

습식 에칭 공정에서의 과산화수소 이상반응에 대한 안전 대책 및 제어에 관한 연구

유흥렬, 손영득*
한국기술교육대학교 기계설비제어공학과

A study on Safety Management and Control in Wet-Etching Process for H₂O₂ Reactions

Heung-Ryol Yoo, Yung-Deug Son*

Department of Mechanical Facility Control Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약 TFT-LCD 산업은 반도체와 유사한 공정기술을 갖는 대규모 장치 산업으로 일종의 Giant Microelectronics 산업이다. 습식 에칭(Wet Etching)은 전체 TFT 공정에서 비교적 큰 비중을 차지하고 있지만 발표된 연구사례는 부족한 실정이다. 그 주요 원인은 반응이 일어나는 에칭액(Etchant) 성분이 기업의 비밀로 간주되어 외부에 발표되는 사례가 거의 없기 때문이다. 최근 대면적 LCD 제조를 위하여 사용되는 알루미늄(Al)과 구리(Cu)는 습식 에칭을 진행하기에 매우 까다로운 물질이다. 저 저항성 재료인 Cu는 습식 에칭 공정에서만 가능하며 높은 속도와 낮은 실패율, 적은 소비전력으로 Al 에칭 대용으로 사용하고 있다. 그리고 에칭액으로 사용하는 과산화수소(H₂O₂)의 이상 반응으로 추가적인 배관 및 전기적인 안전장치가 필요하다. 본 논문에서는 과산화수소의 이상 반응을 제한하지는 못하나 이상 반응 발생 시 설비의 피해를 최소화 할 수 있는 방법을 제안한다. 또한 최근에 알루미늄 에칭설비에서 구리 에칭설비로 변경하는 사례가 많아 구리 에칭설비에 대한 하드웨어 인터록을 제안하고 안전 등급이 높은 안전 PLC로 구현하여 이상 반응에 대한 대비책을 강구하는 방안을 제안한다.

Abstract The TFT-LCD industry is a kind of large-scale industrial Giant Microelectronics device industry and has a similar semiconductor process technology. Wet etching forms a relatively large proportion of the entire TFT process, but the number of published research papers on this topic is limited. The main reason for this is that the components of the etchant, in which the reaction takes place, are confidential and rarely publicized. Aluminum (Al) and copper (Cu), which have been used in recent years for the manufacture of large area LCDs, are very difficult materials to process using wet etching. Cu, a low-resistance material, can only be used in the wet etching process, and is used as a substitute for Al due to its high speed etching, low failure rate, and low power consumption. Further, the abnormal reaction of hydrogen peroxide (H₂O₂), which is used as an etching solution, requires additional piping and electrical safety devices. This paper proposes a method of minimizing the damage to the plant in the case of adverse reactions, though it cannot limit the adverse reaction of hydrogen peroxide. In recent years, there have been many cases in which aluminum etching equipment has been changed to copper. This paper presents a countermeasure against abnormal reactions by implementing safety PLC with a high safety grade.

Keywords : Al, Cu, Etchant, H₂O₂, PCB Board, Reactions, Safety PLC, Wet-Etching

1. 서론

인간은 정보를 취할 때 시각에 70[%], 청각에 20[%] 정도를 의존한다고 한다. 이중 정보의 70[%]를 받아들이는 정보 전달매체인 디스플레이는 정보화 사회 구현의

1.1 TFT-LCD 공정[1,2]

이 논문은 2017년도 한국기술교육대학교 교수 교육연구진흥과제 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Yung-Deug Son(Korea University of Technology and Education)

