

# 반도체 제조공정의 스피너 장비를 위한 약액 흐름제어 시스템 개발

박형근<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>남서울대학교 전자공학과

## Development of the Chemical Flow Control System for Spinner Equipment in Semiconductor Manufacturing Process

Park Hyoung-Keun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronic Engineering, Namseoul University

요 약 본 연구에서는 약액 주입 후 미 도포로 인한 복합적인 공정불량을 예방하기 위하여 100nm 이하의 나노 반도체 제조공정에서 필수적인 스피너(spinner) 장비를 위한 약액 흐름제어 시스템을 개발하였다. 본 연구개발을 통하여 실시간으로 상태요소들을 감시할 뿐만 아니라 상태요소의 비정상적 변화나 웨이퍼 가공불량이 발생할 경우 해당 유니트를 정지시킴과 동시에 원격지에 있는 엔지니어에게 경보를 전송함으로써 즉각적인 대처가 가능하여 모듈의 수율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 세부 동작 시퀀스를 제어하기 위한 H/W와 S/W 시스템을 생산라인에 실장하고 성능점검 및 인증을 수행한 결과 5가지의 유형별 비정상적 프로세스를 정확히 검출하였다.

**Abstract** This research developed chemical flow control system(CFCS) essential for spinner equipment in nano semiconductor manufacturing process under the 100nm to prevent complex process defect due to missing spread after chemical injection. The devices developed in this research, which can be swiftly replaced in case abnormal state element changes or wafer manufacturing defect occurs, are anticipated to improve module yield as well as real-time monitoring on the state element. In addition, as a result of mounting H/W and S/W system to control detailed operation sequence in production line and executing performance check and verification, we can be exactly detected in five abnormal process type.

**Key Words** : Semiconductor, Manufacturing process, Chemical flow control, Spinner

### I. 서 론

현재 국내·외의 반도체 산업에서의 경쟁력은 사용자의 요구에 부응하는 제품을 얼마나 적시에 적절한 가격으로 출시하는가에 달려있다. 또한 국외, 특히 중국과 대만 및 일본의 거센 추격을 받을 뿐만 아니라 시장조사기관에서는 지속적인 가격하락을 예상하고 있다. 이를 극복하고 국내업체가 세계시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 수율의 극대화가 필수적이다. 그러나 S전자 반도체 생산라인에서 모듈의 수율이 장기적으로 정체상태가 되고 있으며 이는 곧 반도체 산업의 지속적인 성장과 이익

의 극대화에 가장 큰 걸림돌이 되고 있다[1].

따라서 본 연구에서는 100nm 이하의 나노 반도체 생산공정에서 필수적인 스피너(spinner) 설비의 약액 주입 후 미 도포로 인한 복합적인 공정불량을 예방하기 위하여 실시간(real-time)으로 상태요소들을 감시할 뿐만 아니라 상태요소의 비정상적 변화나 웨이퍼 가공불량이 발생할 경우 해당 유니트(unit)를 정지시킴과 동시에 원격지에 있는 엔지니어에게 경보를 전송함으로써 즉각적인 대처가 가능할 수 있는 약액 흐름제어 시스템(CFCS : Chemical Flow Control System)을 개발하였다.

본 논문은 2010년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*교신저자 : 박형근(phk315@nsu.ac.kr)

접수일 11년 02월 20일

수정일 11년 03월 31일

게재확정일 11년 04월 07일

## 2. 개발 내용

### 2.1 기술현황 및 생산공정

현재 국내·외의 반도체 산업에서의 경쟁력은 사용자의 요구에 부응하는 제품을 얼마나 적시에 적절한 가격으로 출시하는가에 달려있으며, 이를 극복하고 국내업체가 세계시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 수출의 극대화가 필수적이다.

