

반도체 제조 공정 개선을 위한 테스트베드의 설계와 구현에 관한 연구

박 원 찬*, 류 환 규*, 류 길 호**, 김 정 호**, 조 성 의***

*㈜로템기술, **한밭대학교, ***오토웨어

e-mail : Parkwc@rotemeng.com,

A Study on the Design and Implementation of Test bed for Improvement of Semiconductor Manufacture Process

Park Won Chan*, Ryu HwanGyu*, Ryu GilHo**, Kim JungHo**, Cho SungHui***,

*Rodem Engineering co.,Ltd, **Hanbat National Univity, ***Autoware co.Ltd.

요 약

반도체 산업에서 제조공정상의 웨이퍼 가공시에 여러 가지 화학물질을 사용하고 있으며, 제조공정상 유해가스의 발생 빈도수가 높다. 반도체 제품을 생산하기 위한 공정 모니터링 시스템은 관리실에서만 가스 누출여부, 온습도 변화 및 영상을 모니터링 하고 있으며, 관리자가 자리를 비우게 되면, 반도체 제품 생산공정에 발생하는 긴급 상황에 대응하기 어렵다.

본 논문에서는 반도체 공정 모니터링 테스트 베드에서는 반도체 생산 공정의 온도, 습도 및 가스 누출 여부와 같은 주변환경을 모바일에서 모니터링 및 즉각적인 상황 대응이 가능한 공정 모니터링을 연구 하였다.

1. 서론

반도체의 기술은 전자산업 및 IT 산업의 근간을 이루는 반도체 기술이다. 실리콘 사이클에 대한 각 반도체 메이커는 코스트 절감, 시장 투입까지 개발 기간 단축, 디바이스의 성능 향상에 힘 쏟고 있는 상태이다.[1] 반도체 제조 비용을 최소화에 대한 문제를 해결하기 위해서 사용되는 방법 중 하나가 반도체 제조 공정 모니터링 시스템이다. 반도체 제조공정시스템이란 반도체 제조 공정 모니터링 시스템은 관리자가 항상 대응할 수 있도록 하는 시스템이다. 현재의 가장 많이 사용되고 있는 공정 진단 방법은 실제 공정을 수행하기 전후에 테스트 공정을 수행한 후 계측기를 사용하여 공정이 올바르게 진행되었는지 판단하여 실제 공정의 진행 여부를 결정하는 것이다.[2] 또한 임의로 선별된 대표 웨이퍼를 통해 전체 평가를 하므로 그 신뢰성에 문제가 있으며, 고가의 검사 장비 도입과 그에 따른 인력 및 생산라인의 비용과 그에 따른 인력 및 생산라인 내 공간 증가, 전체적 비용 증가의 문제를 초래하게 한다.[3] 그리고 공정 진행 후 테스트 공정이 비상 상황이라 결과가 올바르지 않다고 판단될 경우 원인에 대한 조치를 못하고, 공정 진행의 단계별 보완이 이루어지지 않는다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 보완하기 위하

여 공정 장치 별로 각 변수를 실시간으로 모바일 장치를 통해 모니터링하고 제어 기능을 수행하도록 반도체 공정 모니터링 테스트 베드를 구성하였으며, 반도체 공정 모니터링 시스템을 각각 부분 별로 반도체 공정 모니터링 송수신부, 제어부, 스마트 모바일 앱으로 나누어 분석하고, 이에 대한 테스트를 수행했다. 2 장에서는 반도체공정 모니터링 송수신, 제어부, 스마트 모바일 앱에 대한 구성을 분석하고, 3 장에서는 반도체 공정 모니터링 테스트 베드를 사용한 실험결과를 해석한다. 그리고, 4 장에서는 결론 및 향후 발전 방향을 기술한다.

2. 반도체 공정 모니터링 구성

안전성과 신뢰성 향상을 통해 기존 공정제어의 문제점을 보완하기 위한 반도체 공정 모니터링 시스템은 RF 송수신, 제어부, 동작부, 감지부와 모바일 기기 부분 등으로 나누어지며 [그림 1]과 같다.

