

# 반도체 제조장비용 챔버의 가스 누출 방지 모듈 개발

설용태\*, 박성진\*, 이의용\*\*  
\*호서대학교 디지털디스플레이학과  
\*\*(주)에이티에스  
e-mail: ytsul@office.hoseo.ac.kr

## A Study of protecting module of chamber gas leakage for semiconductor manufacturing process

Yong-Tai Sul\*, Sung-Jin Park\*, Eui-Yong Lee\*\*  
\*Dept of Digital Display Eng. Hoseo University  
\*\*Advanced Technology Semiconductor Inc.

### 요 약

본 연구에서는 반도체 제조 공정에 이용되는 가스의 흐름을 감지하고 제어하는 장치를 제안하였다. 압력센서를 MFC(Mass Flow Controller)에 의해 제어되는 다음 단의 파이널밸브(Final Valve)와 챔버사이의 가스관에 부착시켜, 이 압력센서의 신호와 공압밸브의 동작 신호를 디지털 회로를 이용하여 실시간으로 제어하도록 하였다. 이로써 반도체 제조 공정 중에 발생할 수 있는 2차 소성물로 인한 가스의 흐름 제어와 관련된 시스템 고장을 LED를 통해 실시간으로 확인 가능하다. 또한 가스누출고장 발생 시 반도체 제조 공정의 프로세스를 중단시켜 장비의 손상 및 안전사고를 예방하는 기능도 있다. 본 연구에서 개발된 모듈을 이용함으로써 가스밸브의 오동작에 의한 반도체/디스플레이 제조장비의 신뢰성 향상을 기할 수 있다.

### 1. 서론

반도체 제조 공정에 사용되는 가스는 제품의 생산과 직접적으로 연관되는 공정요소로서, 수율 향상을 위해서는 가스 공급의 안정화가 필수적이다. 반도체 제조 공정에 사용되는 가스는 가연성, 자연 발화성, 부식성, 유독성 가스와 불활성 가스로 나누어져 있다. 이러한 가스는 취급상의 부주의나 장치의 안전장치의 미흡으로 인체나 장비, 시스템에 손상과 손실을 가져올 수 있으므로 반도체 공정용 가스를 제어하는 안전장치는 고장의 신속한 응답속도와 정밀한 제어가 필요하다. [1]

가스 공급을 위한 기존의 가스 제어장치는 가스관의 공압밸브를 직접 제어하는 솔레노이드와 실린더 및 매니폴드(Manifold) 내의 압력을 측정하여 가스의 흐름을 감지하는 압력센서, 누설을 감지하는 누설경보기 등으로 구성되어 있다. 상기와 같은 가스

제어장치 중 가스통으로부터 공급되는 가스를 일정 압력으로 조절하는 장치로 레귤레이터(Regulator)가 사용되며, 가스는 레귤레이터를 거쳐 MFC( Mass Flow Controller )를 통과한 후 가공 챔버로 공급된다.

장비 사용자가 메인(main) 장비에서 공정 중에 사용되는 가스의 종류와 유량을 공정조건에 따라 설정하여 제어하게 되고, 이러한 설정 조건에 따라 각 가스라인에 부착된 MFC에서 가스의 공급의 여부와 유량을 제어하게 된다. 반도체 제조공정은 고진공의 상태에서 이루어지고 있으며, 이러한 고진공 상태에서의 매니폴드 내의 가스의 유량 상태는 상기에 설명한 MFC에 의해서 검출된다. MFC 양단에는 공압밸브가 있어 MFC의 오동작이나 고장으로 인한 교체 시나 공정 실패로 인한 인터럽트시, 공압밸브 내의 솔레노이드의 여자로 닫히게 된다. 그러나 공정용 가스를 사용 과정에서 발생하는 가스 상호 간의

반응으로 인한 수분 및 고형의 소성물들이 발생하며, 이러한 2차 생성물로 인한 MFC의 오동작을 유발시키는 문제점이 있다. 이러한 MFC의 오동작은 관내의 가스흐름의 상태신호를 메인장비로 잘못된 신호를 전달하여 장비의 고장의 원인이 되며, 제조공정의 수율을 저하시키는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 안전한 가스 사용공정을 위해서는 신속하고 정밀도 높은 2차 3차의 추가적인 가스 제어장치가 필요하다.

