

# 상용 LCD 패널을 이용한 광 마스크 제작

이승익\* · 고정현\* · 이상영\* · 박장호\* · 소대화\*\*

## LCD Photo-mask Using Commercial LCD Panel

Lee, Seung-Ik, Koh, Jeonh-Hyun, Lee, Sang-Young, Park, Jang-Ho, Soh, Dea-Wha

**Abstract** - Photo-lithography lies in the middle of the wafer fabrication process. It is often considered as the most critical step in the IC process. We use a mask in exposure steps of the photo-lithography. Typically, 20 to 25 different levels of masks are required to complete an IC device. That means, if a photo process can be developed with the use of only one photo mask, we can reduce more process cost. To satisfy this, we plan to develop an alternative photo mask. For this reason, we chose to use a LCD. We expect to develop a LCD panel that can be changed by electrical control. This is the main idea about the adjustable photo mask. The Photo mask made of LCD panel will replace the former one.

**Key Words** - LCD panel, LCD mask, Photo-lithography, Embedded board

### 1. 서론

Photo-Mask는 실리콘 웨이퍼에 만들어질 회로 패턴의 모양을 각 층별로 그려 놓은 것으로 반도체제조공정의 리소그래피 과정에서 사용된다. 즉, 빛을 Photo-Mask를 통과하여 실리콘 웨이퍼에 조사하게 되면 웨이퍼 위에 우리가 필요로 하는 회로를 구성하게 되는 것이다. Photo-Mask는 필름 한 장에 하나의 회로도 밖에 그릴 수 없으나, 회로도의 종류는 많아서 필름 제조에 상당한 비용이 들어가게 된다.

이 프로젝트는 회로도의 종류는 많고, Photo-Mask는 일회성의 성격을 띠고 있음을 착안하여 수정과 프로그래밍이 가능한 Photo-Mask를 제작함으로써 반도체제조공정에 획기적인 비용절감을 가능케 하기 위한 기초연구이다.

수정이 가능한 반영구적인 Photo-Mask의 대안으로 상용 LCD 패널을 선택하였다. LCD의

투명한 유리 기판에 회로도를 전송하여 Photo-Mask를 대신하는 것으로 그 회로도는 컴퓨터에서 제어하며 우리가 원하는 어떠한 그림도 전송할 수 있다. 이를 위해서 LCD를 제어할 수 있는 컴퓨터 환경 설정 및 소프트웨어 개발(설치)과 LCD 구동(LCD와 LCD보드 및 컴퓨터 연결을 통한 그래픽 파일전송과 화면출력) 및 Mask로써의 역할을 부여하기 위한 상용 LCD 패널의 분석(유리 기판과 드라이빙 회로 등)을 수행하였다.

### 2. 포토리소그래피

#### 2.1 포토리소그래피 개요

원판(Reticle Mask)에 그려져 있는 설계 패턴을 직접 혹은 광학계를 통해 웨이퍼 위에 그대로 혹은 축소하여 구현하는 기술이다. 이때, 웨이퍼 위에 특정한 파장 영역에서 잘 반응하는

\* 명지대학교 전자공학과 4학년

\*\* 명지대학교 전자공학과 교수

감광제(Photo-Resist, PR)를 바르고 빛을 조사하여 화학적 성질이 변하게 한 다음, 현상(Development), 식각(Etching), 이온 주입(Ion Implantation), 감광제 제거(PR strip)등의 후속 공정을 통해 웨이퍼 위에 최종 패턴을 형성한다.

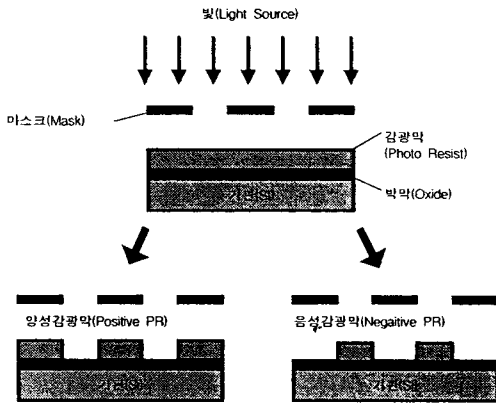


그림1. 포토 리소그래피 개략도

그림 1에서와 같이 감광제에는 빛을 받은 부분이 현상과정에서 제거되는 양성 감광제(positive PR)와 빛을 받지 않은 부분이 현상과정에서 제거되는 음성 감광제(negative PR)가 있다.