Tel: +82-41-560-1297 email: ydson@koreatech.ac.kr

Received January 11, 2018

Revised February 26, 2018

Accepted April 6, 2018

Published April 30, 2018

핵심 기술로 등장하였다. 정보통신기술의 급속한 발달로 언제 어디서나 대용량·고품질의 정보의 교류가 요구되는 유비쿼터스 사회가 도래함에 따라, 사람과 정보기기를 이어주는 가교 역할을 수행하는 디스플레이는 점점 더 그 중요성이 더해지고 있다. LCD(Liquid Crystal Display)는 크게 컬러 및 광량을 조절하는 LCD 패널, 전기적인 신호를 공급하는 구동부와 광원을 제공하는 BLU(Back Light Unit)으로 구성되어 있다. LCD패널은 TFT(Thin Film Transistor) Array 기판과 CF(Color Filter) 기판 사이에 대략 4~5[μm]의 두께로 액정 물질이 채워져 있다. 배선에 사용하는 전극물질들인 게이트(Gate), 데이터(Data), 그리고 화소(Pixel)의 전극(Electrode) 물질들은 전도성 박막으로 구성되며 스퍼터링(Sputtering)을 사용하여 형성한다. 배선 물질로 사용되는 대표적인 금속 물질인 Ta, Cr과 Mo는 증착공정에서 다루기 힘든 금속들로써 결정구조가 체심입방격자(BCC) 구조를 가지고 있으며, 대부분 잘 굽히지 않고, 열에 강하며, 부식에 강하다. 기타 공정에 사용되는 다른 물질로는 Al, Ag 그리고 Cu등이 있다. 이 물질들은 면심입방격자(FCC) 구조를 가지고 있고, FCC 구조라는 공통점 이외에 잘 굽히고, 열에 약하며, 부식도 잘 일어난다. 상기 언급한 두 종류의 금속재료 배선 물질로 사용할 때 가장 큰 특성의 차이는 전기저항이다. Ta, Cr, Mo는 다소 높은 전기저항을 가지고 있으나 Al, Ag 그리고 Cu는 대표적으로 저항이 낮은 저항 재료이다.

1.2 습식 에칭 공정

TFT-LCD에서 사용되는 습식 에칭(Wet Etching)은 전체 TFT 공정에서 차지하는 비중이 큰 편이지만 아직까지 체계적으로 연구된 사항이 부족하다. 그 주된 이유는 반응이 일어나는 에칭액(Etchant)의 성분이 기업의 비밀로 간주되어 외부에 발표되는 경우가 거의 없기 때문이다. 그러나 최근 표면공학 및 전기화학의 발전으로 Black Magic 으로 불리우는 습식 에칭액 및 에칭 반응에 대한 연구가 본격적으로 진행되고 있다. 습식 에칭은 건식 에칭에 비해서 장비 구성 측면에서 구조가 간단하다는 장점으로 LCD의 기판이 대형화가 진행되면서 더욱 유리하게 작용하고 있다. 또한 균일도(Glass Uniformity)도 건식 장비에 비해서 유리하다고 볼 수 있다. 최근 대면적 LCD 제조를 위해 사용되는 알루미늄(Al)과 구리(Cu)는 습식 에칭 사용 시 매우 위험한 물질로 간주되고

있어, TFT 배선에 적용하기 위해서는 보다 많은 연구의 필요성이 대두되고 있다[3,4].



Fig. 1. Wet Etcher Equipment

2. 본론

2.1 습식 에칭의 공정 설비

2.1.1 주요공정

습식 에칭 설비의 주요 공정 및 레이아웃은 Fig. 2와 같으며 주요 공정의 내용은 Table 1과 같다. 습식 에칭 설비종류도 공정의 내용에 따라 다양하게 구성되고 있으며 일반적으로 RINSE, ETCHING 공정이 공통적으로 대부분 포함되며 이밖에 AP, AIR KNIFE, EUV, WATER JET 등은 설비형태에 따라 차이를 나타낸다 [5].

