

LCD 모듈 조립라인의 공정 자동화 설계

송춘삼*, 김주현⁺, 김종형⁺⁺

(논문접수일 2007. 6. 26, 심사완료일 2007. 8. 13)

A Design for the Automated Process of LCD Module Assembly Line

Chun-Sam Song*, Joo-Hyun Kim⁺, Jong-Hyeong Kim⁺⁺

Abstract

TFT-LCD process has two advantages as compared with the semiconductor-process. It is that cycle time is short and number of the final products are small. But it needs complicated inspection / assembly line to be treated manually and much higher labor costs in the TFT-LCD process. Also, It is necessary to build PICS(Production Information and Control System) which is automated and intelligent. In this paper, an automated process of LCD module assembly line that can increase productivity and reduce the cost of production to strengthen the competitiveness corresponding with global market is planned in comparison with its manual / semi-auto. It is noted that The automated line for COG~FOG process replacing with the existing facilities had the following effects; the productivity is increased to about 1.5 times and labor cost reduced 85%. In addition, whole assembly line can be short and simple.

Key Words : LCD(액정표시장치), TFT-LCD(박막트랜지스터액정표시장치), COG(칩온글라스), FOG(필름온글라스)

1. 서론

대부분의 제조산업은 원자재를 이용하여 부품을 만들고 수많은 종류의 부품을 조립하여 최종 완성품을 만드는 조립형 체계를 형성하는 제조 과정을 기본으로 하고 있지만 최근 정보기술의 발달과 함께 국내 산업 중 큰 비중을 차지하고 있는 반도체 산업은 첨단 기술을 필요로 하며 제조과정이 기존

의 조립산업과는 근본적으로 다른 형태인 사이클링(cycling) 또는 재진입(re-entrant) 생산방식을 취한다. 반도체와 액정 디스플레이(LCD: Liquid Crystal Display)공정이 대표적인 사이클링 생산방식이다⁽¹⁾.

LCD는 현재 세계 평판 디스플레이(FPD: Flat Plat Display) 시장을 선도하고 있는 표시장치로 우리나라의 성장을 이끄는 주력산업이다. LCD는 액체와 고체의 중간특성을 가진

* 국민대학교 대학원 (cssong@kookmin.ac.kr)
주소: 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172 혜성관 401호
+ 국민대학교 기계자동차공학부
++ 서울산업대학교 기계설계자동화공학부

‘액정(LC: Liquid Crystal)’의 상태 변화를 이용해 정보를 시각적으로 표시하게 된다. 액정은 온도나 농도의 변화에 따라 고체도 액체도 아닌 중간 상(phase)을 가질 수 있는 물질로, LCD에서는 전기를 가해줌으로써 액정의 배열 상태를 조절하여 빛이 통과하거나 색이 바뀌는 현상을 이용하여 글자나 그림을 표시한다⁽²⁾.

현재 LCD는 주로 TFT(Thin Film Transistor)라 불리는 박막형 구동소자와 컬러필터를 이용하여 제작되고 있는데, 최근 TFT-LCD(Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display)에 대한 수요가 급증하면서 한국을 비롯한 일본, 대만 등의 관련 제조업체들이 설비 및 생산라인 확장을 위한 지속적인 투자를 하고 있다.

그러나 IT 산업의 경쟁력 저하 및 고임금으로 인한 IT기업의 급속한 중국행으로 인해 국가 경쟁력 저하가 우려되고 있으며, 원천기술 및 핵심부품의 수입의존에 따른 원자재가 차지하는 원가 비중이 높음으로 인해 기존과 같은 Manual, Semi-Auto, 구형 Auto설비로는 선진국 및 개발 도상국과의 경쟁력 확보가 어려울 것으로 예상된다. 특히 기술 발전에 따른 LCD의 Fine Pitch화가 급속도로 진행되어 기존의 설비로는 신규 제품에 대한 대응이 어려움에 처해 있다. 이에 대한 경쟁력 강화를 위해서는 선진국과 같은 최신 설비를 바탕으로 정밀화, 자동화, 고속화를 통한 생산성 향상, 품질 안정, 인원 감소만이 대안이 될 수 있다.