## 2.2 포토리소그래피 세부 과정

### 2.2.1 감광제 도포

고속 회전하고 있는 웨이퍼의 표면에 감광제(Photo Resist)를 떨어뜨려 웨이퍼 표면에 감광막을 형성한다. 감광액을 웨이퍼 표면에 고르게 바른 후 열을 가하여 얼라이너(Aligner)라고 불리는 사진 촬영 장치로 보낸다. 이때부터 웨이퍼는 사진의 인화지 역할을 한다.

### 2.2.2 노광

IC의 회로패턴이 형성된 유리 마스크를 통해 감광막에 자외선을 전사한다. 자외선은 마스크

위의 회로 패턴을 웨이퍼에 그려준다. 노광(Exposure)에는 마스크와 웨이퍼간의 형태에 따라 크게 2가지 종류의 방법이 있다. 마스크를 웨이퍼와 직접 접촉하여 마스크의 상을 그대로 옮기거나, 접촉에 따른 마스크와 웨이퍼의 파손을 방지하기 위해 분해능의 저하를 감수하고 둘 사이에 간격을 두고 노광을 수행하는 접촉/근접형 방법과, 마스크와 웨이퍼 사이에 투사(Projection)광학계를 따로 두어 마스크의 상을 그대로 전사하는 투사형 방법이 있다.

### 2.2.3 현상

일반 사진 현상(Development)과 동일한 과정으로 현상액을 웨이퍼에 뿌리면 웨이퍼는 노광 과정에서 빛을 받은 부분과 받지 않은 부분으로 구분되는데, 빛을 받은 부분의 현상액은 날아가고 빛을 받지 않은 부분은 그대로 남는다.

### 2.2.4 식각

침단의 설계기준을 가능하게 하고, LSI의 고집적화 시킨 미세화기술의 핵심으로 감광막 패턴을 마스크로 하여, 실리콘 산화막과 실리콘 질화막을 연속적으로 선택 제거한다. 웨이퍼에 회로패턴을 만들어 주기 위해 화공약품(습식)이나 부식성 가스(건식)을 이용해 필요 없는 부분을 선택적으로 제거한다. 현상액이 남아있는 부분을 남겨둔 채 나머지 부분은 부식시킨다. 식각(Etching)이 끝나면 감광액도 황산용액으로 제거한다.

### 2.2.5 이온 주입

회로패턴과 연결된 부분에 불순물을 미세한 가스 입자 형태로 가속하여 웨이퍼 내부에 침투 시킴으로써 전자 소자의 특성을 만들어 준다(Ion Implantation). 이러한 불순물 주입은 고온의 전기

로 안에서 불순물 입자를 웨이퍼 내부로 확산시켜 주입하는 확산(Diffusion) 공정에 의해서도 이루어진다.

### 2.3 LCD의 Mask 제작

#### 2.3.1 기존 Mask의 문제점

포토리소그래피 기술은 마이크로 전자소자와 마이크로 전자기계 시스템, 생명공학 응용분야에 원하는 패턴을 얻기 위한 기술로서 응용되고 있다. 리소그래피 기술에 있어서 중요한 변수중의 하나는 패턴의 원판 역할을 하는 포토 마스크(Photo-Mask)이며, 결과 패턴의 정확성을 위해서는 설계 수치와의 오차를 최소화하여 완성해야 한다. 따라서 마스크 제작 시에는 회절로 인한 공정 오차가 없는 전자빔 식각장비(E-beam Lithography)를 사용하게 된다. 공정 순서는 일반적인 사진 공정 순서와 동일하나, 기판에는 광 투과성이 있는 유리 기판이나 석영 기판을 사용하며, 감광제로는 E-beam 전용 PMMA(positive)를 사용하게 된다. Photo-Mask의 패턴이 새겨진 면에 Cr을 채워 넣게 되며 최종적으로 빛이 전사되어 selective하게 감광제를 제거하게 된다. 이렇게 만들어진 마스크를 경질 마스크라 부르며 일반적으로 비용이 많이 들지만 200번 이상의 노광이 가능하며 반복적으로 사용 시에 세척 및 검사가 필요하다.

이밖에 Emulsion Mask나 Film Mask 등이 있는데, 비용은 저렴하나 미세 패턴에는 사용이 어렵다. 이러한 포토 마스크는 제작하는데 오랜 시간이 걸리며, 패턴의 모양이 고정적이기 때문에 각각의 단계에서 필요로 하는 모양의 마스크가 필요하며, 이에 따른 제조비용 부담이 많이 든다.