2.1.2 Cu 에칭 공정에서의 H₂O₂ 이상 반응

습식 공정에서 Cu를 사용하기 위해서는 다음과 같은 절차가 필요하다. 첫 번째 저온 공정(온도 27°C~30°C) 운영이 필요하다. Al의 경우는 40°C~45°C 로 상대적으로 높은 온도의 공정이 요구된다. 추가적으로 고려할 점으로는, 첫 번째 약액 성분에 HF 성분이 들어 갈 수 있어서, 기존의 장비에 쓰는 부품의 재질 변경이 불가피하다. 두 번째 약액 성분에 H₂O₂ (과산화수소) 계열 성분이 포함되어 있어, 이상 분해로 인한 폭발 발생에 대한 안전 대책이 Hardware, Software적으로 적용되어야 한다. Cu 에칭액의 이상 분해 발생 원인으로서는 H₂O₂ 계열로 Cu 에칭 진행 시 에칭액 내 Metal이나 유기 성분의 함유량 증가가 원인이다.

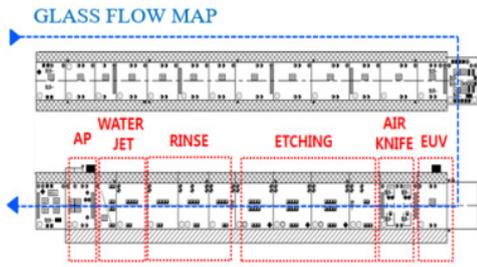


Fig. 2. Major Process and the Layout

Table 2. Major Process in Wet Etching

Major Process	Contents
AP	Photoresist Ashing or Removes remain organic
WATER JET	Using Cavitation and hydraulic pressure, remove particle
RINSE	Remove various contaminant particles and Etching cleaning
ETCHING	Removal of the deposited film except the part hidden in the PR
AIR KNIFE	Removal of fine particles using delonized water / air
EUV	Remove organic matter by ultraviolet rays

일정 농도에 이르면 Fig. 3과 같이 H₂O₂ 이상 분해가 발생 한다. 과산화수소는 금속 접촉이 촉매 작용이 되어 산소와 물에 급격하게 분해하는 성질을 가진다. Cu 에칭액은 금속을 용해시키지만, 안정제를 첨가하여 H₂O₂의 이상 반응을 억제할 수 있다. 그러나 이것에도 상한량이 존재한다[6].

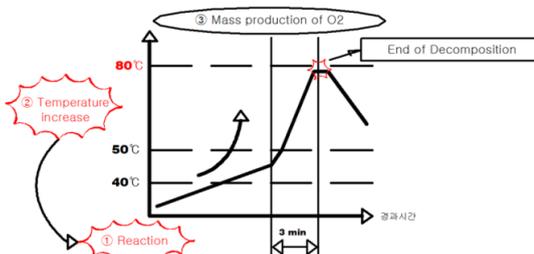
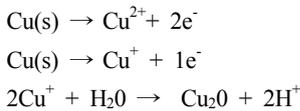


Fig. 3. H₂O₂ reactions

2.1.3 H₂O₂ 계열 Cu 에칭액 사용 문제점

Fig.3과 같이 H₂O₂ 함유량이 15~20% 이상 사용시 폭발성은 대단히 높다. 반응 억제제(E3) 사용하나 에칭액 특성유지를 위하여 함유량은 제한된다. 금속(Cu), 유기물, 산(Acid)과의 반응 시 열이 발생한다. 에칭액 내 금속 또는 유기물 성분 과다 시 연쇄반응으로 폭발하며, 에칭액에 Acid(질산, 초산) 혼입 시 폭발한다. 또한, 충분한 세척이 이루어지지 않을 경우 폭발 및 화재 위험성이 있다[7].