특히 TFT-LCD공정은 반도체 공정에 비해 사이클타임(Cycle time)이 짧고, 최종제품의 수가 작기는 하나 공정이 복잡하고 수작업으로 처리되는 검사/조립과정이 포함되어 많은 인건비가 소요되며, 생산정보에 대한 분석이나 관리가 어렵기 때문에 자동화되고 지능적인 생산 정보 시스템의 구축이 필수적이다⁽³⁾.

따라서 본 연구에서는 국내 휴대폰 LCD 모듈(module) 기술이 세계시장에 대응할 수 있기 위한 경쟁력을 갖추고자 생산성 향상 및 원가 절감을 고려한 LCD 자동화 프로세스(process)를 현재의 LCD 프로세스와 비교하여 설계하였다.

2. LCD 프로세스

2.1 LCD 모듈의 구조

LCD 모듈은 Fig. 1에서와 같이 구성되어 있다. 메인 LCD는 휴대폰의 주화면 디스플레이(Display)역할을 한다. 이것은 액체의 유동성과 고체의 결정과 같은 규칙적인 분자 배열을 동시에 갖는다. 광학적 이방성을 가지면서 전압이 가해지면 전기의 방향을 따라 액정의 분자 배열이 바뀌는 특성을

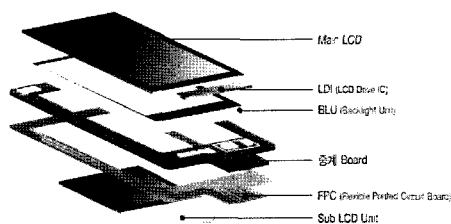


Fig. 1 Structure of LCD module

가진다. LCD를 구동시키는 역할을 하는 LDI(LCD Driver IC) Gate 와 Source IC로 나누어지며 Baseband에서 보내지는 신호를 LCD에 Display하는 control chip 이다. LCD의 정보를 구현하기 위한 광원장치인 BLU(Back Light Unit)는 LCD의 Light Source 역할을 하며, 중계 보드(board)는 휴대폰의 메인보드(mail board)와 연결해 주는 역할을 한다. FPC(Flexible Printed Circuit)는 메인LCD와 보조 LCD를 중계보드와 연결해 주는 역할을 하며 보조 LCD는 휴대폰의 보조화면을 디스플레이 하는 역할을 한다.

2.2 TFT-LCD의 특성 및 제조공정

TFT LCD는(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)의 약어로 휴대용 컴퓨터, 자동항법장치, 전자수첩, 이동통신기기 등 최첨단 전자통신 기기에 화상정보를 표시하는 액정 표시 소자를 말한다. 이는 경박 단소하여 휴대에 적합함은 물론, 기존의 고해상도 CRT에 비해서도 시인성이 우수하고, 평균소비전력은 같은 화면 크기의 CRT에 비하면 30-40% 정도이며 발열량도 작다.

TFT-LCD는 LED(발광다이오드), PDP, EL(전계발광표시)등의 표시부품 중 소형 고해상도 표시소자로 중요한 소자 중 하나이다. 액정cell 구조는 끝이 봉해진 두 장의 유리판 사이에 액정이 들어 있으며 유리판의 내면에는 각각 나타내고자 하는 상을 표시하기 위한 전극이 형성되어 있고, 이들 전극들은 외부단자에 전기적으로 접속되어 있다. 액정은 언뜻 보기에는 액체이지만 광학적으로는 결정체와 같은 이방성을 나타내는 특이상태의 것으로 일정 온도범위에서 액정이 되는 서모트로픽액정(Thermotropic Liquid Crystal)이라 불리는 유기화합물이다.

LCD에는 반사형과 투과형이 있는데 반사형은 LCD패널의 전면으로부터 입사시킨 빛을 패널뒷면에 부착되어 있는 반사 판에 반사시켜 표시하는 형이며, 투과형은 배면으로부터 주위광 또는 형광을 입사시켜 나타내는 형이다. 이의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다.