#### 2.3.2 LCD Mask

위에서 지적한 기존 마스크의 문제점을 보완

하기 위해서는 마스크의 모양을 자유롭게 변화시킬 수 있는 마스크가 요구되어졌으며, 새로운 마스크 후보로 LCD 패널이 주목을 받게 되었다. 컴퓨터의 다양한 이미지 프로그램을 활용하여, 자유롭게 마스크 패턴의 이미지를 변형시킨 후에 실시간으로 LCD 패널에 전송시킬 수 있기 때문에 마스크 제작시간과 비용 면에서 유리한 특징을 가지고 있다.

## 3. Liquid Crystal Display

### 3.1 LCD 개요

Liquid Crystal Display(LCD)는 1888년 오스트리아의 F. Reinitzer에 의해 처음 발견된 액정은 1968년 미국 RCA사에 의해 디스플레이에 응용되어 전자계산기, 전자시계 등에 적용되었다. 1986년 이후 STN LCD와 소형 TFT-LCD가 실용화됐다. 1990년대 들어 10인치 TFT-LCD의 양산화가 실현되면서 노트북 PC의 대표적인 디스플레이로 자리 잡고, CRT를 대체하는 디스플레이중 하나로 각광받았으며, 현재는 TV등의 전자제품과 자동차, 항공기 등의 속도 표시판 및 운행 시스템 등에 폭넓게 사용되고 있다.

LCD는 2개의 얇은 유리판 사이에 고체와 액체의 중간물질인 액정을 주입해 상하 유리판의 전극의 전압차고 액정분자의 배열을 변화시킴으로써 명암을 발생시켜 숫자나 영상을 표시하는 일종의 광 스위치 현상을 이용한 소자다. 구동방법에 따라 TN(Twisted Nematic)과 STN(Super-Twisted Nematic)등의 수동 매트릭스 방식과 TFT(Thin Film Transistor)등의 능동 매트릭스 방식으로 분류된다. 이 프로젝트에서는 유리 기판을 분해하여 사용하기 위해 STN-LCD를 사용한다.

### 3.2 LCD 동작 원리 및 구조

LCD는 편광 필터 사이를 채우고 있는 액정층의 분자 배열 상태를 전기로 조절하여 통과되는 빛의 양을 조작하는 원리로 정보를 표시한다. LCD는 2개의 편광 필터 사이에 액정으로 채운 형태로 구성되어 있다. 액정은 아래쪽에서 위쪽으로 내려갈수록 점점 틀어진 상태로 배열이 되며, 맨 위쪽과 맨 아래쪽 액정의 분자 배열 상태는 서로 90° 틀어진 상태가 된다. 액정에 전기를 흐르게 하면 각 층을 이루는 모든 액정 분자의 배열 상태가 같아지므로 아래쪽 편광 필터를 통해 들어온 빛이 그대로 액정을 통과하기 때문에 위쪽 편광 필터를 통과할 수 없게 된다. 이러한 상태에서는 아래쪽 편광 필터를 통해 들어온 빛이 액정의 분자 배열 상태를 따라가면서 90°까지 휘기 때문에 편광 필터를 통과할 수 있게 된다. 이렇게 통과된 빛이 전달되어 우리가 보는 LCD의 화면을 구성하게 된다. 이러한 원리로 빛을 차단/통과시켜 점 하나 하나를 제어한다. 이때 사람이 보는 쪽에는 Color Filter라 불리는 RGB색상의 필터가 있고 반대편에는 Back-Light 라 불리는 광원이 있다. 또한 그림처럼 액정은 막대 모양의 분자이므로 보는 각도에 따라 빛의 밝기가 달라지기 때문에 기울여서 보게 되면 광학적 특성이 달라진다.

임베디드 시스템은 우리 생활에서 쓰이는 각종 전자기기, 가전제품, 제어장치 등을 말한다. 이러한 장비의 특징은 단순히 전기, 전자회로로만 구성된 것이 아니라 마이크로프로세서가 내장되어 있다는 것이다. 이렇게 내장된 마이크로프로세서는 시스템을 구동하여 그 장비가 해야 하는 특정한 기능을 수행하도록 프로그램이 내장되어 있는 시스템을 가리킨 것이다.

