

# 반도체 제조장비용 챔버 가스누출 방지를 위한 제어모듈 개발

설용태<sup>1\*</sup>, 박성진<sup>1</sup>, 이의용<sup>2</sup>

## Controller for Gas Leakage Protection in Semiconductor Process Chamber

Yong-Tae Sul<sup>1\*</sup>, Sung-Jin Park<sup>1</sup> and Eui-Yong Lee<sup>2</sup>

**요약** 본 논문에서는 반도체 제조장비의 챔버 내부 가스누출을 방지하기 위한 보완모듈을 제시하였다. MFC(mass flow controller) 다음단의 최종밸브와 챔버 사이의 가스관에 압력센서를 부착시켜, 압력센서의 신호와 최종밸브의 동작신호를 디지털 회로를 이용하여 실시간으로 감지하고 가스누출을 방지하도록 하였다. LED 모듈을 이용하여 공정 중에 발생하는 2차 소성물로 인한 가스의 흐름과 관련된 시스템 고장을 표시한다. 본 연구에서 개발한 모듈을 이용하면 챔버 내에서의 가스누출로 인한 장비의 손상과 안전사고 등을 예방하는 효과가 있다.

**Abstract** In this paper the gas leakage controller in processing chamber for semiconductor manufacturing is proposed. A pressure sensor is connected between the final valve and the numeric valve. A pressure sensor signal and a numeric valve signal are controlled by a proposed digital circuit module. Gas leakage condition, producing by 2nd plasticity in semiconductor process, display at LED. The proposed controller module is useful for monitoring the gas flow for preventing the critical process gas leakage.

**Key Words** : 가스, 검출기, 반도체, 제조공정

### 1. 서론

반도체 제조공정에서의 안정적인 가스공급은 작업자의 안전 확보와 제품의 수율향상 등을 위한 중요한 요인 중의 하나이다. 특히 가연성, 자연발화성 및 유독성 가스의 경우 각종 안전장치를 이용한 정밀한 제어가 요구된다.

가스의 공급여부와 유량은 가스 공급관에 부착된 MFC(Mass Flow Controller)에 의해서 검출되며, 고장발생시에는 MFC 양단에는 공압밸브가 닫힘으로써 가스를 차단한다. 그러나 공정용 가스의 사용과정에서 발생하는 가스 상호간의 반응으로 인한 수분 및 고형의 소성물 등 2차의 생성물로 인하여 MFC가 오동작하여 장비운전에 지장을 주는 사례가 발생하고 있다. 이러한 MFC의 오동

작은 관내의 가스흐름의 상태를 메인장비에 부정확하게 전달함으로써 메인 공정장비의 고장의 원인이 되기도 하며, 제품의 불량률을 높이기도 한다. 이러한 경우 공정가스의 정밀 제어를 위해서는 기존의 제어장치를 보완할 수 있는 추가적인 보완모듈이 필요하다[1,2].

본 연구에서는 반도체 제조장비의 공정용 챔버내 가스누출을 방지하기 위해 가스의 흐름을 감지하고 제어하는 보완모듈을 제안하였다. 개발된 제어모듈은 가스흐름을 감지하는 감지센서부와 이로부터 입력되는 개폐신호와 가스흐름 신호를 처리하여 가스누설을 판단하고 메인장비로 긴급차단(interrupt)처리신호를 전달하는 제어부 등으로 구성된다. 제어모듈은 MFC 다음단의 파이널 밸브와 챔버 사이의 가스관에 압력센서를 부착시켜 압력센서의 신호와 파이널밸브의 동작신호를 디지털회로를 이용하여 실시간으로 제어한다. 이러한 가스누출에 따른 고장은 LED를 통해서 운용자가 확인할 수 있도록 하였고, 고장과 동시에 제조공정 프로세스를 중단시켜 장비손상과 제품 수율저하를 최소화하고 운용자의 안전성을 확보하게 하였다.

이 논문은 호서대학교 교내연구비의 지원에 의하여 연구되었음

<sup>1</sup>호서대학교 디지털 디스플레이공학과

<sup>2</sup>(주)에이티에스

\*교신저자: 설용태(ytsul@office.hoseo.ac.kr)

## 2. 제어모듈의 설계

### 2.1 제어모듈의 구성

반도체 제조공정에 사용되는 장비의 공정용 챔버의 가스 공급장치의 개요도는 그림 1과 같다.

