

지능 알고리즘을 이용한 스마트 약액 공급 장치

홍광진*, 김종원*, 조현찬*, 김광선**, 김두용***, 조중근****

*한국기술교육대학교 정보기술공학부, **한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부,

순천향대학교 정보기술공학부, *(주) 세메스

초록

The wafer's size has been increased up to 300mm according as the devices have been integrated sophisticatedly. For this process to make 300mm-wafer, it is required strict level which removes the particulates on the surface of wafer. Therefore we need new type wet-station which can reduce DI water and chemical in the cleaning process. Moreover, it is very important to control the temperature and the concentration of chemical wet-station. The chemical supply system which is used currently is not only difficult to make a fit mixing rate of chemical in cleaning process, but also it is difficult to make fit quantity and temperature. We propose new chemical supply system, which overcomes the problems via analysis of fluid and thermal transfer on chemical supply system.

1. 서론

반도체 소자의 제조공정은 무엇보다도 먼저 세정으로부터 시작된다. 반도체 집적회로의 제작 공정을 보면 각 공정의 전 과 후에는 반드시 세정 공정을 수십회 반복한다. 세정은 전반적으로 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 달성해야 할 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 방식으로는 습식처리 (Wet Treatment)를 주로 사용하는데 그 순서를 보면 에칭, 산화 및 환원반응, 용해, 계면 활성제, 초순수, 건조 등을 통하여 진행한다[2][3]. 습식처리에 바탕을 둔 기존의 세정장비는 반도체 부문에 기 설치되어 생산라인에 적용되어 안정적으로 사용되고 있으나, 장비의 거대화과 Foot Print 의 증가, 화학액 과 DI Water 의 사용량 증가에 따라 경제적 및 환경적 문제점 등을 야기하고 있다. 따라서 본 연구에서는 세정장비의 핵심장비인 약액 공급 장치의 Process 를 줄이고, 약액과 초순수의 사용량을 줄이면서, 약액 공급 장치의 소형화를 통한 In-line 시스템 장비 개발을 위한 연구를 목적으로 진행 되었다.

2. 약액 공급 장치

2.1 기존 약액 공급 장치

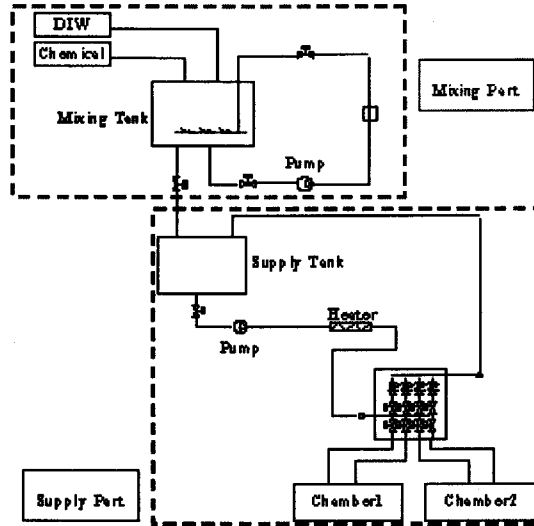


그림 1. Simplified modeling of conventional chemical supply system

기존 장비의 도면을 바탕으로 기존 시스템의 유동해석 및 열전달 해석을 하기 위하여 상용 프로그램인 Flow Master를 가지고 그림 1과 같이 Modeling하였다. 현재 사용되고 있는 시스템은 크게 약액 공급 Tank로부터 약액의 혼합을 위해 구성되어 있는 Mixing Part와 Mixing Tank로부터 공급된 약액을 Heating하여 각 Chamber로 분배하기 위한 Manifold, Chamber의 Front와 Back 쪽의 공급 라인으로 구성된 Supply Part로 구성되어 있다.

현 시스템의 Mixing Part에 대한 Modeling은 단순 혼합을 위한 순환방식을 가지고 있으며, Supply Part 유동에 영향을 미치지 않으므로 배제하였다.

또한 Supply Part에 대한 문제는 추후에 다루기로 하고, 본 연구에서는 Mixing Part만을 다룬다.