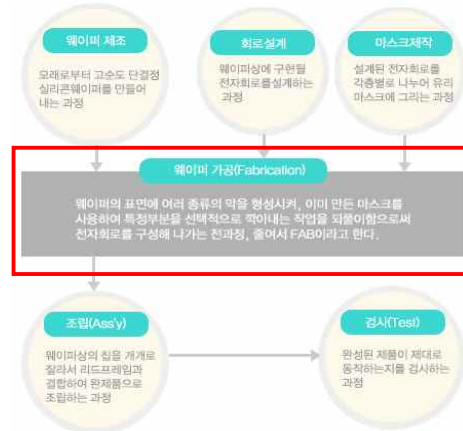
따라서 본 논문에서는 반도체 생산공정에서 필수적인 스피너(spinner) 설비의 약액 주입 후 미 도포로 인한 복합적인 공정불량을 예방할 뿐만 아니라 약액의 유량을 정밀하게 제어하고 실시간(real-time)으로 상태요소들의 변화를 감시함으로써 공정손실(Process Loss)을 '0(zero)'에 근접한 수준으로 유지할 뿐만 아니라 손실 및 불량 발생시 신속한 대처가 가능하여 웨이퍼의 수출을 향상시킬 수 있는 약액 흐름제어 시스템(FCFS : Chemical Flow Control System)을 개발하였다.

우리나라의 반도체 산업분야는 세계적 기술력과 생산량을 자랑하고 있을 뿐만 아니라 세계 기술표준을 선도하고 있는 대표적인 분야 중 하나이다. 그러나 반도체 Wafer 제조 및 LCD 공정 검사와 같은 고난이도의 첨단 공정장비인 경우에는 현실적으로 외국의 공정장비 자체를 수입함으로써 반도체 수출의 증가와 함께 주요 생산공정용 장비의 대일·대미 수입 의존도 역시 증가하는 결과를 초래하고 있다. 특히, 향후 국가 기간산업과 미래 유망산업으로의 위치를 확고히 해 나가고 있다는 산업의 특수성으로 인해 특별히 현장상황에 맞춘 개발 작업이 필요한 경우의 공정장비는 국내업체가 특화하여 개발하는 것이 필수적이며, 본 연구에서는 그림 1의 반도체 제조공정에서 웨이퍼 가공공정에 필요한 정밀제어 시스템을 개발하였다.

반도체 제조공정에서 특히 웨이퍼가공(Fabrication)공정은 산화(Oxidation), 감광액(PR ; Photo Resist)도포, 노광(Exposure), 현상(Development), 식각(Etching), 이온주입(Ion implantation), 화학기상증착(CVD; Chemical Vapor Deposition), 금속배선(Metalization)공정과 같이 필수적으로 수행해야 하는 각종 공정이 매우 복잡할 뿐만 아니라 감광액이나 기상증착을 위한 약액 주입과정 중에서 미세한 유량의 흐름을 제어하지 못할 경우 심각한 공정 불량 및 수출 저하기 필연적이다[1].

특히, 공정불량을 일으키는 원인에는 최종 주입 속도 제어(End Suck Speed Control), 공압 속도제어(Air Speed Control), 유량계 조절 불량 등과 같은 요인들 이외에도 다양한 요인들이 많은 영향을 미치며, 결국 웨이퍼 가공

공정에서의 불량률 증가와 수출저하를 야기한다.

