

## PCB 제조공정을 위한 화학약품 용액의 실시간 모니터링 시스템

### Real-time Chemical Monitoring System using RGB Sensor toward PCB Manufacturing

안중환<sup>1</sup>, 이석준<sup>2</sup>, 김이철<sup>2</sup>, 홍상진<sup>1,a</sup>

(Jong-Hwan An<sup>1</sup>, Seok-Jun Lee<sup>2</sup>, Lee-Chul Kim<sup>2</sup>, and Sang Jeon Hong<sup>1,a</sup>)

#### Abstract

Most of the topic in PCB industry was about increasing the volume of product for the development of electronics in numerous industrial application area. However, it has been emerged that yield improvement quality manufacturing via detecting any suspicious process in order to minimize the scrapped product and material waste. In addition, recently, restriction of hazardous substances (RoHS) claims that electronic manufacturing environment should reduce the harmful chemicals usage, thus the importance of monitoring copper etchant and detecting any mis-processing is crucial for electronics manufacturing. In this paper, we have developed real-time chemical monitoring system using RGB sensor, which is simpler but more accurate method than commercially utilized oxidation reduction potential (ORP) technique. The developed Cu etchant monitoring system can further be utilized for copper interconnect process in future nano-semiconductor process.

**Key Words** : Real-time monitoring, PCB manufacturing, Cu etching

#### 1. 서론

PCB 제조 공정의 주된 관심사는 한정된 시간 안에 다량의 제품을 생산하기 위한 것에 초점이 맞추어져 있었으나, 최근 중국의 전자산업 시장진출에 따른 PCB 가격 하락 및 원자재 가격 상승으로 인해 한정된 자원을 이용하여 생산 수율을 높이는 방법으로 시선을 돌리고 있다. 생산 수율을 높이기 위한 방법 중 하나는 공정 상태를 실시간으로 파악하여 비정상적인 상황 발생을 줄이는 방법이 있는데, PCB 에칭의 경우 에칭 용액의 상태를 실시간으로 모니터링 하여 용액의 상태를 항상 일정하게 유지하는 것이다.

현재 PCB 제조 공정 환경에서는 습식에칭의 생

산성을 극대화하기 위해서 비정상적인 공정 상태를 실시간으로 monitoring 및 제어 하는 것이 매우 중요한데, 생산 과정에서 오류의 발견은 에칭 용액의 상태를 확인 할 수 있는 센서를 통해 실현 가능하다. 에칭 용액의 상태를 파악하기 위한 센서로는 액의 산화 환원정도를 측정하는 oxidation reduction potential (ORP) 센서가 가장 많이 이용되고 있다[1,2].

ORP를 이용한 모니터링 기법은 센서부를 에칭 용액에 직접 투입하여 측정을 해야 하는 단점으로 인해 제안된 수명과 이에 따른 관리 및 측정의 정밀도에 어려움이 따르며, 일정한 주기 마다 센서 모듈을 교체해야 하므로 센서 교체에 따른 경제적 손실과 함께 교체시기에 따른 측정값의 신뢰도가 떨어지는 문제점이 있다. 또한, 산화 환원 정도가 국지적으로 측정됨에 따라 전체 용액의 상태 파악이 불가능 하고, 비중에 따른 값의 차이가 크므로 절대적인 수치로 액을 제어하기에는 한계가 있다.

본 논문에서는 PCB 보드의 Cu 에칭시 에칭액의 산도의 변화에 따라 에칭액의 미세한 색상 변

1. 명지대학교 전자공학과

(경기도 용인시 남동 38-2)

2. (주) 화백엔지니어링

a. Corresponding Author : samhong@mju.ac.kr

접수일자 : 2007. 10. 10

1차 심사 : 2008. 3. 13

심사완료 : 2008. 4. 15

화가 발생한다는 점에 착안하여 RGB 센서를 통한 미세한 색상의 변화를 실시간으로 측정하고 제어할 수 있는 real-time chemical monitoring system을 개발하였다. 이 시스템을 이용하여 용액을 제어할 경우: 1) 비중에 따른 ORP 센서 값이 틀어짐을 제어할 수 있고; 2) Color chart (CIE Chart)에 따른 쉽고 정확한 에칭액의 상태를 시각적으로 모니터링할 수 있으며; 3) 단일화된 RGB 센서 값을 통한 제어 방식으로 ORP 보다 정밀한 제어가 가능한 것을 확인 할 수 있었다.