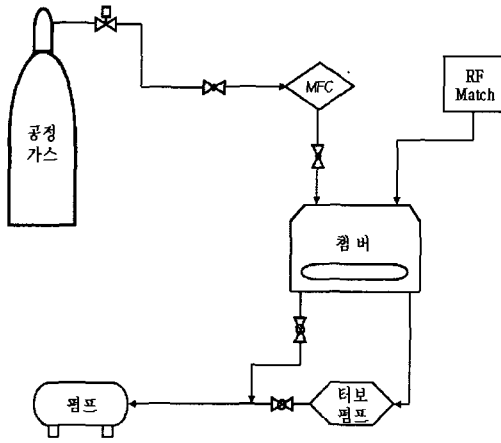


그림 1. 가스공급장치 개요도

그림 1에서보면 가스저장 용기로부터 공급되는 가스는 압력을 일정하게 조절하는 조절기(regulator)와 가스의 공급여부와 유량을 제어하는 MFC 및 최종밸브(final valve)를 통해서 챔버로 유입된다. MFC 양단에는 공압밸브가 있어 MFC 오동작이나 고장으로 인한 교체 및 공정실패로 인한 긴급차단 시 공압밸브내의 솔레노이드의 여자로 닫히게 된다. MFC의 오동작에 따른 가스누출과 메인장비의 고장을 방지하기 위해서는 기존의 MFC를 보완할 수 있는 추가적인 2차 3차의 보완장치가 요구된다.

본 연구에서 제안한 추가적인 MFC 보완 제어모듈의 개념도는 그림 2와 같다.

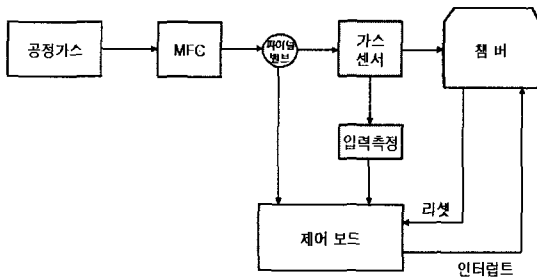


그림 2. 제어모듈의 블럭도

그림 2에서와 같이 챔버의 가스누출을 방지하기 위한

제어모듈은 크게 파이널 밸브, 가스감지기 및 제어부 등 3가지로 구성되어있다. 파이널 밸브는 챔버로 유입되는 가스의 공급을 도통, 차단시키는 가스밸브의 개폐 여부에 따라 연동하도록 MFC와 가스밸브사이에 설치된다. 유입되는 가스의 흐름은 가스센서를 이용한 감지부에서 탐지하며, 제어부는 감지부로부터 입력되는 개폐신호와 가스 흐름신호를 처리하여 가스의 누설을 판단하고 메인장비에 긴급차단 처리신호를 전달하는 역할을 한다.

그림 2의 제어부 내부를 상세히 표시하면 그림 3과 같다.

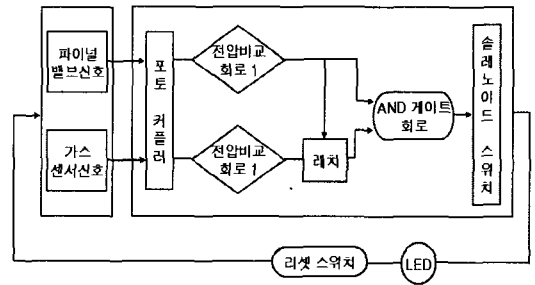


그림 3. 제어 흐름도

제어모듈은 그림 3에서와 같이 크게 6개의 회로( 입력 회로인 포토 커플러, 2개의 전압비교회로, 반전회로, 래치회로 및 AND gate 회로 등)와 2개의 스위치( 솔레노이드 스위치와 리셋 스위치)로 구성되어 있다. 입력회로인 포토 커플러는 감지부의 파이널밸브와 연결되어 신호를 받는 개폐신호 입력단과 가스센서에 연결되어 신호를 받는 가스 흐름신호 입력단으로 구성된다. 전압비교회로 1,2는 개폐신호 입력단과 가스흐름 신호입력단 각각에 연결되어 입력되는 신호의 레벨을 비교하여 일정레벨로 출력시키는 기능을 하며, 이들 2개회로와 AND gate 회로로부터 인가되는 신호를 반전시키는 반전회로가 있다.