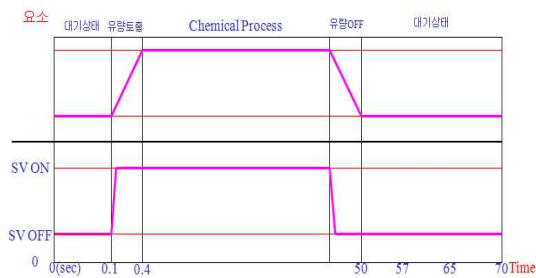


[그림 1] 반도체 제조공정

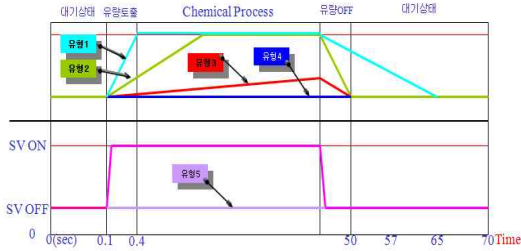
### 2.2 개발내용

대표적인 유형별 정상적 프로세스와 비정상적 프로세스의 예는 그림 2, 그림 3과 같다. 이러한 비정상적인 상태요소를 해결하기 위해 분사정도(Injection Uniformity) 및 유량을 미세하게 제어할 수 있는 새로운 노즐(Nozzle) 시스템을 개발하기 위한 시도도 있었으나 양산 및 검증까지 장기간이 소요됨으로 인하여 급격히 대형화되고 있는 세계적인 반도체 시장에서 기술적 적시성이 문제가 되는 것으로 나타났다[2].

이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 약액의 분사 및 도포를 정밀하게 제어할 수 있는 알고리즘과 공정개선을 위한 알고리즘이 탑재된 자동 약액 흐름제어 장비의 필요성이 국내 반도체 관련 공정장비 업체에서 대두되어 왔다. 또한 웨이퍼 가공 공정상의 비효율성으로 인하여 웨이퍼가 불량으로 판정될 경우 폐기되거나 재작업(rework)해야 하고 불량을 판정하지 못할 경우 결과적으로 수출을 떨어뜨리는 결과를 나타낸다[3,4].



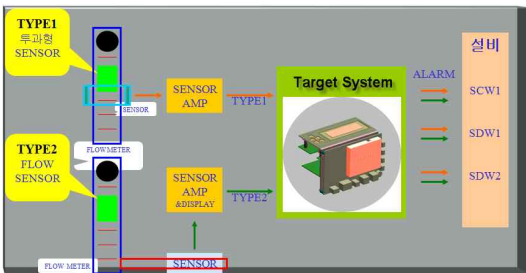
[그림 2] 정상적 프로세스



[그림 3] 유형별 비정상적 프로세스

더욱이 사용자의 요구 증대 및 관련 기술의 발전으로 현재 생산되고 있는 반도체 웨이퍼의 규격이 급격히 증가할 뿐만 아니라 고가의 대형 웨이퍼들이 등장함에 따라 생산 공정상에서 수율을 높이기 위한 지속적인 연구 개발과 공정개선을 위한 제어장치에 대한 연구가 필수적이다.

따라서 본 연구개발에서는 100nm 이하의 나노 반도체 생산공정에서 필수적인 스피너(spinner) 설비의 약액 투입 후 미 도포로 인한 복합적인 공정불량을 예방하기 위하여 실시간(real-time)으로 상태요소들을 감시할 뿐만 아니라 약액의 흐름을 정밀하게 제어하는 알고리즘을 개발하였다. 이를 통하여 상태요소의 비정상적 변화나 웨이퍼 가공불량이 발생할 경우 해당 유니트(unit)를 정지시킴과 동시에 원격지에 있는 엔지니어에게 경보를 전송함으로써 즉각적인 대처가 가능하여 결과적으로 반도체 생산공정을 혁신적으로 개선할 수 있는 약액 흐름제어 시스템(CFCS : Chemical Flow Control System)을 개발하였으며, 생산라인에서 실장 및 테스트를 위한 개념도는 그림 4와 같다.