## 2. 시스템 구성

구현한 시스템은 센서 (RGB, ORP, 비중)부와 신호취득 모듈(signal acquisition module) 그리고

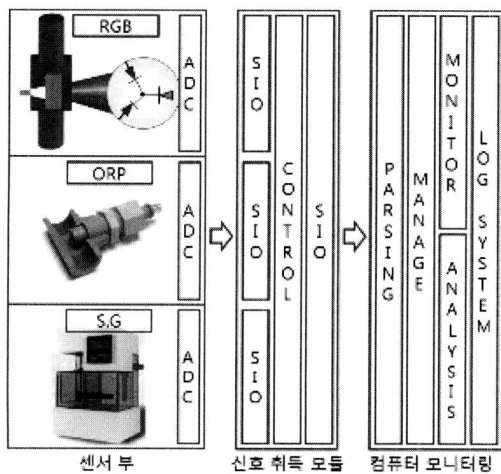


그림 1. 전체 시스템 구성도.  
Fig. 1. System configuration.

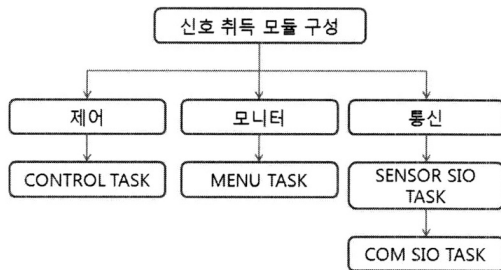


그림 2. 신호 취득 모듈 구성도.  
Fig. 2. The configuration of signal acquisition module.

PC로 구성된다. 각각의 센서부에서는 에칭 용액의 상태를 모니터링 한 데이터를 analog digital converter (ADC)를 이용하여 디지털 값으로 변환 후, 매 1초마다 데이터를 신호 취득 모듈로 전송하게 된다. 특히, RGB 센서는 타오스社의 RGB 센서를 이용하여 배관을 통하여 흐르는 에칭 용액의 상태를 검출 한다. 이 변환기는 3개의 탐침을 이용하여 R값과 G값, B값을 각각 측정하고, 측정된 데이터를 OP-AMP를 이용하여 증폭하여 신호 취득 모듈로 전송 하도록 구현하였다. 그림 1은 본 논문에서 구현한 시스템 전체 구성도를 나타낸 것이다.

모니터 모듈은 컴퓨터가 없을 경우를 대비하여 현재 상태 확인 및 제어 값 수정을 위하여 LCD로 표시해 줄 수 있도록 구성된 모듈이다. 기존의 PCB 생산라인에서는 컴퓨터 기반의 제어기 보다는 수동/반자동 형태의 제어방식이 사용되고 있는 점을 고려하면, 모니터 모듈이 필요한 경우에는 모니터 모듈을 활용할 수 있는 선택을 제공하였다.

통신 모듈은 두 가지로 나누어진다. Sensor SIO Task의 경우 각 센서 와 통신을 하는 역할과 수집된 데이터를 파싱 하여 신호 처리 및 필터링을 수행한 후 제어부에 전달하는 역할을 한다. Com SIO Task의 경우 컴퓨터에서 전달을 요청한 값을 넘겨주는 역할을 한다. 또한 MCU에 Micro OS를 탑재하여 이 세 개의 모듈이 task를 통하여 독립적으로 그 기능을 수행할 수 있도록 통신부를 설계하였다.

그림 2는 신호 취득 모듈의 구성도를 나타낸다. 신호 취득 모듈은 크게 제어 모듈, 모니터 모듈, 통신 모듈 등 크게 세 가지 모듈로 구성되어 있다. 제어 모듈은 센서에서 읽은 데이터를 바탕으로 에칭액의 상태를 일정하게 유지시켜 주기 위하여 HCL 이나 Oxidizer의 첨가를 제어하는 역할을 담당하며, 각종 셋팅값을 EEPROM에 저장 및 불러오는 부분을 담당하고 있다. 실제 PCB 제조라인에서 HCL 이나 Oxidizer의 첨가를 위한 제어는 ORP 값을 기준으로 하게 되어 있기 때문에, 본 시스템에서는 RGB 및 ORP 모두를 사용할 수 있도록 구성을 하였으며, 운영자가 한 가지를 선택해서 사용할 수 있는 옵션을 제공하였다.