2.2 H₂O₂ 계열 Cu 에칭액 이상 분해 대책

에칭액 온도가 40°C이상의 경우 에칭액은 급격한 온도 상승과 함께 많은 열이 발생하며 연쇄 반응으로 인한 폭발 및 화재 등의 위험이 있다. 따라서 습식 에칭 설비에 피해를 최소화하기 위한 기본적인 대책이 필요하며 개념도는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 습식 에칭(Cu) 과정을 나타낸 것으로 (a)는 정상 운전의 경우로 Cu 에칭액의 온도는 27°C~30°C이다. 그러나 정상 운전 과정에서 발생하는 금속, 유기물, 산(질산, 초산)등으로 혼합 상태가 되면 에칭액은 (b)와 같이 비정상 상태로 급격한 온도 상승과 함께 많은 열이 발생하며 연쇄 반응으로 인한 폭발 및 화재 등의 위험이 있다. 따라서 에칭액 온도가 40°C 이상의 경우 비상 운전이 요구되며 Cu 에칭에 대한 안전관리 시스템이 필요하다.

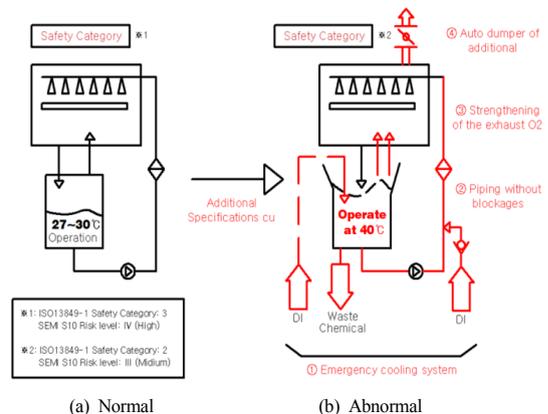


Fig. 4. Wet etching equipment

2.2.1. 습식 에칭 안전 관리 시스템 동작 원리

Fig. 5는 습식 Cu 에칭 안전관리 시스템 동작방법을 나타내었으며 Table 2는 시스템 동작을 위한 인터록 조

건을 나타내고 있다. 또한 Alarm 동작의 경우 전기적으로는 설비의 Main전원을 차단시켜주는 역할도 한다.

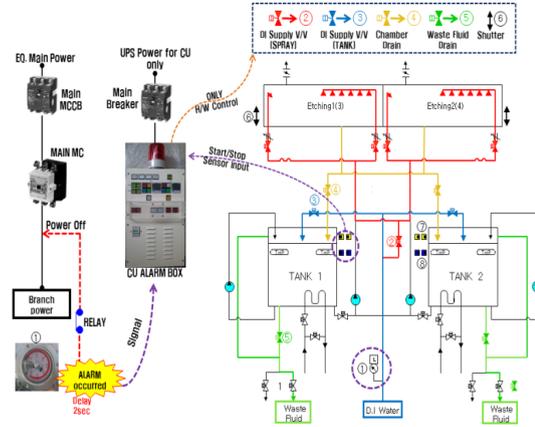


Fig. 5. Safety Management System

Table 3. Interlock Conditions for system

Alarm	Monitoring condition	Interlock
Select New Fluid ERROR	Confirm whether the chemical selection on the operation screen matches the alarm box selection.	Changed Manual, Output OFF
DI Pressure Trouble	DI(delonized water) Monitor Pressure regularly	Changed Manual, Output OFF
Process TANK Temp. Upper/Lower Alarm	Monitoring Process TANK Temp.	Not insert Glass
Cu Etchant Over, TEMP_Alarm	Occurred Cu Etchant Temp at 40°C	Changed Manual, Output OFF, Supply PCW
H ₂ O ₂ TROUBLE ALARM BOX	40°C over temp, Not insert Peroxide	Changed Manual, Output OFF, Supply PCW
POWER OFF ALARM BOX	Power off. Confirm STAND-BY	Changed Manual, Output OFF

2.2.2 H₂O₂ 이상 반응 대책

Fig. 6은 이상반응에 대한 대책에 대한 절차를 보여주는 것으로 40°C 이상일 경우 이상반응 대책을 시작한다. Tank Drain 밸브를 열어 내부에 있는 약액을 배출하고, DI(Delonized Water) Supply 밸브 또한 열어 설비 안의 Tank/Pipe 등에 존재하는 약액을 밀어내어 배출하