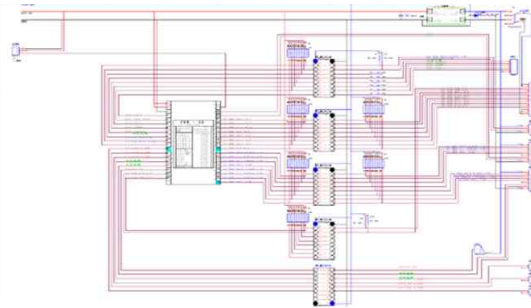


[그림 4] 생산라인에서의 실장을 위한 개념도

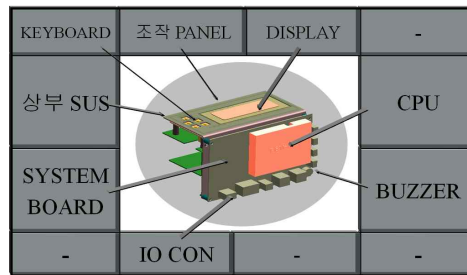
### 3. 제작 및 성능평가

본 논문에서는 제안된 시스템을 PIC16F877-2 CPU를 이용하여 그림 5와 같이 설계하였고 전체 시스템 구성은

그림 6과 같다.



[그림 5] 전체 시스템 회로



[그림 6] 전체 시스템 구성

또한 모듈형 계측제어기와 함께 반도체 공정의 복합 흐름제어에 적합한 여러 응용 소프트웨어를 지원할 수 있도록 개발함으로써 결과적으로 정밀계측과 흐름제어를 상호 보완할 수 있을 뿐만 아니라 최소한의 비용투자와 최대의 효과를 창출할 수 있도록 하였다. 세부 동작 시퀀스를 제어하기 위한 H/W와 S/W 시스템을 반도체 생산라인에 실장하고 성능점검 및 인증을 통하여 그림 7과 같이 제품화하였다.



[그림 7] 개발된 약액흐름 제어시스템

시스템의 전원 온/오프는 CPU 보드에 장착된 주전원 스위치 조작에 의해 가능하며, 80B 스피너 주전원온/오프와 동시에 작동한다. SCW U3의 SCN5-2 또는 CON1,

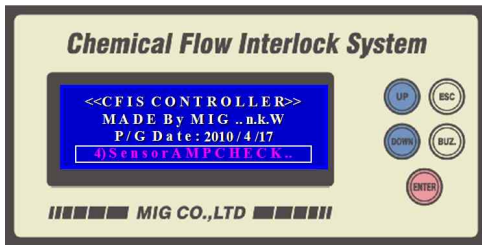
SCW1 커넥터(전원 및 S/V 신호케이블)를 탈착하면 전원이 꺼지지만 이 경우는 비정상적이기 때문에 시스템에 문제를 유발 시킬 수 있으므로 반드시 본체 주전원스위치 또는 장비의 주전원을 오프한 후 커넥터를 탈착해야 한다.

개발된 시스템의 전원이 켜진 후 기동화면 중 시스템 점검 기능은 그림 8과 같이 실행한다. 그림에서와 같이 전원이 켜진 후 바로 시스템 점검 화면이 표시되며, 시스템의 CPU 상태가 정상인가를 판단한다. 만약 불량 시 "SYSTEM FAIL"이 표기되고 대응방법으로는 CPU를 교환하여야 한다.



[그림 8] 시스템 점검 화면

흐름 메타 점검 과정 후 실행되는 센서 앰프 점검 (Sensor AMP CHECK) 기능은 시스템이 관리하는 센서 증폭기의 상태를 확인하며, 전체 또는 일부 센서 증폭기의 불량유무를 검출한다. 만약 불량이 감지되면 특정 PORT FAIL이 표기되고 대응방법으로는 CPU 보드 교환 또는 흐름 메타의 센서와 앰프를 교환해야 한다.



[그림 9] 센서 앰프 점검

흐름 메타 패널 배치는 그림 10과 같고, 흐름 메타에는 그림 11과 같은 감지 및 레벨 조정부가 있으며, 고감도 센서와 증폭기가 내장되어 있어 SCW의 EBR 같은 작은 흐름 메타 레벨도 오차 없이 감지가 가능하다.