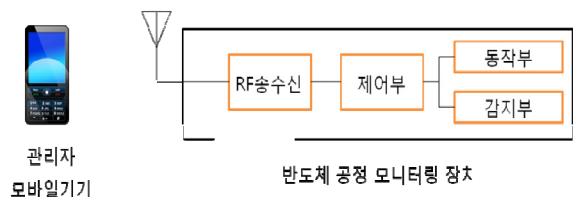


그림 1 반도체 공정 모니터링 장치 구성도

2.1 RF 송수신부

RF 송수신부는 제어부로부터 받은 UART 시리얼 통신 프로토콜을 IEEE 802.11 b/g 무선랜 프로토콜로 변환시키는 것이 주 기능이며, 이는 일반적인 스마트폰이나 태블릿 PC 와 같은 모바일 기기에서 수신할 수 있는 무선 규격이다. [표 1]은 본 시스템에서 사용한 RF 송수신부의 사양을 나타낸 것이다. [4]

표 1 RF 송수신부 사양

구분	특성
무선 표준	IEEE 802.11.b/g (2.4GHz)
최대 무선 통신 속도	25Mbps
최대 시리얼 통신 속도	230,400bps
보안 기능	64/128bit WEP, WPA, AES, SSL
송신 감도	802.11.b: 16dBm(11Mbps) 802.11.g: 14dBm(6~54Mbps)
수신 감도	802.11.b: -65dBm(11Mbps) 802.11.g: -76dBm(6~54Mbps)
기타 특성	자체적으로 통신 이벤트 로그 저장 Access Point / Gateway 로서 동작 혹은 client 로서 동작

시스템을 구성하여 RF 송수신부 대 무선랜 노트북 혹은 RF 송수신부 대 스마트 모바일 장치로 통신을 수행하였으며, RF 송수신부 자체적으로 Gateway 기능을 갖도록 설정하여 외부와 독립된 네트워크를 구성하도록 하였다.

2.2 제어부

제어부는 시스템의 중심이 되는 부분으로, 테스트 베드 내의 각 공정 장치를 제어하고 환경 변수를 모니터링하여 이상을 감지하면 비상 상황에 대처하도록 다시 제어하는 역할을 한다. [표 2]는 제어부의 사양을 나타낸 것이다. [5]

표 2 주제어부 사양

구분	특성
연산속도	16MIPS @ 16MHz
직렬 통신	I2C, UART(2EA)사용
Logic	5.0V TTL Level
Power	12.0V / 3A
기타 특성	8bit MCU ADC 채널 사용 가능

[표 2]에 나타난 것과 같이, 전체 전원은 12V 를 사용하고 이를 Logic 및 제어부 구동을 위한 5V 전원으로 변환시켜 사용하였으며, I2C 와 UART 등 직렬

통신 회선을 할당하고 아날로그 가스 센서 출력을 처리하기 위한 ADC 채널을 활용한 구성으로 환경 감지 기능을 처리하도록 하였다.

2.3 동작부

동작부는 테스트 베드 내에 구현한 각 공정의 구동을 위하여 각각의 액추에이터들을 구동하기 위한 부분으로, DC 모터의 회전을 제어하기 위한 모터 드라이버 회로와, 비상상황 발생시 그에 대응하기 위한 알람 및 환기시설 구동 장치 등으로 구성되어 있다.

각각의 공정에 할당된 액추에이터들은 제어부에서 프로그래밍 된 대로 동작하거나 RF 송수신부로부터 입력된 명령 대로 동작을 수행한다.

2.4 감지부

감지부는 공정 환경 변수를 감지하여 제어부에서 처리할 수 있도록 하는 부분이다. 반도체 제작 과정에서 장비 자체에서도 많은 열이 발생하며 온도 조건은 반도체 제품의 공정 효율에 큰 영향을 끼치므로, 온도 조건은 모니터링이 필수인 변수이다.[6] 습도 역시 적정 범위를 초과하면 정상 동작을 보장할 수 없게 되므로 감지해야 할 필요가 있다. 반도체 제조 공정에서 사용되는 VOC(Volatile Organic Compound) 가스의 농도 또한 본 시스템에서 감지하여 처리하고 있다. [표 3]은 감지부에서 사용하는 센서들의 사양을 나타낸 것이다. [7], [8]

표 3 감지부 각 센서 사양

센서종류	구분	특성
SHT11 온습도 센서 (습도)	해상도	0.03 % (상대습도)
	오차 범위	±0.1% (상대습도)
	측정 범위	0~100% (상대습도)
	히스테리시스	±1
SHT11 온습도 센서 (온도)	해상도	0.01℃
	오차 범위	±0.5℃
	측정 범위	-40~123.8℃
	응답시간	5~30s
GSBT11 VOC 가스 센서	측정 가스	VOC(톨루엔 류)
	전력소비량	360mW 이하
	오차 범위	±7%
	측정 범위	0~100ppm
	출력전압 범위	0~4V
	RL(OFFSET 조정)	6.8kΩ
RS(감도 조정)	24kΩ	

온습도와 유해 가스(VOC) 농도 변수는 주기적으로 측정되며, 매 시간 측정된 환경변수는 저장 장치에 기록된다. 각 환경 변수가 정상 범위를 벗어나는 경우에는 즉각 공정 현장에 알람이 발생하며 동시에 모바일 장치에도 알람이 발생하도록 구성되어 있다.