게 된다. Tank의 보호를 위하여 Level 센서(시작/정지)를 설치하여 Tank 정지 센서를 감지하면 DI 공급을 정지하게 된다. 시작 감지 센서까지 드레인되면 DI 공급과 정지를 반복하게 된다. 온도가 안정화 되면 경보박스의 리셋버튼을 눌러 Drain Valve를 잠그도록 설계한다. 이는 설비전원에 유무에 관계없이 이상 진행이 되며 온도가 30°C이하가 될 때까지 설비의 전원을 켤 수 없다. 설비전원이 ON되어 있으면 경보박스와 연계하여 순환 펌프의 동작을 진행하여 빠르게 냉각 될 수 있도록 한다.

2.3 습식 에칭 안전관리시스템의 시뮬레이션

Fig. 6의 이상반응 대책을 이용하여 Fig. 7과 같이 Relay를 통한 레벨 감지 회로, 솔레노이드 밸브 구동 및 실린더 구동 등을 시퀀스 회로로 구현하였다.

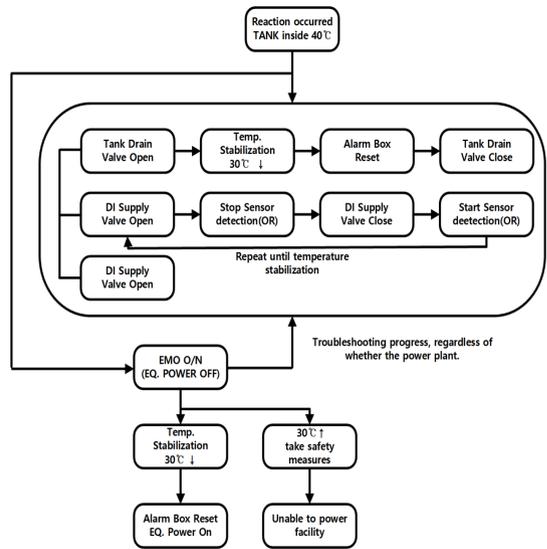


Fig. 6. Process for H₂O₂ Reactions

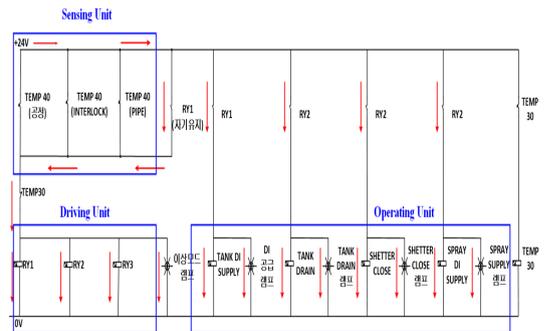


Fig. 7. Sequence circuit simulation

또한 실제 동작 공정에 맞춰 인터록 시스템을 설계하였다. 경보박스내부에 시퀀스 회로를 이용하여 습식 Cu 모드에서 40℃ 이상일 경우 이상반응 대책을 강구하도록 하고 안정적인 온도인 30℃일 경우 대책을 해제한다. 구현된 회로는 동작 실험을 위해 Fluid SIM Tool을 이용하여 진행하였다. 경보 Box의 시퀀스 회로의 이상반응 대책 절차는 Tank와 Pipe내 온도가 40℃가 되면 센서부가 동작하여 해당 Relay가 여자 되어 이상반응에 대한 대책이 이루어진다. 제안하는 이상 반응의 대책은 동작의 실린더가 구동되며 이루어지며 그 동작은 Tank내 약액을 Drain하여 설비 온도 안정화가 될 때까지 진행하며 온도가 안정화 되면 경보박스의 리셋버튼을 눌러 Drain Valve를 잠그게 된다. 또한 Tank와 Spray 단의 DI공급을 진행하며 Tank의 Level 센서에 의해 DI공급량을 조절하며 예칭액 공간의 Shutter를 차단한다. 산소량의 증가로 배기관을 열어 산소 배출을 진행한다.