그림 3은 컴퓨터 모니터링 모듈 구성도를 나타낸다. 이 프로그램은 Visaul C++ .net 으로 구현하였으며 크게 통신 모듈과 모니터 모듈 2가지 모듈로 구성되어 있다. 먼저 통신 모듈은 센서 데이터 및 셋팅 데이터를 요청을 위한 Send Data 모듈과 받은 데이터를 파싱 및 저장을 위한 Receive 모듈

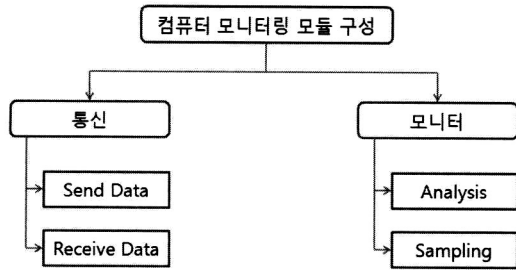


그림 3. 컴퓨터 모니터링 모듈 구성도.  
Fig. 3. The configuration of the computer monitoring module.

로 되어 있다. 모니터 모듈은 신호 취득 모듈로부터 전송받은 데이터를 sampling 하여 각 모니터부에 보여주는 sampling 부와 데이터의 평균 및 분산 등의 통계적 정보를 제공하고 기록하는 analysis 부로 나뉘어져 있다. Sampling 부는 데이터를 과싱하여 10진수로 변환 후 monitoring 타입에 따라 변환하여 보여주는 부분으로 크게 real-time trend 부분, sensor 값 뷰어, CIE chart로 현재 예칭액의 상태를 표시해준다.

Analysis 모듈에는 모니터링한 데이터를 보관할 수 있는 데이터베이스가 구축되어 있어 과거에 취득되었던 데이터를 통해 현재의 공정 상태를 비교해 볼 수 있을 뿐만 아니라, 장기간에 따른 공정의 변이/표동 (shift/drift)를 확인할 수 있도록 구성되어 있어서 공정제어에 활용할 수 있도록 구성하였다. 특히, 이러한 데이터베이스는 인터넷을 통해 원격으로 접속할 수 있는 장점으로 인해, 원격리에 있는 다수의 생산라인의 공정상황까지도 한

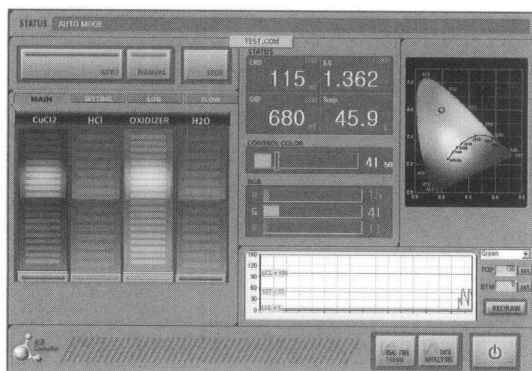


그림 4. 모니터링 프로그램.  
Fig. 4. The monitoring program.

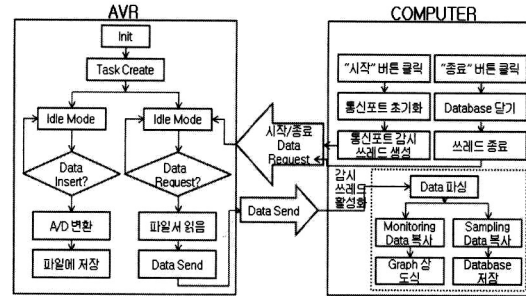


그림 5. 전체 운영프로그램의 구성도.  
Fig. 5. The configuration of total program.

자리에서 모니터링 할 수 있는 장점을 보유하고 있다.