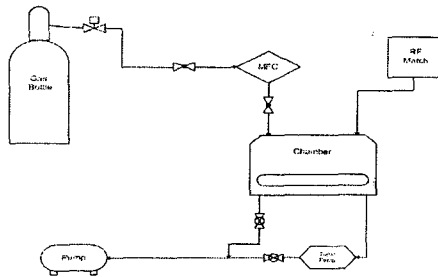
본 연구에서는 반도체 제조 공정에 이용되는 가스의 흐름 감지 및 제어장치에 관한 것이다. 개발된 제어 모듈은 챔버로 유입되는 가스의 공급 여부에 따라 연동하는 파이널밸브와, 유입되는 가스의 흐름을 감지하는 가스센서로 이루어진 감지부 및 상기 감지부로부터 입력되는 개폐신호와 가스흐름신호를 처리하여 가스 누설을 판단하고, 메인 장비로 인터럽트 처리 신호를 전달시키는 제어부 등으로 구성하였다.

MFC 다음 단의 파이널밸브와 챔버 사이의 가스관에 압력센서를 부착시켜, 압력센서의 신호와 파이널밸브의 동작 신호를 디지털 회로를 이용하여 실시간으로 제어하도록 하였다. 이로써 공정 중에 발생할 수 있는 2차 소성물로 인한 가스의 흐름 제어와 관련된 시스템 고장을 LED를 통해 실시간으로 확인 가능하도록 함과 동시에, 고장 발생 시 제조공정의 프로세스를 중단시켜 장비의 손상 및 안전사고를 예방할 수 있다.

## 2. 제어부의 설계

### 2.1 제어부의 구성

반도체 제조공정에서 장비에 공급되는 가스공급 장치의 개요도는 그림 1과 같다.

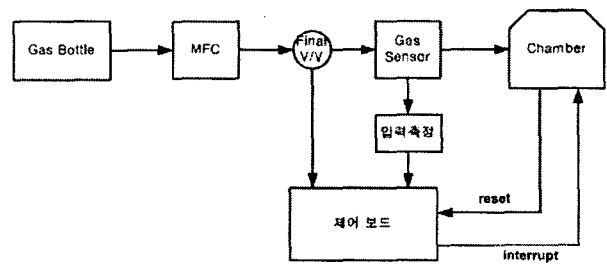


[그림 1] 가스공급장치 개요도

그림 1에서 보면 가스공급부로부터 공급되는 가스의 혼합을 MFC를 통해 제어하여 가스 밸브를 거쳐 챔버로 유입된다.

매니폴드 내의 가스의 유량 상태는 상기에 설명한 MFC에 의해서 검출되며, MFC 양단에는 공압밸브가 있어 MFC의 오동작이나 고장으로 인한 교체 시나 공정 실패로 인한 인터럽트시, 공압밸브 내의 솔레노이드의 여자로 닫히게 된다.

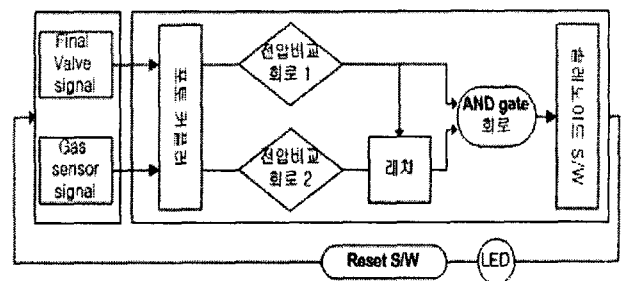
MFC의 오동작에 따른 메인장비의 고장을 방지하기 위해서는 안전한 가스사용이 필요하며 이를 위한 신속하고 정밀도 높은 2차 3차의 추가적인 가스제어장치가 필요하다. 본 연구에서는 가스흐름을 감지하고 누설을 효율적으로 차단할 수 있는 제어모듈을 고안하였으며 전체적인 개념도는 그림 2와 같다.



[그림 2] 제어모듈의 블럭도

제안된 모듈은 챔버로 유입되는 가스의 공급을 도통/차단시키는 가스 밸브의 개폐 여부에 따라 연동하도록 MFC와 가스 밸브 사이에 구비되는 파이널밸브와, 유입되는 가스의 흐름을 감지하도록 파이널밸브와 가스 밸브 사이에 구비되는 가스센서로 이루어진 감지부 및 상기 감지부로부터 입력되는 개폐신호와 가스흐름신호를 처리하여 가스 누설을 판단하고, 메인 장비로 인터럽트 처리 신호를 전달시키는 제어부 등 3부분으로 구성되어 있다.

제어부를 부분별로 상세히 표시하면 그림 3과 같다.