2.4 습식 예칭 안전관리시스템의 구현

2.4.1 PCB Board에 의한 구현

설비 사이즈 축소 및 셋업시간 단축을 고려하여 Relay를 통한 시퀀스회로를 Fig. 8과 같이 PCB Board 형태로 구현하였다. 그러나 개발된 PCB Board에 삽입되는 부품들의 수명을 예측을 통한 신뢰성을 확보와 중요한 제어기반의 고장분석이 이루어지지 않아 유지보수에 어려운부분이 있다. PCB Board화로 인한 주요 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

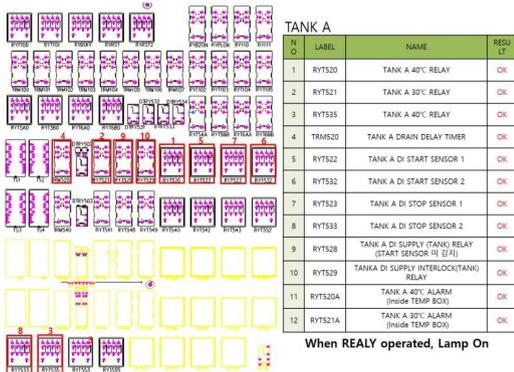


Fig. 8. Safety System by PCB Board

첫 번째, 최근 디스플레이 산업은 LCD에서 OLED 양산 체제로 산업동향이 넘어가면서 기존설비가 LCD 사

이즈 및 공정 별로 수정 변경되고 있다. 이로 인해 인터록설계 부분이 추가변동되는 문제점이 있으며 기존 PCB Board에서 인터록 수정이 불가능한 경우가 발생하고 있다.

두 번째, 신호제어에 대한 신뢰성 관한 부분으로 내부 회로 전원은 SMPS를 통해 공급되고 있으며 내부 안전 신호들은 PCB Board 패턴으로 연결되어 24[Vdc] 신호 레벨로 제어동작하고 있다. LCD 공정이 정상 진행되고 있는 과정에서 이상신호로 인해 안전신호의 오 동작되는 문제가 간헐적으로 발생하고 이로 인해 양산설비를 동작 중단과 양산진행 중인 LCD GLASS를 전수 폐기하는 경우도 발생한다. 이러한 PCB Board에 대한 신뢰성을 증거로 안전등급 인증 및 자료를 요청되고 있으며 안전 등급에 대한 인증(Certification)을 받기 위해서는 막대한 비용이 발생한다. 특히 습식 예칭장치는 다양한 공정방식에 적합하게 기구가 변경되어서, 각각의 설비 별로 인터록공정을 공정설비에 맞게 개별적으로 적용함으로써 관리 및 인터록설계에 있어 문제점이 발생한다. 한 예로 기구배관의 구조가 협소하거나 센서 사양 및 수량 증가로 인해 인터록구조를 신규로 설계 하는 경우, 오동작 발생여지를 감안하여 인터록회로를 재설계 구성해야 하는 문제점이 발생되고 있다.

2.4.2 PLC 시스템에 의한 구현

2.4.1에 언급한 문제점을 해결하기 위해 안전성이 최우선으로 보장되어야 하는 시스템의 특성상 안전등급이 높은 PLC(Programmable Logic Controller) 자동화 시스템을 개발 적용하는 방안을 제안한다. Fig. 9은 안전 PLC를 이용하여 인터록 설계를 마스터카드 부분에 적용한 시스템의 일부분이다. 마스터카드의 왼쪽 부분은 안전시스템의 출력부이며 우측부분은 각종 릴레이 및 센서 신호에 의한 입력부이다[8]. 주요 입력신호로는 TANK 및 Pump에 DI의 공급 신호, Auto Damper 전계 신호, Body In shower 및 Spray 배관의 DI 공급 신호, 순환 Pump 동작여부, Spray Suction 배관 DI 공급여부, Tank Body Drain 정상여부, Tank 온도 알람신호 등으로 구성되어 있다.