또한 래치회로는 전압비교회로 1,2와 반전회로를 거쳐 입력되는 신호 중 선행신호를 일시적으로 기억하고 다음으로 입력되는 신호를 클럭신호로 하여 선행신호를 출력시키는 역할을 담당한다. AND gate 회로는 감지부로부터 인가되어 반전회로와 래치회로를 거쳐 각각 입력되는 개폐신호 및 가스흐름 신호를 AND 논리적으로 처리하여 출력한다. 이 밖에 AND 게이트 회로를 거친 신호가 반전 회로를 통해 반전된 값이 여자되어 스위칭 동작하여 인터럽트 신호를 인터록 출력단에 전달하여 가스공급을 중단시키는 솔레노이드 스위치가 있으며, 인터럽트 발생시 문제해결 후 제어보드의 복귀를 위한 리셋 스위치 등이 있다.

그림 4는 실제 제작된 제어모듈의 사진이다.

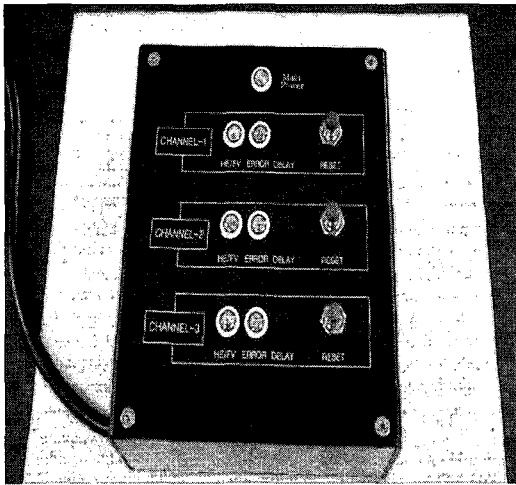


그림 4. 가스제어기의 실물도

## 2.2 제어 모듈의 동작원리

2.1절에서 구성한 제어모듈의 동작원리는 다음과 같다. 가스공급부로부터 가스가 챔버로 공급되는 과정에서 제어부의 입력회로는 파이널밸브의 개폐신호와 가스 센서의 가스흐름 신호를 받아들인다.

본 연구에서는 상기 입력회로로 발광소자와 수광소자를 하나의 패키지(Package)에 결합하여 입·출력 사이를 전기적으로 절연시켜 광으로 신호를 전달하는 광 결합소자인 포토커플러를 사용하였다[3,4]. 즉, 파이널밸브 또는 가스 센서가 오픈 또는 감지될 경우, 24[V]의 전압이 포토커플러에 인가되며, 이때 포토커플러는 여기되어 5[V]의 신호가 감지부와 가스흐름신호 입력단에 감지되면, LED가 점멸 동작하게 되는데 이 LED로 파이널밸브의 동작 상태를 표시한다.

입력회로인 포토커플러로 파이널밸브와 가스 센서로부터 5[V]신호가 각각 입력되면, 포토커플러는 여기되어 전압비교회로로 신호를 전달하고, 이들 회로는 기준전압과 입력신호를 비교하여 입력신호가 일정 레벨이상의 신호이면 출력시켜 반전회로로 인가시킨다. 전압비교회로는 하나의 패키지 내에 4개의 비교기(Comparator)가 내장된 OP 증폭기이며, 반전회로는 하나의 패키지 내에 4개의 NOT 게이트가 내장된 74시리즈이다.

반전회로로 인가된 신호는 각각 반전되며 이중 파이널밸브 측에서 입력된 신호는 바로 AND 게이트 회로로 입력된다. 가스 센서 측에서 입력된 신호는 래치회로에 일시적으로 저장되어 있다가 파이널밸브 측에서 입력된 신호가 반전회로를 한 번 더 거쳐 입력된다. 즉, 클럭 신호가 입력되면 AND 게이트 회로로 입력되어 파이널밸브

측에서 입력된 신호와 논리적으로 처리되어 출력된다. 즉, 래치회로가 파이널밸브 측에서 입력된 신호와 가스센서 측에서 입력된 신호에 따라 이를 비교하여 AND 게이트 회로에 전달하게 되며, 이때 AND 게이트 회로는 아래 표 1과 같은 공정상태를 판단하게 된다.