그림 4와 모니터링 시스템의 컴퓨터 화면을 나타낸다. 왼쪽의 네 개의 막대바를 통해 HCL, Oxidizer 및 기타의 첨가제의 투입을 조절할 수 있다. 중앙의 막대바 및 숫자는 현재 RGB 센서에서 모니터링 되고 있는 값과 변환된 값을 나타내며, RGB 값을 통해 CIE chart에 투영된 그림을 나타내고 있다. 아랫부분에는 통계적 공정제어에서 사용되는 SPC chart를 이용하여 실시간 공정 모니터링의 기법으로 활용하였다[3].

그림 5는 전체 운영 프로그램의 구성도를 나타낸다. MCU에서 Task가 실행이 되면, 한쪽 모듈에서는 RGB 센서에서 읽어 들인 데이터를 EEPROM에 저장을 하고, Computer에서 요청시 Data를 전송해주는 모듈이 동시에 작동한다. Computer에서는 사용자가 시작 버튼 누르게 되면, 매 1초 마다 데이터 요청 프로토콜을 보내게 되고 받은 데이터를 쓰레드를 통해 독립적으로 분석한다. 데이터 분석 시에는 그래프로 도식 되는 모듈과, 데이터베이스에 저장하는 모듈이 동시에 작동을 하게 된다. 기본적인 요청/응답 형식의 구조를 통하여 통신의 혼선을 줄일 수 있다. 또한, 실시간 그래프를 통한 현 상태 확인과 데이터를 샘플링하여 데이터베이스에 저장함에 따라 차후 데이터 분산 및 통계 처리를 위해 활용할 수 있다.

### 3. 결과 및 고찰

개발된 시스템을 이용하여 ORP 센서 값과 G 값의 Regression plot을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 control range 인 ORP 580~620 사이에서 RGB의 G 값이 일정하다는 것을 알 수 있다. 또한

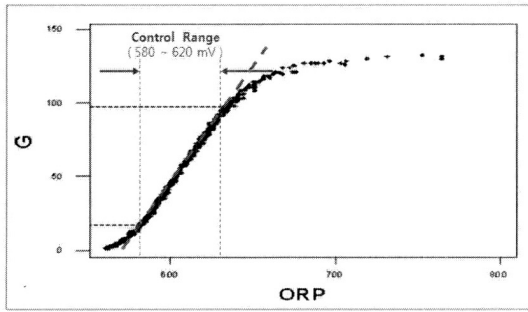


그림 6. ORP 센서 값과 RGB 값의 regression plot.  
Fig. 6. The regression plot between the ORP sensor value and the RGB sensor value.

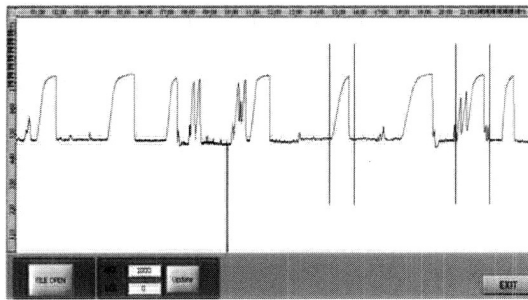


그림 7(a). ORP 센서 data trend graph.  
Fig. 7(a). Trend of the ORP sensor data.

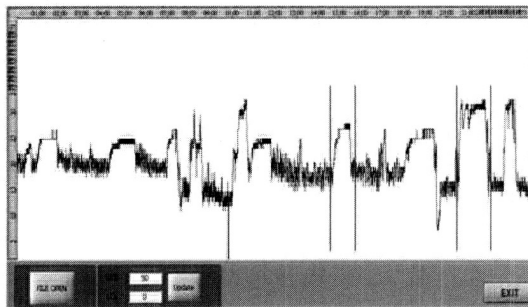


그림 7(b). RGB 센서 data trend graph.  
Fig. 7(b). Trend of the RGB sensor data.

ORP의 control range 인 580~620 보다 G 값의 control range (20 ~ 90)가 더 넓어짐에 따라 관리할 수 있는 폭도 넓어짐을 알 수 있다.

그림 7(a)와 7(b)는 구현된 시스템을 통해 취득된 ORP data와 RGB data의 data trend graph 화

면이다. RGB 센서에서 나온 데이터를 이용하여 ORP 센서에서 나오는 것과 같이 에칭액의 상태를 파악할 수 있다는 것을 알 수 있으며, 오히려 RGB 센서에서 나오는 데이터가 ORP 센서보다 정확하고 세밀하게 액의 상태를 파악할 수 있다는 것을 확인할 수 있다[4].