2.5 이상 반응 대책에 대한 실험

제안하는 이상반응에 대해 PLC 시스템을 제작하여 Cu 습식 예칭 공정설비에 적용하였다. Cu 예칭과 H₂O₂의 혼합 상태의 실험 대신하여 DI 상태에서 실험을 하였

다. 초기 온도를 30℃이하 상태에서 히터기를 이용하여 서서히 40℃ 온도를 상승시켰으며 이상 반응 온도 40℃에서 경보 알람 발생하고 30℃로 낮추어 주는 것이다. 실험결과는 Fig. 10과 같으며 온도가 40℃에서 30℃로 낮추어 주는 과정에서의 실험항목과 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

3. 결론

본 연구에서는 H₂O₂ 이상 반응에 대한 대책을 제안하고 안전등급 PLC로 구현하였다. 이상 반응이 시작하는 40℃가 되면 Alarm Box가 반응 대책으로 동작하며 이를 하드웨어적으로 구성하였다. 동작은 Tank와 Spray 배관에 DI 공급을 통해 이상 반응에 대한 희석과 냉각, Tank내 에칭액과 구리의 화합물을 Drain하여 Tank의 열 상상을 억제함으로써 피해를 최소화 하는 방법이다. 또한 Damper를 열고 Shutter를 차단하여 O₂의 신속한 배출을 통해 폭발의 잠재적 위험을 제거한다.

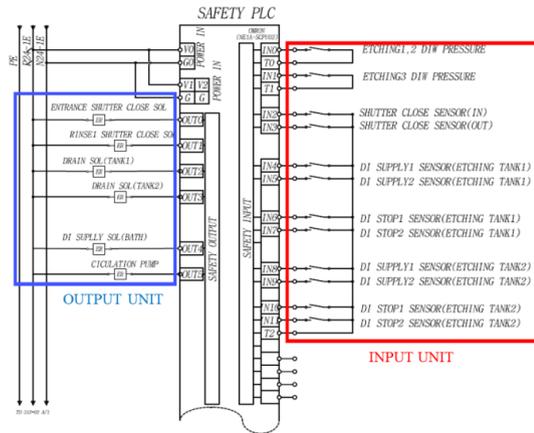


Fig. 9. Safety System by PLC

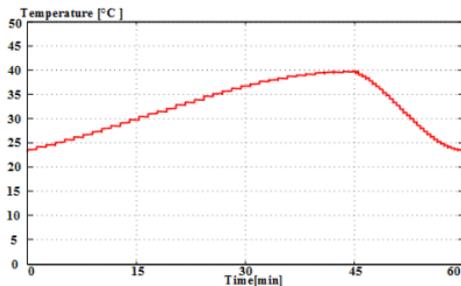


Fig. 10. Test result using DI

Table 3. Test table using DI

NO	Experiment Item	Result
1	Does Troubled TANK drain? (When SUB TANK detects trouble, does main tank drain?)	YES
2	Does TANK drain in WASTE FLUID?	YES
3	Dose TANK, SPRAY and PUMP supplies DIW?	YES
4	IS an AUTO DAMPER open?	YES
5	Is a DIW pressure normal?	YES
6	Is it cleaning at BODY's INSHOWER and SPRAY pipe?	YES
7	Is DIW supplied at SPRAY SUCTION pipe?	YES
8	Is a circulation pump operating?	YES
9	Dose a BODY DRAIN do at main tank?	YES

순환 Pump 동작으로 DI와 Tank내 약액을 희석 시키는 방법을 강구하였으며 설계된 방안은 시뮬레이션과 실험결과에서 그 유효성을 입증하였으며, 최근에 AI에칭에서 낮은 저항을 가진 Cu에칭으로 변경하는 사례가 많아, 제안하는 하드웨어 인터록을 적용함으로써 고가 장비의 피해를 최소화 할 수 있는 대비책으로 활용 할 수 있을 것으로 사료된다.

