이 불규칙적인 Hunting 이 발생.
2. Wafer 의 대구경화에 따른 약액의 사용량 증가로 인하여, Mixing Tank 의 부피 증가되어 장비 전체의 부피가 증대되고 있음.
3. Pump 순환 Mixing 방식의 단점으로 인한 농도의 신뢰도 감소로 정밀 제어 불가능.
4. 기존 PID 제어 기법은 시스템 파라메타 변화 발생 시 전문가가 직접 Gain Control 을 해주어야 한다.

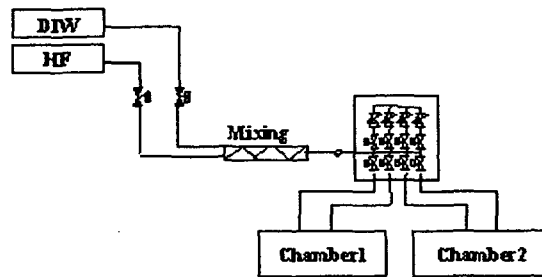


그림 2. In-line 시스템 모델링

위의 문제점들을 해결하기 위해서는 Mixing Tank 없이 약액을 혼합하여 공급할 수 있는 방식인 그림 2 와 같이 In-Line 장비를 개발해야 된다. In-Line 장비를 구성하기 위하여, 먼저 해결해야 할 문제로는 공급압력의 Hunting 에 기인한 정밀 유량 제어에 대한 문제이다.

두 약액의 혼합비율은 공정에 따라, 2:1 ~ 300:1 의 범위에 있다. 이러한 혼합 비율을 정밀하게 제어하기 위해서는 정밀하게 유량이 제어되어야 하며, 정밀하게 유량을 제어하기 위해서는 공급압력 Hunting 없이 일정하게 유지되어야 한다. 정밀 유량계를 사용하여 유량을 제어하면 좋겠지만, 현재 사용되어지고 있는 유량계들 중에서 강한 산성을 가지고 있는 HF(Hydrogen Fluoride)에 적합한 유량계는 극히 드물며, 높은 가격과 신뢰성에 대한 문제가 제기되어 사용하기에는 부적합한 실정이다. 이에 본 연구에서는 기존의 Component 를 사용하여 유량을 제어할 수 있는 방식을 구상 하였으며, 시뮬레이션을 통해 알고리즘 검증을 얻은 후 직접 장비를 제작하여 실험과 알고리즘을 보완하는 연구를 진행할 계획이다.

3.2 In-line 시스템

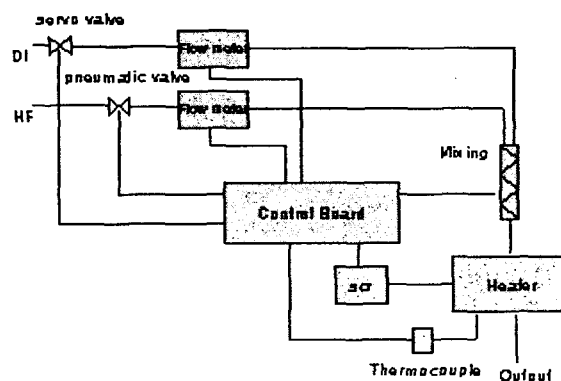


그림 3. Control System

In-line Control 시스템을 그림 3 과 같이 만들었다. 시스템의 제어 흐름을 살펴 보면 다음과 같다.

1. 보드로부터 동기 신호를 받아 HF 와 DI 용액의 밸브를 연다.(synchronize)
2. 농도 오차와 오차의 differential 을 가지고 서보 밸브를 이용해 DI 용액을 미세 조정.
3. Mixing Part 에서 나온 용액은 히터로 가열하며 온도 오차에 따라 히터를 가열한다.

4. 작업이 끝나면 보드로부터 동기신호를 받아 HF 와 DI 의 밸브를 닫는다.

4. 시뮬레이션

현재 실험을 위한 시스템을 제작 중이며, 실험에 앞서 컴퓨터 모사를 해 보았다.

시뮬레이션은 Mixing Part 만을 다루었으며, 기존 시스템의 농도 차는 $\pm 5\%$ 이고 이를 $\pm 2\%$ 이내로 제어 함 으로서 효율성을 검증하였다. 입력 변수 Fi1, Fi2 는 농도에러(e)와 농도에러의 differential(e')을 이용하였고 룰베이스를 통해 근사추론 하였다[6].

퍼지화는 이등변 삼각형 법을 이용하였고 비퍼지화는 함수를 이용하였다[6][7][8].

사용된 함수는 이상적인 밸브의 동작함수를 정의하여 사용하였다.

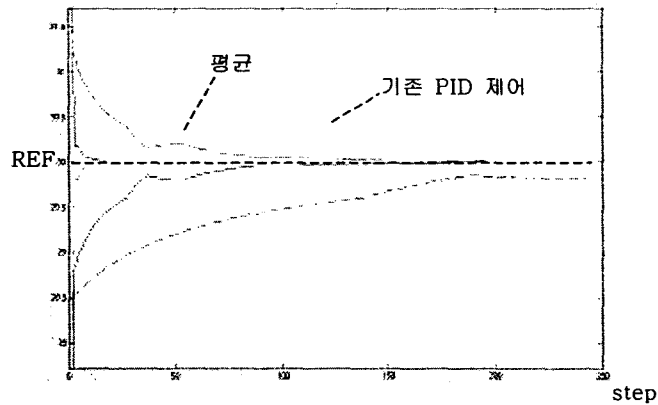


그림 4. 시뮬레이션 결과

그림 4 는 제어 step 에 대해서 밸브가 Reference 에 접근하는 정도를 보여주는 그래프이다. 그래프에서와 같이 기존 PID 제어에 비해 세정 제어 step 이 매우 단축 됨을 알 수 있다. 제어 step 의 단축으로 인해 기존 시스템에 비해 버려지는 약액의 양과 Tank 의 부피를 줄여 시스템의 사용 효율을 높이는 결과를 가지고 온다.

4. 결론

시뮬레이션 결과 오차 범위를 허용치($\pm 2\%$) 이내로 접근될 때까지 버려지는 약액은 기존의 약액 공급 장치에서 전문가에 의한 PID 농도 제어 시 버려지게 되는 약액에 비해 매우 적은 양이고 이런 점들은 FLC 사용을 통해 얻어진 장점이라 할 수 있다.

이번 시뮬레이션에서는 안정도가 고려되지 않았지만 점차 사용 되어지는 Component 들이 결정되어지면서 한단계씩 구체화 되어질 계획이다.

또한 Supply 부분을 다루지는 않았지만 추후 온도 제어를 위한 열전달 해석과 지능 알고리즘을 연구할 계획이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

- [1] Maeda Kazuo, "반도체 제조장치", 일본 공업조사회, 1999
- [2] Louis C. Burmeister, "Elements of Thermal Fluid System Design", Prentice Hall, 1998
- [3] T. F. Edgar & D. M. Himmelblau, "Optimization of Chemical Processes", McGraw Hill, 1993
- [4] Semiconductor World Journal, "최신 반도체 프로세스 기술 (Technology & Equipment)", 1998
- [5] D.S.Miller, "Internal Flow System", BHRA(information service), 1986
- [6] 변증남, "퍼지 논리 제어", 홍릉과학출판사, 1997
- [7] H.J. Zimmermann, "Fuzzy Set Theory and It's Applications", Kluwer-Kijhoff, 1986
- [8] 오성권, "C 프로그래밍에 의한 퍼지 모델 및 제어시스템", 내하출판사, 2002