TFT-LCD는 반도체 소자인 TFT를 화소 하나하나에 배열하여 화소 각각을 구동시키는 능동형 LCD이다. 이는 스위치가 on되는 시간에 원하는 전압을 화소에 공급한 후 스위

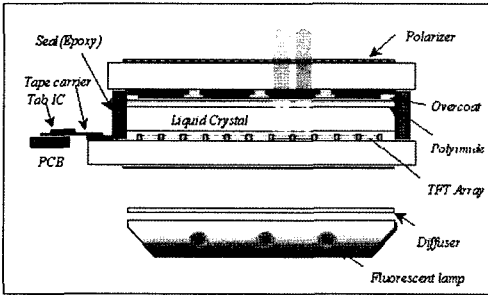


Fig. 2 Outline of TFT-LCD

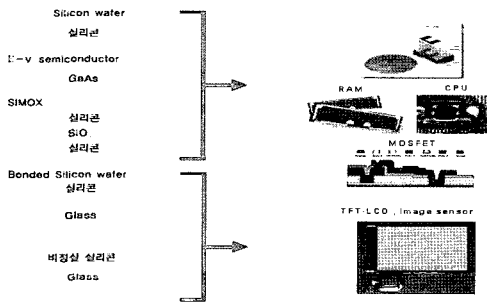
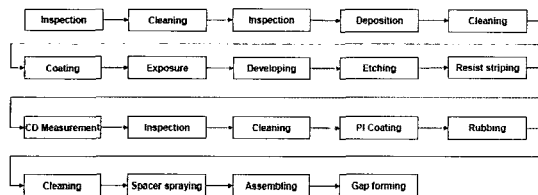


Fig. 3 TFT-LCD Applications

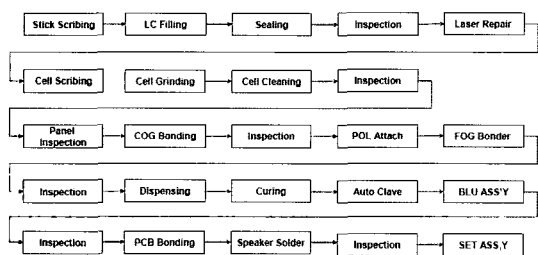
치가 off되는 시간에는 화소가 완전히 고립되어 다음 스위치 on되는 시간까지 원하는 전압을 유지하는 활성(active)소자이다. Fig. 3에서와 같이 TFT-LCD는 사용되는 반도체 층에 따라 a-Si TFT-LCD, Poly-Si TFT-LCD, CdSe TFT-LCD로 구분되어 지며 현재는 대화면화가 쉽고 안정성이 높은 a-Si TFT-LCD가 주로 생산된다. Fig. 4는 TFT-LCD의 기본적인 제조공정을 보여준다. 그림에서와 같이 LCD공정은 크게 array line, cell line, module line 3가지로 구분지어 볼 수 있다.

3. LCD 모듈 공정 분석

Fig. 5는 일반적인 LCD 모듈공정을 나타낸다. 그림에서와 같이 LCD 모듈라인은 투입된 셀(cell)의 불량률 검출하는 프로브(probe)검사부터 폴(pol)검사, 현미경 검사(1차), 모듈테스트, 그리고 외관검사 등 8번의 검사공정을 거치는 것을 알 수 있고 현재 이 검사공정들은 수작업에 의존하여 검사가 이루어지는 것이 일반적이다. 때문에 모든 공정의 연결이 끊어지고 많은 수의 작업자가 필요시 되고 있다. 따라서 tact time이 길어지고, 인건비의 부담이 높아져 이로 인한 완제품의 가격이 올라가 세계 시장 경쟁력에 대응하기 힘들어짐을 예측할 수 있다. 따라서 정밀화, 자동화, 고속화를 통한 생산성 향상, 품질 안정, 인원 감소를 고려한 공정설계는 물론 일정한 품질과 신뢰성 및 검사 속도를 만족하는 자동화된 LCD검사 장비가 연구되어야 한다.