이러한 임베디드 시스템은 산업, 가전, 사무,

군사 등의 다양한 응용 분야를 가지고 있으며 적용 사례도 휴대폰, PDA, 사이버 아파트의 홈관리 시스템, 홈 네트워크 게이트웨이 장치, 교통관리 시스템, 주차 관리시스템, 홈 관리 시스템, 엘리베이터 시스템, 현금지급기(ATM), 항공 관제 시스템, 우주선 제어 장치, 군사용 제어 장치 등 다양한 곳에 응용이 된다.

PC와 임베디드 시스템 환경의 개발 환경의 차이는 소프트웨어 개발 환경의 차이와 소프트웨어 개발 범위의 차이 등이 있다.

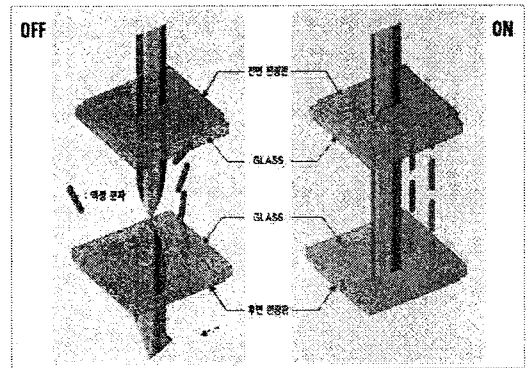


그림2. LCD 구동 원리

## 4. Embedded System

### 4.1 Embedded System 개요

우선 개발환경의 차이는 현재까지 대부분의 소프트웨어 개발자들은 PC에서 작업을 수행하여 왔다. 그림 4와 같이 기존의 소프트웨어 개발 과정은 소스 코딩을 하고 컴파일하고 실행하는 형태가 모두 PC 환경에서 이루어졌다는 것이다. 하지만 임베디드 시스템 소프트웨어 개발 과정은 소스 코딩을 하고 컴파일을 수행한 후 이를 타겟 시스템으로 전송한다. 그리고 전송된 실행 코드를 타겟에서 실행한다. 기존의 소프트웨어 개발자가 가장 먼저 어려움을 겪고 있는 것은 개발 환경이 다르다는 것이다.

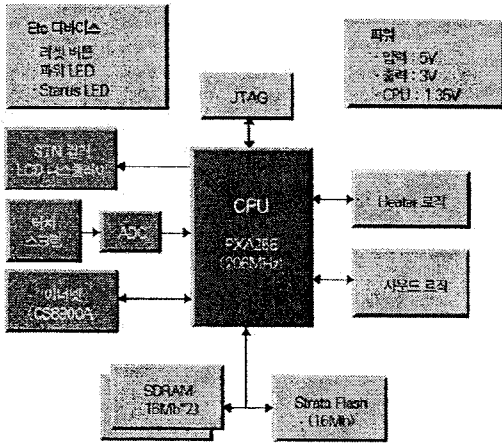


그림3. 임베디드 시스템 하드웨어 구조

임베디드 시스템에서 프로그램의 대상이 PC가 아닌 타겟 보드라는 것이다. PC 소프트웨어 개발은 별도의 보드가 필요 없이 PC상에서 모든 것이 이루어지기 때문에 보드가 없어도 개발이 진행된다. 그러나 임베디드 시스템의 소프트웨어 개발은 타겟 보드가 필요하다. 그러므로 개발 보드가 없는 임베디드 환경에서 소프트웨어 개발이 불가능하다.

그리고 소프트웨어 개발자라 할지라도 타겟 보드에 대한 지식이 필요하다. 타겟보드의 CPU 구조에 대한 이해와 어셈블러, 개발 보드의 주변 장치의 이해 등이 필요하다. 이러한 것이 순수 소프트웨어만을 하던 개발자들이 겪는 어려움이라고 할 수 있다.

현재의 소프트웨어 개발 환경은 임베디드 환경으로 급속히 변해가고 있기 때문에 이러한 개발 환경의 이해 없이는 개발에 매우 큰 어려움을 겪을 수 있다. 이렇게 임베디드 시스템 소프트웨어 개발자가 되기 위해서는 개발 환경을 이해하고 이러한 시스템을 PC를 사용하듯이 능숙히 조작하는 것이 첫 번째 과제라고 할 수 있다.