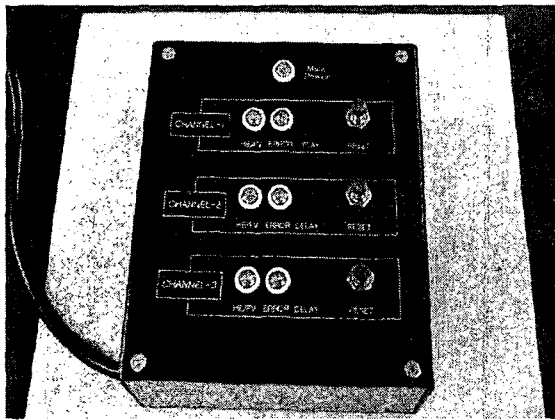


[그림 3] 제어 흐름도

그림 3에서 보면 감지부의 파이널밸브와 연결되어 신호를 입력받는 개폐신호 입력단 및 가스 센서에

연결되어 신호를 입력받는 가스흐름신호 입력단으로 이루어진 입력회로가 있다. 상기 개폐신호 입력단 및 가스흐름신호 입력단 각각에 연결되어 입력되는 신호의 레벨을 비교하여 일정레벨로 출력시키도록 된 전압비교회로1·2와, 상기 전압비교회로1·2와 후술하는 AND gate 회로부터 인가되는 신호를 반전시키는 반전회로라 있다. 상기 전압비교회로1·2와 반전회로를 거쳐 입력되는 신호 중 선행신호를 일시적으로 기억하고, 다음으로 입력되는 신호를 클럭신호로 하여 선행신호를 출력시키는 래치회로가 있다. 또한 상기 감지부로부터 인가되어 반전회로와 래치회로를 거쳐 각각 입력되는 개폐신호 및 가스흐름신호를 AND 논리적으로 처리하여 출력하는 AND gate 회로가 있다. 끝으로 AND gate 회로를 거친 신호가 반전회로를 통해 반전된 값이 여자되어 스위칭 동작하여 인터럽트 신호를 인터록 출력단에 전달하여 가스공급 공정을 중단시키는 솔레노이드 스위치 및 인터럽트 발생 시, 문제 해결 후 제어 보드의 복귀를 위한 리셋 스위치를 포함하여 구성된다.

그림 4는 실제 제작된 제어모듈의 사진이다



[그림 4] 가스제어기의 실물도

## 2.2 동작 원리

이와 같이 구성된 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 간을 전기적으로 절연시켜 광으로 신호를 전달하는

광 결합소자인 포토커플러를 실시예로 적용하였다. 즉, 파이널밸브 또는 가스 센서가 오픈 또는 감지될 경우, 24[V]의 전압이 포토커플러에 인가되고, 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 High신호인 5[V]신호가 각각 입력되면, 포토커플러는 여기되어 전압비교회로1,2로 신호를 전달하고, 전압비교회로1,2는 기준전압과 입력신호를 비교하여 입력신호가 일정 레벨이상의 신호이면 출력시켜 반전회로로 인가시킨다.

전압비교회로1,2는 하나의 패키지 내에 4개의 비교기(Comparator)가 내장된 OP 증폭기이며, 반전회로는 하나의 패키지 내에 4개의 NOT gate가 내장된 74시리즈이다.

반전회로로 인가된 신호는 각각 반전되며, 이중 파이널밸브 측에서 입력된 신호는 바로 AND gate 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 gate 회로로 입력되어 파이널밸브 측에서 입력된 신호와 논리적으로 처리되어 출력된다.

즉, 래치회로가 파이널밸브 측에서 입력된 신호와 가스센서 측에서 입력된 신호에 따라 이를 비교하여 AND gate 회로에 전달하게 되며, 이때에 AND gate 회로는 아래 표 1과 같은 공정상태를 판단하게 된다.

[표 1] 공정상태 진단

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 가스관내에 압력이 차지 않아 밸브의 고장 상태를 나타냄
4	1	1	공정 진행	가스 밸브가 열렸고 관내에도 가스가 흐르고 있는 상태