[그림 10] 흐름 메타 패널 배치



[그림 11] 흐름 메타 구조

또한 시스템의 자기진단(Self-test) 기능을 갖도록 하였으며, 개발된 시스템의 사양은 표 1과 같다.

[표 1] 시스템 사양

| UNIT      | ITEM                     | SPEC.            |
|-----------|--------------------------|------------------|
| BOARD     | CPU                      | PIC16F877-2      |
|           | MAIN MEMORY              | 64k Byte         |
|           | DATA MEMORY              | 32k Byte         |
|           | I/O PORT                 | 34 I/O           |
|           | CLOCK                    | 20MHz            |
|           | DATA USE EEPROM          | 32k Byte         |
|           | 8 Bit A/D Ch             | 8 Ch             |
|           | 12 Bit A/D Ch            | 2 Ch             |
|           | 기능                       | 출력 5 PORT        |
|           | DISPLAY                  | BLUE DISPLAY     |
| SENSOR    | AMP SENSOR               |                  |
|           | INPUT CONNECTOR UNION    | 1/8" PT          |
|           | SIGNAL OUTPUT            | Analog Voltage   |
| SUS FRAME | USE VOLTAGE              | 12-24V DC        |
|           | UPPER COVER              | 1.5T SUS304      |
| ALARM 출력  | LOWER COVER              | 1.5T SUS304      |
|           | SPIN CHEMICAL FLOW ALARM | ALARM OUT        |
| PROGRAM   | BUZZER ALARM             | "Beep Beep Beep" |
|           | SYSTEM 지원 PROGRAM        | BASIC계열          |
| SIGNAL 입력 | S/V 1~10                 |                  |
|           | FLOW METER 1~10          | INPUT            |

#### 4. 결론

본 연구개발에서는 반도체 생산공정에서 필수적인 스피너(spinner) 설비의 약액 주입 후 미 도포로 인한 복잡한 공정불량을 예방할 뿐만 아니라 약액의 유량을 정밀하게 제어하고 실시간(real-time)으로 상태요소들의 변화를 감시함으로써 공정손실(Process Loss)을 '0(zero)'에 근접한 수준으로 유지할 뿐만 아니라 손실 및 불량 발생 시 신속한 대처가 가능하여 웨이퍼의 수율을 향상시킬 수 있는 약액 흐름제어 시스템(CFCS)을 개발하였다.

개발된 시스템은 시스템 및 메모리 점검, 흐름 메타 점검, 센서 앱프, 기능 키 및 자동 감시 등의 기능을 통하여 나노급 반도체 생산공정에 적용한 결과 5가지의 비정상적 프로세스의 발생을 정확히 검출하였다. 향후 Develop 후공정 검사를 위해 테스트 정보와 패턴정보 송수신 모듈을 통합하고 인터페이스부와 서버의 네트워크 연결 및 원격 감시 모듈에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 한국반도체산업협회, <http://ksia.or.kr>, 반도체 이해 및 반도체산업현황
- [2] 장홍석, "반도체소자 제조용 케미컬 탱크 및 이를 구비한 스피너 설비", 특허출원번호 1020040063299
- [3] Leslie KE. Binks RA. et. al., "Three component spinner magnetometer featuring rapid measurement times", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 11, No. 1, pp.1051-8223, Mar. 2001
- [4] Villegas I, Napolitano P., "Development of a continuous-flow system for the growth of compound semiconductor thin films via electrochemical atomic layer epitaxy", Journal of the Electrochemical Society, Vol. 146, No. 1, pp. 117-124, Jan. 1999
- [5] Chiu WKS, Jaluria Y, "Continuous chemical vapor deposition processing with a moving finite thickness susceptor", Journal of Materials Research, Vol. 15, No. 2, pp.317-328, Feb. 2000
- [6] 진달복, "PIC16F84/71과 그 응용", 양서각, 2003

박형근(Hyoung-Keun Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 : (주)미디어서브기술연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서응용, 임베디드시스템, SOC