그림 6에서 제시된 비교는 RGB센서의 세 가지 값 중 G 만으로 비교를 한 것이다. 본 논문에서는 PCB 기판상의 구리 에칭 공정을 대상으로 하였고, 이러한 경우에는 R과 B값 보다는 G값이 월등한 대표성향을 나타내었다. 이를 바탕으로 에칭액의 상태 변화에 따른 색상의 변화를 파악하고 상태에 따른 첨가제의 처방을 그림 8에 도식화 하였다.

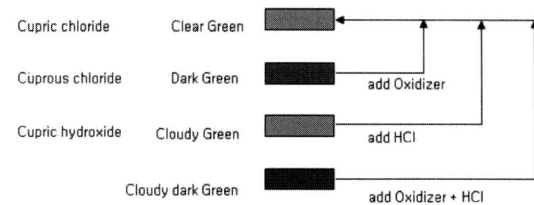


그림 8. 에칭액의 변화에 따른 색상 변화.  
Fig. 8. Color change with amount of chemical.

ORP 센서를 이용한 액 상태 파악의 경우 액의 비중(specific gravity: S.G.)에 따라 나타나는 전압이 변할 수 있으므로, 비중에 따른 ORP 값을 확인한 후 ORP 값으로 현 액 상태를 파악하여야 하며, 이러한 방법은 생산라인에서 생산을 담당하는 운전자 (operator)의 입장에서 실질적인 어려움이 존재한다. 그러나 RGB 센서를 이용한 상태 파악은 액이 변화됨에 따른 고유한 색상 변화와 CIE chart 상에서 시각적으로 나타나는 변화를 쉽게 파악할 수 있는 장점을 지니고 있다.

전체 용액의 색상으로 액 상태를 파악하는 RGB 센서는, 한정된 공간 안의 용액에 한에서만 파악이 가능한 특성을 지닌 ORP 보다 실제 생산라인에 적용을 할 때에 데이터의 신뢰도가 향상되는 장점을 가지고 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 기존 ORP 센서의 한계점을 극복하고 에칭 용액을 정확하고 세밀하게 관리 할 수

있도록 RGB 센서를 이용하여 real-time chemical monitoring 시스템을 구현하고 PCB 제조공정상에서 구리 에칭액을 대상으로 검증을 하였다. 실제 구현된 시스템을 통하여 본 연구에서 제안된 RGB 센서를 사용해 취득한 데이터를 비교/분석해 본 결과, 상용되는 ORP 센서 데이터의 결과보다 제안된 RGB 센서 데이터가 좀 더 간편하고 민감하게 에칭용액의 변화를 파악할 수 있다는 것을 확인하였다. 향후, 반도체 후공정에서 구리를 사용한 배선 공정시 구리의 도금액의 모니터링이 또 하나의 중요한 기술적 과제로 대두 될 수 있으며, 본 논문에서 제안된 모니터링 기술은 구리배선공정에서 실시간 오류검출을 통한 선행공정제어 (APC)의 좋은 예를 나타낼 것으로 사료된다[5].

### 감사의 글

본 연구는 경기지방중소기업청 산학연 공동기술 개발사업에 의해 지원되었으며, 명지대학교 중소기업산학협력센터의 행정적 지원에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- [1] O. Cakir, "Copper etching with copper chloride and regeneration of waste etchant", J. Materials Processing Technology, Vol. 175, No. 1-3, p. 63, 2006.
- [2] O. Ikawa and M. Shibata, "Cleaning of soldered silicon surface after alkaline etching and contamination with lead impurities", J. Electrochem. Soc., Vol. 154, No. 8, p. D369, 2007.
- [3] S. Lee and C. Spanos, "RTSPC: A software utility for real-time SPC and tool data analysis", IEEE Trans. Semi. Manufac., Vol. 8, No. 1, p. 17, 1995.
- [4] 이강, "RGB컬러센서를 이용한 도금액 및 표면산화용액의 측정재생 장치 및 방법", 10-0536096-0000 12.06. 2005.
- [5] S. Han, J. Park, and S. Hong, "Incipient fault detection of reactive ion etching process", Trans. EEM, Vol. 6, No. 6, p. 262, 2005.