시뮬레이션에 의해 판단되는 기존 Mixing Part의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

기존 mixing part의 문제점

1. 약액 공급 Tank로부터의 공급압력이 불규칙적인 Hunting이 발생한다.
2. Wafer의 대구경화에 따른 약액의 사용량 증가로 인하여, Mixing Tank의 부피가 증가되어 장비 전체의 부피가 증대된다
3. Pump 순환 Mixing 방식의 단점으로 인한 농도의 신뢰도 감소로 정밀 제어가 불가능하다
4. 기존 PID 제어 기법은 시스템 파라메타 변화 발생 시 전문가가 직접 Gain Control을 해주어야 한다.

2.2 새로운 약액 공급 장치

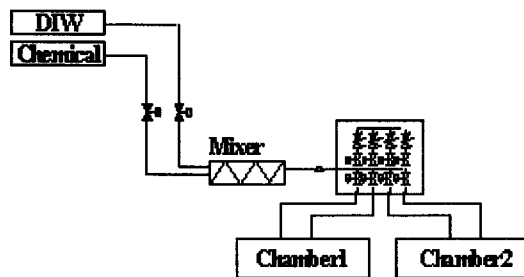


그림 2. The modeling of new chemical supply system

앞 절의 문제들을 해결하기 위해 그림 2와 같이 새로운 시스템을 개발 한다[5]. 이는 유동해석 및 모델링, 시뮬레이션을 통해 최적화하여 개발하였다.

그림 2의 새로운 약액 공급 장치는 그림 1의 기존 약액공급장치의 Mixng Part 에서의 Tank 와 Pump 가 없어짐에 따라 Foot Print, 장비 전체의 부피가 크게 감소 하였으며, 장비 단가 하락을 기대할 수 있다. 또한 약액과 초순수의 사용량 감소로 환경 친화적인 장점 등을 가지고 있다.

이 시스템을 제어하기 위한 시스템은 그림 3과 같다.

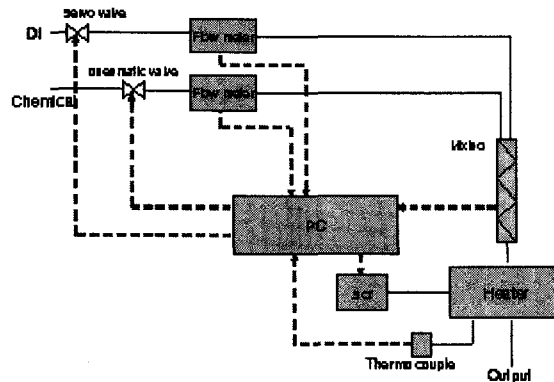


그림 3. Smart control system using intelligent algorithm

시스템 파라메타 변화 발생시 직접 Gain Control 을 해주어야 하는 기존 제어 방식을 보완하기 위해 퍼지 로직을 이용하여 지능 제어를 하였다. 퍼지화는 이등변 삼각형을 이용하였고 입력 변수는 농도 에러와 에러의 differential 을 사용하였다[6]. 근사추론은 맘다니의 Max-Min 법을 이용하였고, 비퍼지화는 indirect method 를 이용하였다[7][8].

Control flow of the system

- Step1. PC로부터 동기 신호를 받아 HF와 DI용액의 밸브를 연다.(synchronize)
- Step2. 농도 오차와 오차의 differential을 가지고 밸브를 이용해 DI용액을 미세 조정.
- Step3. Mixing Part에서 나온 용액은 히터로 가열하며 온도 오차에 따라 히터를 가열한다.
- Step4. 작업이 끝나면 PC로부터 동기신호를 받아 HF와 DI의 밸브를 닫는다.

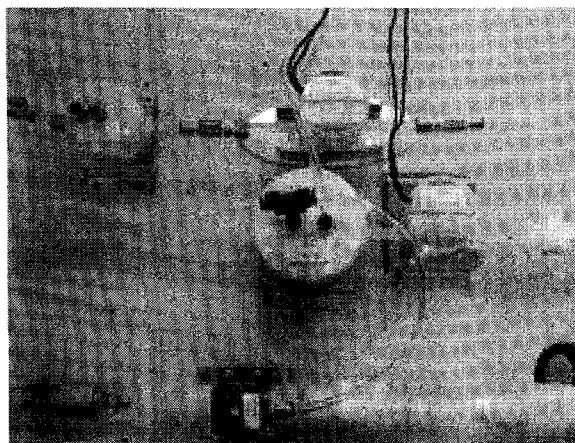


그림 4. In-line mixing system

3. Implementation

그림2의 모델링을 바탕으로 그림 4와 같이 시스템을 제작하였다. 상단에 보이는 것이 왼쪽부터 시계방향 순서대로 IPA VALVE(HICV), IPA Flow Meter, 중간 부분에 DIW Flow Meter, DIW VALVE(HICV), 그리고 하단에 보이는 것이 Mixer 이다.