디스플레이 산업에서 습식 에칭 공정은 필수공정으로 특히 Cu에칭 공정에 대한 안전관리 자동화의 개선요구의 중요성이 대두될 것으로 보인다. 본 논문은 PCB Board에 실장 되는 부품들의 신뢰성 확보와 중요한 제어기반의 고장 분석의 어려움을 감안하여 보다 안전등급이 높은 PLC 자동화시스템을 적용하는 방안을 제시하였다. 따라서 안전 PLC의 프로그램의 유연성으로 PCB 설계 및 제작에 있어서 50%이상의 효율성을 나타낸다. 최근 디스플레이 및 반도체 산업에서는 안전등급 PLC에 대한 규정이 지정됨에 따라 그 중요성이 커지고 있으며 이를 통해 설비의 안정성을 확대시키는 개선 연구 방안이 확대되고 있다.

References

[1] H. H. Kim, W. S. Kim, D. H. Park, K. J. Lim, "Display Engineering", p. 140, NAEHA Press, March, 2010.
 [2] E. S. Kim, D. K. Moon, J. H. Seo, J. H. Lee, J. H. Jeon, H. H. Choi, S. K. Hong, Y. S. Hong, "Fundamentals of

Display Engineering” Textbook, March, 2014.

- [3] H. H. Kim, H. S. Kim, S. D. Lee, D. H. Park, K. J. Lim, “Flat Panel Display Engineering”, pp. 77-147, NAEHA Press,
- [4] B. H. Seo, S. H. Lee, I. S. Park, J. H. Seo, h. H. Choe, J. H. Jeon, M. P. Hong “Effect of nitric acid on wet etching behavior of Cu/Mo for TFT Application” *Current Applied Physics*, S262-S265, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cap.2010.11.095>
- [5] C. B. Park, S. J. Lee, I. S. Jang, “Comparative Study on Removal Efficiency of Fine Particles in Physical Cleaning Process in LCD Manufacturing Process”, *The Korea Academia-Industrial* vol. 11, no. 3, pp. 795-801, 2010
- [6] J. Hernandez, P. Wrshka, G.S. Oehrlein, “Surface Chemistry Studies of Copper Chemical Mechanical Planarization”, *Journal of the Electromical Society*, 148(7), G389-G397, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1149/1.1377595>
- [7] H. Kou, C. zhang, Y. Chen, X. Zhong, G. Li “Wet etching and striper characterization for H2O2 and Non-H2O2 etchant and amie ad non-amine striper fo Cu-Based TFT application” In: Proceedings of he International Display Workshops, Society for Information Display - 19th International Display Workshops, pp. 581-584, 2012, IDW/AD2012
- [8] Omron Electronics Korea, “Safety PLC : basic and practice” <http://ia.omron.co.kr>

손 영 득(Yung-Deug Son)

[정회원]



- 2015년 2월 : 부산대학교 전자전기공학부 (공학박사)
- 2001년 2월 ~ 2009년 8월 : 현대중공업 선임연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 기계설비제어공학과 조교수, 전기기술사

<관심분야>

모터제어, 지능제어, 신재생에너지, 전기설비

유 흥 렬(Heung-Ryol Yoo)

[준회원]



- 2002년 2월 : 순천향대학교 전자공학(공학사)
- 2006년 2월 : 건국대학교 일반대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 기계설비제어공학과 석사과정
- 2004년 8월 ~ 2012년 10월 : 세메스 선임
- 2013년 11월 ~ 현재 : 메티스 수석연구원

<관심분야>

반도체장비 설계, 자동화설비, 정보암호화