표 1. 공정상태 진단표

구분	파이널 밸브	가스 센서	상태	설명
1	0	0	공정 준비	Final V/V가 열리지 않았으며 가스 압력이 없음
2	0	1	공정 대기	다음 공정 진행을 위한 준비 단계로 밸브는 닫혔지만 관내에 기존 사용 가스가 존재
3	1	0	고장 발생	가스 밸브가 열렸음에도 가스관 내에 압력이 차지 않아 밸브의 고장 상태를 나타냄
4	1	1	공정 진행	가스 밸브가 열렸고 관내에도 가스가 흐르고 있는 상태

이와 같이 AND 게이트 회로를 거쳐 처리된 출력 값은 반전회로를 통해 반전되어, “0”의 상태가 출력되면 정상 상태이고, “1”의 상태가 출력되면 이상상태이다. 이상상태일 경우 솔레노이드 스위치가 여자되어 인터록 출력단을 통해 메인 장비에 인터럽트 신호를 전송하여 전체의 공정을 중지시키게 된다. 이후 운영자가 원인 파악 및 고장 상태를 점검하여 이상상태인 고장을 처리한 후, 리셋 스위치를 누르게 되면 초기상태로 전환되어 제어 동작을 재 수행하게 된다.

이밖에도 파이널밸브가 개폐되는 상태의 입력 신호를 받아 이득 값 즉, 전압비교회로에 의하여 생성된 신호의 진폭에 대한 증가율을 조절하도록 하는 가변저항이 전압 비교회로에 연결되어 있다. 또한, 인터럽트 발생시 5[V]의 신호가 발생되어 레드 LED가 점멸하여 이상 작동 상태를 알리도록 되어 있다. 즉, 플라즈마 방전을 위한 가스 공급의 부족으로 아크가 발생하여 ESC(Electro Static Chuck)의 손상을 가져오는 문제를 인터럽트 처리하여 메인 장비를 보호함으로써, 장비의 수명 연장 및 공정의 신뢰성을 향상시키는 효과를 얻을 수 있다.

이와 같이 본 연구에서 제안한 가스흐름 제어모듈은 간단한 디지털 논리 회로와 주변장치를 이용하여 가스 밸브의 상태를 확인할 수 있으며, 반도체 제조공정에 사용되는 여러 가스 라인에 적용할 수도 있다. 이러한 동작원리를 흐름도로 나타내면 그림 5와 같다.

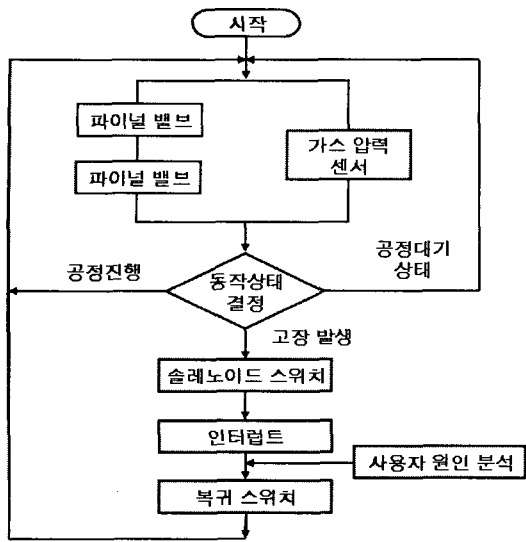


그림 5. 동작원리 흐름도

### 3. 적용사례

개발된 제어모듈은 그림 6과 같이 현재 반도체 양산라인에서 사용 중인 Etcher장비에 적용하였다. 당 시스템은 AM사의 P-5000 시스템으로 8"용 3 챔버의 클러스터 형태이다.



그림 6. 적용 시스템

그림 7은 적용 장비에 개발된 실제 시스템을 장착하여 적용한 사례이며 전면에 부착된 LED를 통해 고장시 색상, 정상동작시 녹색으로 표시된다.