이와 같이 AND gate 회로를 거쳐 처리된 출력값

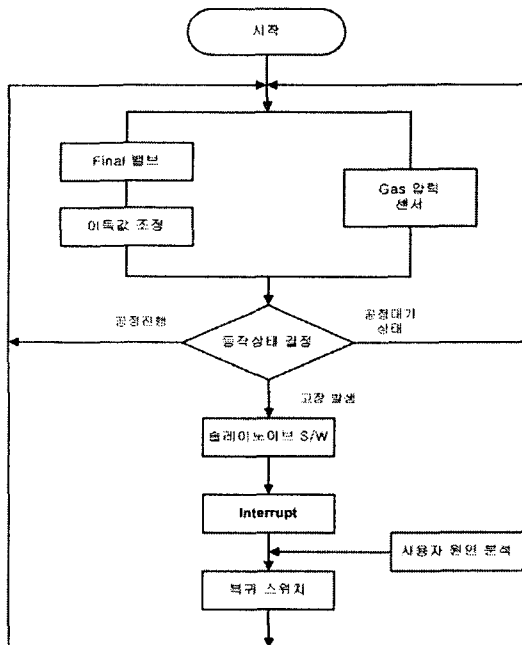
은 반전회로를 통해 반전되어, "0"의 상태가 출력되면 정상상태이고, "1"의 상태가 출력되면 이상상태이며, 이상상태일 경우 솔레노이드 스위치가 여자되어 인터록 출력단을 통해 메인 장비에 인터럽트 신호를 전송하여 전체의 공정을 중지시키게 된다.

이후 작업자가 원인 파악 및 고장 상태를 점검하여 이상상태(고장)를 처리한 후, 리셋스위치를 누르게 되면 초기상태로 전환되어 제어 동작을 재 수행하게 된다.

이밖에도 파이널밸브가 개폐되는 상태의 입력 신호를 받아 이득값 즉, 전압비교회로에 의하여 생성된 신호의 진폭에 대한 증가율을 조절하도록 하는 가변 저항(VR1)이 전압비교회로에 연결되어 있다. 또한, 인터럽트 발생시 5[V]의 신호가 발생되어 레드 LED가 점멸하여 이상 작동 상태를 알리도록 되어 있다. 즉, 플라즈마 방전을 위한 가스공급의 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 연구에서는 비교적 간단한 디지털 논리 회로로 가스 밸브의 상태를 확인할 수 있으며, 반도체 제조공정에 사용되는 여러 가스 라인에 적용할 수도 있다.

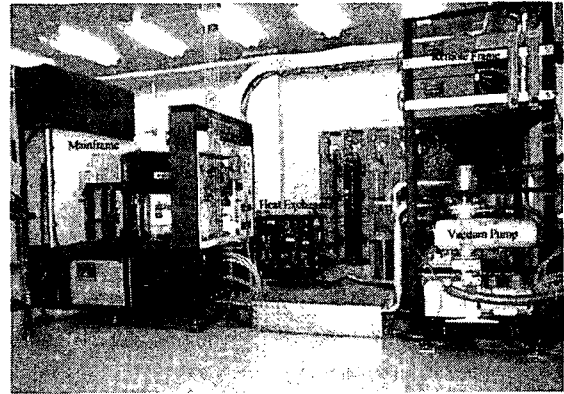
이러한 동작원리를 흐름도로 나타내면 그림 5와 같다.



[그림 5] 동작원리 흐름도

### 3. 적용시스템

상기와 같이 개발된 제어모듈은 \*\* 대학교 RRC 에 설치된 아래와 같은 공정장비를 이용하여 알파테스트를 실시하였다.



[그림 6] P-5000 적용시스템

### 4. 결론

본 연구에서 개발된 가스흐름 제어기를 이용하면 MFC 다음 단의 공압밸브와 챔버사이의 가스관에 압력센서를 부착시켜, 압력센서의 신호와 공압밸브의 동작 신호를 디지털 회로를 이용하여 실시간으로 제어할 수 있다. 이로써 반도체 제조 공정 중에 발생할 수 있는 2차 소성물로 인한 가스의 흐름 제어와 관련된 시스템 고장을 LED를 통해 실시간으로 확인 가능하도록 함과 동시에, 고장 발생 시, 반도체 제조 공정의 프로세스를 중단시켜 장비의 손상이나 안전사고의 예방이 가능하다. 따라서 본 연구에서 제안한 제어기 모듈의 적용으로 반도체/디스플레이 제조장비의 수명 연장과 공정의 신뢰성을 향상시키는 효과를 기대할 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Richard C. Jaeger, "Vol. 5 Introduction to Microelectronic Fabrication", 교보문고, 2002
- [2] Donald P. Leach, Albert Paul Malvino, "Digital principles and applications" 회중당, 1998
- [3] David E. Johnson " Basic electric circuit Analysis" (주)사이텍미디어, 1997
- [4] 황호정 "반도체 공정기술" 생능출판사, 2000