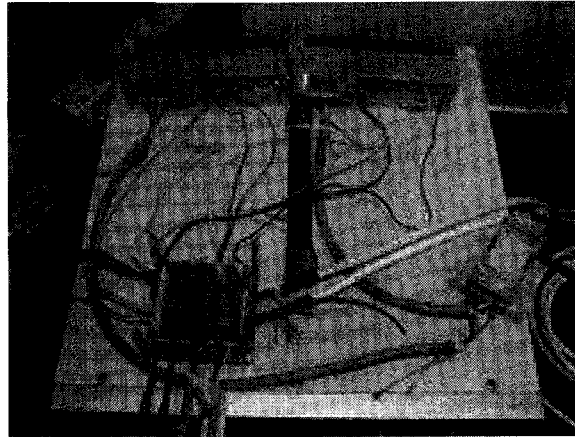


그림 5. Wiring of PC and DeviceNet

PC 제어를 위해 전장 및 DeviceNet 결선을 그림 5과 같이 하였다. 좌측 상단에 보이는 것은 A/D Converter로서 IPA와 DIW의 Flow Rate를 입력 받아 DeviceNet을 통해 PC로 전송된다. PC는 이것을 가지고 우측 상단에 보이는 D/A Converter로 Data를 보내 Valve(HICV)를 제어하게 된다.

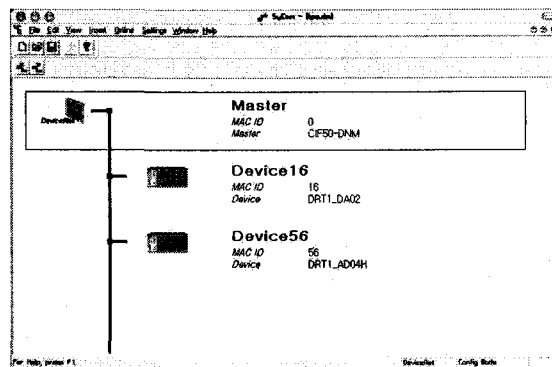


그림 6. DeviceNet Network

DeviceNet은 산업 디바이스들을 단일 네트워크를 통해 서로 연결하기 위한 신뢰성 있는 CAN 기술을 바탕으로 한 공개형 저가 커뮤니케이션 링크이다[10]. 이것을 통해 PC와 Device간 통신을 할 수 있다[11].

그림 6는 실제 In-line System 에서 구성한 DeviceNet Network를 보여주고 있다. 그림에서 Master는 PC이고 Device16은 D/A Converter이다. 그리고, Device56은 A/D Converter를 나타낸다.