[표 3]의 온습도 센서는 높은 해상도로 온도 및 습도 변수를 디지털 신호로 변환하여 내보내며, VOC 가

스 센서는 수~수십 ppm 이내의 미량의 가스를 감지하여 그 농도를 아날로그 신호로 변환하여 내보내는 역할을 한다.

온도 변수는 적용된 센서로부터 다음 식(1)과 같이 나타난다[7]:

$$SO_{RH} = \text{센서 습도 출력(8bit)}, RH_{linear} = \text{상대습도 결과값}$$

$$RH_{linear} = -4 + 0.648 \times [SO_{RH}] - 7.2 \times 10^{-4} \times [SO_{RH}]^2 \quad (1)$$

상대 습도 변수는 다음 식(2)과 같이 나타난다[7]:

$$SO_T = \text{센서 내 절대 온도 출력값(12bit)}$$

$$\text{온도}(^{\circ}\text{C}) = -40.00 + 0.04 \times [SO_T] \quad (2)$$

VOC 가스 농도 변수는 다음 수(3)과 같이 나타난다[8]:

$$\log(\text{톨루엔 가스 농도 ppm}) = -9.234 + 5.249 \times [Vout] - 0.557 \times [Vout]^2 \quad (3)$$

2.5 모바일 기기부

모바일 기기부는 관리자가 휴대한 채로 공정의 진행 상황의 모니터링, 제어와 긴급 상황 발생시 알람 서비스를 받을 수 있는 애플리케이션이 설치된 휴대용 스마트 기기이다.

본 시스템에서는 다음의 성능을 가진 모바일 기기를 사용하였다. [표 4]는 모바일 기기의 사양을 나타낸 것이다. [9]

표 4 모바일 기기 사양

구분	특성
화면 크기	10.1 인치 1280x800 TFT LCD
무선 통신	802.11.a/b/g/n , 2.4 GHz/5GHz
내장 배터리	7000mAh
OS	안드로이드 3.0
프로세서	1GHz dual core

모바일 기기 내에 구현한 애플리케이션을 통해, 공정 장치의 개별 제어를 수행하고, 공정 환경 변수를 확인하도록 구성하였다.

3. 반도체공정모니터링 구현

<그림 2>는 반도체 공정 모니터링 테스트 베드를 보여주고 있다. 그림 좌측부분은 산업공정용 모바일 앱을 탑재한 기기로 프로그램이 동작하고 있고, 우측 부분도 마찬가지로 반도체 공정 모니터링 테스트 베드로 이루어져 있다.



그림 2 반도체 공정 모니터링 테스트 베드

반도체공정에서 요구로 하는 기능은 프로토콜, 펌웨어, 모바일 어플리케이션으로 나누어져 있다.

3.1 프로토콜 구현

반도체 공정 모니터링 프로토콜은 아래와 같은 구성으로 구현을 했다. 각각의 반도체공정으로 나타는 공정번호를 0xA0 ~ 0xA6 으로 표현했다. 상태창을 유해가스의 발생을 표시하는 것이다. 또한 데이터가 발생되는 부분은 각 감지부의 데이터를 값을 4byte 단위로 보내준다.

표 5 프로토콜 정의

Write	공정번호	Status	상태	Read	데이터
0xA0	연마	0x00	정상	0xXXXX	온도
0xA1	세정	0x01	가스누출	0xXXXX	습도
0xA2	증착			0xXXXX	가스
0xA3	광택				
0xA4	패키징				
0xA5	검사				
0xA6	팬(FAN)				

3.2 반도체공정 모니터링 알고리즘 구현 결과

공정번호, 상태값, 데이터값으로 고정된 모듈입력 파싱 순서는 아래와 같다.

```
Inni();
Header();
Check_sum();
Process_Read();
Device_Work();
Write_data();
Str(Temp+Humi+Gas)
TCP_Packet_Transmit();
```

초기화 값으로 시작으로 패킷을 순차적으로 만들게 된다. 체크섬 값을 삽입하고, 공정별 데이터를 읽게 되면 각 장치의 동작부를 통해 공정이 진행된다. 감지부의 온도, 공정번호, 습도, 상태, 가스의 상태를 데이터 패킷에 넣게 되고 데이터를 모바일 기기로 보내게 된다.

그림 3 은 시간대별 공정 온도 및 습도 변화를 나타낸 도표이다.