(a) array line



(b) cell line & module line

Fig. 4 A general concept of TFT-LCD process

4. 자동화 설계

앞의 내용에서와 같이 정밀화, 자동화, 고속화를 통한 생

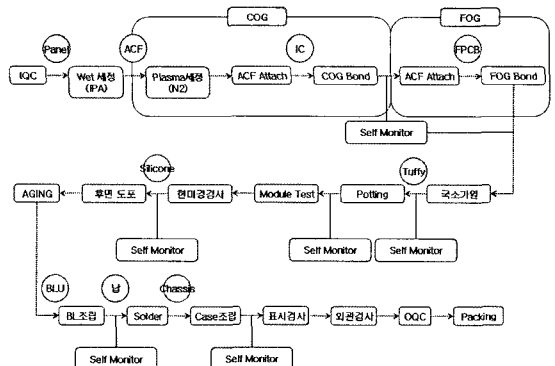


Fig. 5 LCD module line

산성 향상, 품질 안정, 인원 감소를 고려한 공정설계를 위해서는 각각의 공정들을 자동화 하는 것이 중요하다. 또한 휴대폰이 얇아짐에 따른 thin panel화로 인한 Broken, Crack, Chipping 등의 불량 발생과 QVGA => QCIF => QVGA => VGA로의 고해상화에 따른 Fine Pitch화로 인한 Pitch 어긋남, 도전볼 입자캐짐 등의 불량 발생을 감소시키기 위해서는 Vision System의 높은 정밀도와 공정 라인의 자동화가 시급하다. 따라서 본 연구에서는 LCD 모듈의 공정 중 특히 COG~FOG까지의 공정을 자동화 공정으로 설계 하였다.

기존 공정 프로세스에서 COG ~ FOG까지의 공정을 자동화 할 경우(loader+wet세정 및 plasma세정 + COG + FOG + unloader)에 일반적으로(2교대 21시간근무 기준) 생산성이 1.5배 증대되는 효과를 가질 수 있으며, 85%의 인건비 절감 효과를 가질 수 있다. 또한 기존과 같은 System의 경우 생산량 증가에 따라 인원이 기하급수적으로 증가하여 인원 관리에 필요한 관리인원의 증가 및 다수의 Manual설비로 인해 설비 관리인원의 증가가 필요하나, 자동화를 통하여 관리의 용이성으로 인해 현 인원으로 대응이 가능하다. 더불어 자재공급부 등과 같이 서로의 공정에 중복이 되는 공정을 생략할 수 있어 전체 라인을 짧아지고 단순화 할 수 있다. 따라서 다수의 Manual설비 및 인원 증가로 인한 공정의 더 많은 면적 요구를 억제하게 되어 시설비 및 관리비 증가를 줄일 수 있다. 그러나 신뢰성 있는 자동화 설비와 검사장비가 매뉴얼 장비에 비해 일반적으로 2~5배정도로 아직은 상당히 고가임으로 생산량과의 관계를 신중히 고려하여 설계 해야 할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 LCD 모듈(module) 기술이 세계시장에 대응할 수 있기 위한 경쟁력을 갖추고자 생산성 향상 및 원가 절감을 고려한 LCD 모듈 자동화 프로세스(process)를 현재의 LCD 모듈 프로세스와 비교하여 설계해 보았다. 기존 공정 프로세스에서 COG ~ FOG까지의 공정을 자동화

할 경우에 일반적으로 생산성이 1.5배 증대되는 효과를 가질 수 있으며, 85%의 인건비 절감 효과를 가질 수 있다. 또한 자재공급부등과 같이 서로의 공정에 중복이 되는 공정을 생략할 수 있어 전체 라인을 짧아지고 단순화 할 수 있었다.

후 기

본 논문은 서울특별시가 지원하는 전략산업 혁신클러스터 육성 지원사업(3D Microsystem Packaging을 위한 접합 공정 및 장비개발)으로 지원되어 수행하였습니다.

참 고 문 헌

- (1) Cho, H. M. and Lee, Y. H., 2000, "Determination of Production Target for the TFT-LCD Manufacturing Line," *Korean Academy of International Business*, Vol. 11, No. 2, pp. 23~39.
- (2) Kim, J. H., 2007, "The Current Status of Liquid Crystal Display Technology and Its Future," *The Korean Institute of Metals and Materials*, Vol. 20, No. 2, pp. 4~9.
- (3) Jeong, I. J. and Lee, Y. S., 2005, "A case study of the development of standard production information system in TFT-LCD factory," *Journa of the society of korea industrial and systems engineering*, Vol. 28, No. 1, pp. 41~48.
- (4) Kim, J. H. and Ko, K. W., 2007, "Research on Defect Inspection of LCD Panel," *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 24, No. 4.
- (5) Hong, M. S., Kim, J. M. and Kang, S. J., 2004, "A study on the process improvement in TFT-LCD cleaning," *KSMTE*, pp. 269~274.