개발된 제어모듈

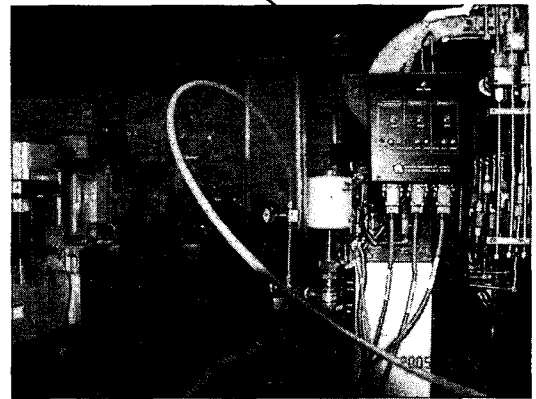


그림 7. 개발된 제어모듈의 장착도

그림 8은 메인시스템의 모니터화면으로 공정조건을 이탈하였을 경우 인터럽트 장치를 이용하여 공정 챔버가 운전 정지하면서 모니터에 경고 메시지를 보내는 동시에 시스템이 운전정지 된다. 정지된 후 시스템을 정상화시키기 위해서는 리셋 스위치를 눌러 경고 메시지를 해소시켜 정상 상태가 되어야만 컨트롤러에 인터럽트를 해제시키도록 설계되었다.

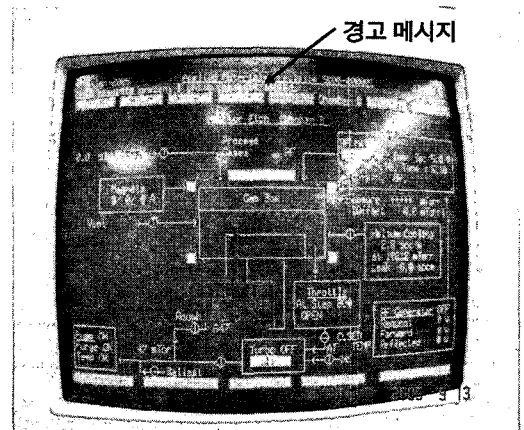


그림 8. 경고 메시지 모니터링

### 4. 결론

본 연구에서는 반도체 제조장비의 공정용 챔버내 가스 누출을 방지하기위해 가스의 흐름을 감지하고 제어하는 보안모듈을 개발하였다. 가스 감지센서부와 누설여부를 판단하고 제어신호를 보내는 제어부 등으로 구성된 제어

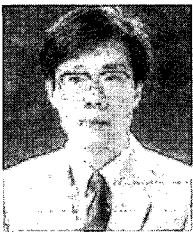
모듈을 MFC 다음단의 파이널 밸브와 챔버사이의 가스관에 압력센서를 부착시켜 압력센서의 신호와 파이널밸브의 동작신호를 디지털회로를 이용하여 실시간으로 제어하도록 하였다. 또한 LED를 통해서 운용자가 가스누출을 확인 가능하며, 고장과 동시에 제조공정 프로세스를 중단시켜 장비손상과 제품 수율저하를 최소화하고 운용자의 안전성을 확보하게 하였다. 제한한 모듈은 성능의 실효성이 입증되어 현재 반도체 생산라인에서 가동 중인 제조장비의 챔버에 설치하여 활용 중이다.

### 참고문헌

- [1] 황호정 “반도체 공정기술” pp.109~192 생능출판사, 2000
- [2] Richard C. Jaeger, “Vol.5 Introduction to Microelectronic Fabrication”, pp.57~180 Prentice Hall, 2002
- [3] David E. Johnson “Basic electric circuit Analysis” pp. 60~81 Prentice Hall, 1997
- [4] Donald P. Leach, Albert Paul Malvino, “Digital principles and applications” pp.293~459 McGraw-Hill, 1998

### 설 용 태(Yong-Tae Sul)

[정회원]



- 1979년 2월 : 한양대학교 전기공학과 (공학사)
- 1981년 2월 : 한양대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1984년 8월 : 한양대학교 전기공학과(공학박사)
- 1985년 3월 ~ 2004년 2월 : 호서대학교 전기공학과 교수
- 2004년 2월 ~ 현재 : 호서대학교 디지털 디스플레이공학과 교수

<관심분야>

반도체, RF, 플라즈마

### 박 성 진(Sung-Jin Park)

[정회원]



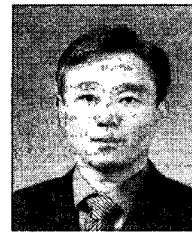
- 2002년 2월 : 호서대학교 전기공학과 (공학사)
- 2004년 2월 : 호서대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 디지털 디스플레이공학과(박사과정)

<관심분야>

플라즈마, RF, 반도체공정

### 이 의 용(Eui-Yong Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 순천향대학교 전기공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 호서대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 호서대학교 전기공학과(공학박사)
- 2001년 7월 ~ 현재 : (주)에이티에스 부장

<관심분야>

RF, 반도체공정