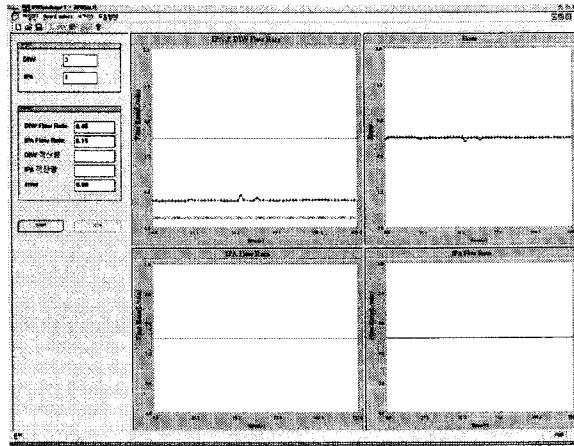


그림 7. Simulator & Result of mixing rate 1:3

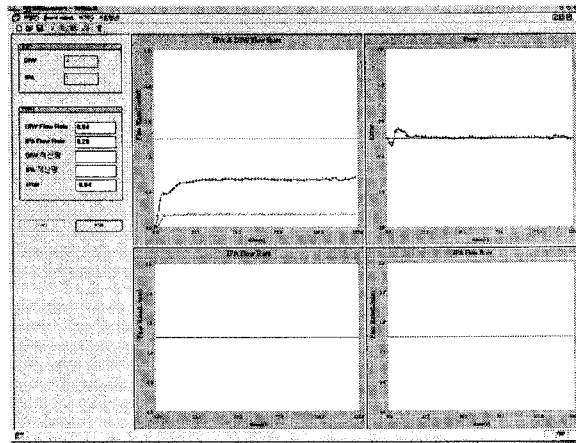


그림 8. Simulator & Result of mixing rate 1:4

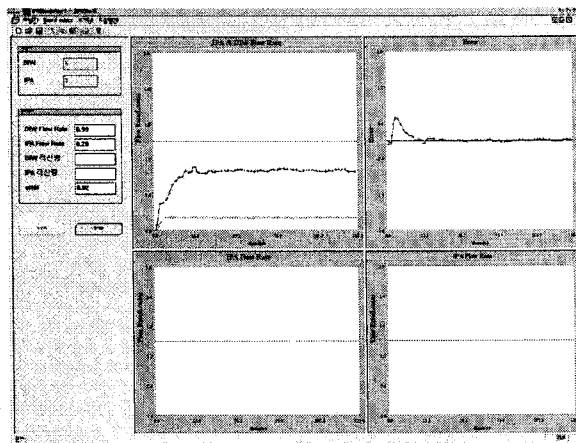


그림 9. Simulator & Result of mixing rate 1:5

한국반도체및디스플레이장비학회 2005년도 춘계학술대회용 논문집

그림 7 은 PC 에서 손쉽게 Mixing Rate 를 Setting 하고 제어하며, 현재 두 화학액의 Flow Rate 를 모니터링 해주는 Simulation Program 이다[8]. 그림 7~9 에서 1:3 ~ 1:5 까지의 혼합 비율에 대한 실험 결과를 보여주고 있다. 프로그램 좌측의 그래프는 IPA(하)와 DIW(상)의 Flow Rate 를 그려주고 있다. 우측의 그래프는 error 를 나타낸다. 실험은 Mixing Part 만을 다루었으며 기존 시스템의 농도 차는 $\pm 5\%$ 이고 이를 $\pm 2\%$ 이내로 제어 함으로서 효율성을 검증하였다[5].

4. 결론

새로운 약액 공급 시스템은 전문가에 의한 기존 PID 농도 제어 시 버려지게 되는 약액에 비해 약액 손실이 적고 보다 정밀 제어가 가능하다[5]. 또한 실험 결과에서와 같이 압력 현탕에 대하여서도 지능 알고리즘을 이용하여 능동적으로 제어를 함으로서 효율성을 입증하였다. 현재 적용 되지는 않았지만, 향후에는 HICV를 Mixer 다음에 달아 Supply Part에 있는 다중 챔버의 Header에서의 유량을 제어할 계획이다.

또한 온도 제어를 위한 열 전달 해석과 지능 알고리즘을 연구할 계획이다. 그리고 네트워크를 이용한 원격 제어 및 모니터링도 가능하도록 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Maeda Kazuo, Semiconductor's Manufacture Equipments, Japanese Industrial Standards Committee, 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, Recently Semiconductor Process Technology(Technology & Equipment), 1998.
- [5] Kwang-Jin Hong, et al., "Design of Smart Controller for New Generation Semiconductor Wet Station," Proc. of KFIS Spring Conference 2004, Korea, May 1, 2004, Vol.14, No.1, pp.149-152.
- [6] Z. Zenn Bien, Fuzzy-Logic Control, Hongrung Science, 1997.
- [7] H. J. Zimmermann, Fuzzy Set Theory and It's Applications, Kluwer-Kijhoff, 1986.
- [8] S. K. Oh, Fuzzy Model & Control System by C Programming, Naeha, 2002.
- [9] D. S. Miller, Internal Flow System, BHRA(information service), 1986.
- [10] Hilscher, SyConDN System Configurator DeviceNet, Hilscher, 2001.
- [11] Hilscher, Device Driver, Hilscher, 2001.