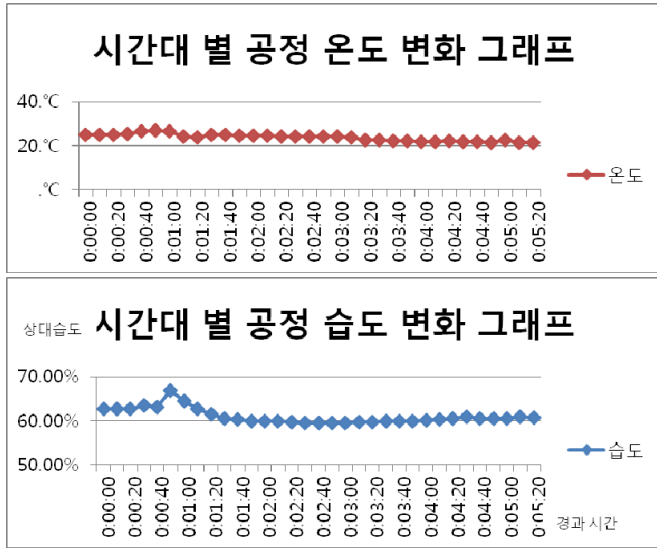


그림 3. 시간대 별 공정 온도, 습도 변화 그래프

온도, 습도의 변화를 10 초 단위로 데이터를 받아 도표로 만들었다. 그래프에 표현된 것과 같은 공정 내 온습도 변수의 변화를 아날로그 값으로 기록하고 이를 모바일 기기로 전송한다.

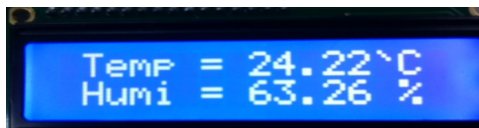


그림 4 반도체공정 모니터링 환경변수 출력

3.2 모바일 어플리케이션 구현

모바일 어플리케이션 구현에서는 각 공정별로 데이터를 보내고, 공정 단계별로 읽고 온도, 습도, 가스의 표시로 앱에서 사용할 수 있도록 단계 XML 과 JAVA 로 이클립스 환경에서 구현했다.

<그림 5>는 각 공정 단계별 동작 수행 명령을 내릴 수 있는 인터페이스와 환경 변수 출력을 포함하는 모니터링 화면을 보여 주고 있다.

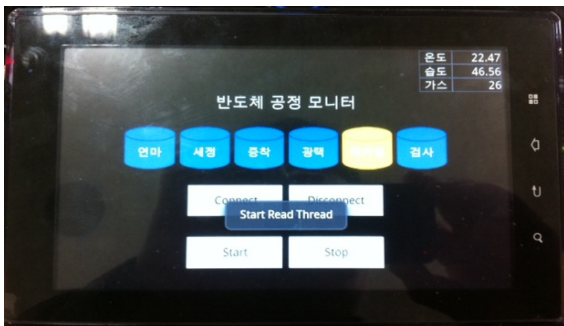


그림 5 모바일 어플리케이션 구현 화면

4. 결론

본 논문에서는 반도체 공정 모니터링 테스트 베드의 설계 구조를 제시하고 이를 바탕으로 실제 장치를 제작하여 공정 모니터링 테스트를 시행하였다.

구현된 테스트 베드를 통해 기존의 반도체 제조 공정의 문제점들을 해결함으로써 생산성을 높일 수 있다. 또한, 모바일 기기로 공정을 원격 제어하고 감시하는 기능의 사용으로 관리 효율을 높이고 공정 환경 개선에 기여할 수 있다. 적용된 센서의 사용으로 반도체 제조 수율과 공정 작업자의 안전성도 끌어올릴 수 있다.

향후에는 본 연구에 사용한 반도체 공정 모니터링 테스트 베드 장치를 소형화시키고 제조 현장에서의 시험 운용 결과를 반영하여 그 성능을 개선할 예정이며, 좀더 정밀하고 다양한 단계의 공정 제어와 환경 감시에 대한 알고리즘의 정립이 요구된다.

참고문헌

- [1] 서정현, “반도체 공정 overview“, 2001年 8月 電子工學會誌 第28卷 第8號
- [2] 권오범, 한혜정, 김계영, “반도체 공정 실시간 자동 진단 시스템“, 2003 년도 한국정보과학회 봄 학술 발표논문집 Vol.30, No.1, 2003
- [3] 이형옥, “집적회로 제조를 위한 반도체공정 및 장치기술“, 성학당, 2006
- [4] Wiznet co., ltd. , “Wiz610wi user manual rev 1.08“, 2009
- [5] Atmel co., ltd., “Atmega128 Specification rev.2467AS-08/01“, 2008
- [6] 차동안, 권오경, 오명도, “반도체 공정 온도제어용 칩러의 실험적 연구“, 2010. 10.
- [7] Sensirion. co., ltd.,”SHT1x/SHT7x Specification rev 2.02“, 2004
- [8] Ogam Technology co., ltd., “GSBT11 specification“, 2010
- [9] Samsung Electronics co., ltd., “Galaxy Tab 10.1 specification“, 2011