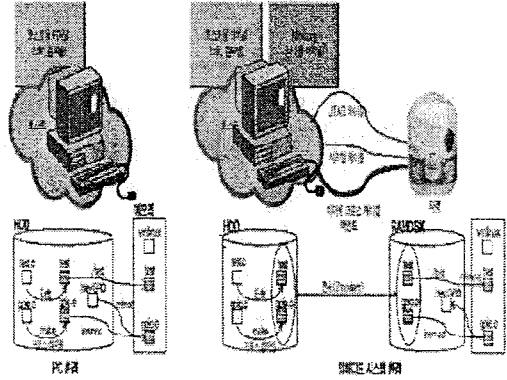


그림4. PC와 임베디드 시스템 환경

그리고 소프트웨어 개발 범위의 차이는 PC에서 소프트웨어 작업은 커널이나 디바이스 드라이버가 이미 준비된 상태에서 애플리케이션 작업만을 수행하는 것이었다. 물론 하드웨어도 거의 비슷한 형태로 제공된다. 임베디드 시스템에서는 사용되는 CPU가 다르고 이를 위한 개발 환경을 구축해야 하며, 직접 커널을 포팅해야 한다. 그리고 디바이스 드라이버도 해당 시스템에 맞게 제작하여야 한다. 그 이후에야 애플리케이션 프로그램을 작성한다.

## 5. 제작 과정

### 5.1 제작개요

- LCD 패널과 타겟보드와의 연결 및 Host PC와 타겟보드와의 연결.
- 임베디드 환경구축을 통한 타겟보드 제어
- 패턴 이미지 파일과 control파일의 제작
- 파일의 전송과 컴파일 및 실행
- LCD 개조.

### 5.2 LCD 와 Embedded 보드의 연결

#### 5.2.1 LCD 제어 시스템 구성도

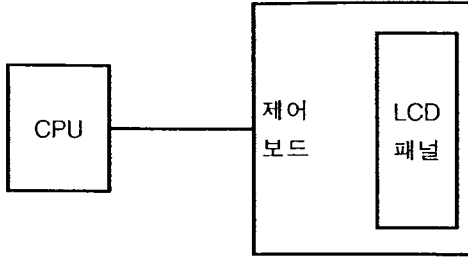


그림5. LCD 제어 시스템 구성도

### 5.3 LCD 패널(LHF8P4032B)

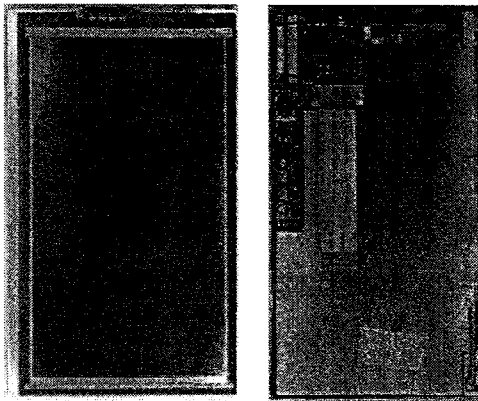


그림6. LCD 전면(좌)과 후면(우)

#### 5.3.1 LCD 명세

- 240 x 320 픽셀 3.6인치, STN칼라 디스플레이, CCFL 백라이트, 4와이버 방식의 터치스크린
- 8 bit/pixel 칼라(8bbp)
- 3V~5V의 작동전압(CCFL을 제외하고 따로 전압이 필요 없음)
- 내부에 음전압을 발생하는 DC-DC컨버터가 포함
- 전압을 조정하여 디스플레이의 Contrast 조정 가능
- 스펙은 LFH8PH402, LF8P429와 비슷하며 기계적인 피치가 조금씩 다름
- CCFL 백라이트는 TDK PCU-554 인버터

적합, 혹은 거의 모든 인버터 호환 가능

#### 5.3.2 LCD 연결 핀 구성 및 구조

<표 1> 연결 핀 구성

핀 No.	핀 종류	용도
1	Vss	GND
2~9	D0-D7	Display Data
10	Vss	GND
11	CP	Pixel Clock (display data and pixel increment clock)
12	Vss	GND
13	LOAD	Line Clock (display line latch and line increment clock)
14	FRAME	Frame Clock(frame and start signal)
15~16	Vdd	Logic Supply Voltage (and LCD bias converter supply voltage)
17	Vadj	Contrast Control Voltage(0 ~ 3V)
18	DISP_OFF	L) Display OFF / H) DisplayON
19	Vss	GND
20	YU	Touchscreen Y-UP Terminal
21	XL	Touchscreen X-LEFT Terminal
22	YD	Touchscreen Y-DOWN Terminal
23	XR	Touchscreen X-Right Terminal
24	Vss	GND

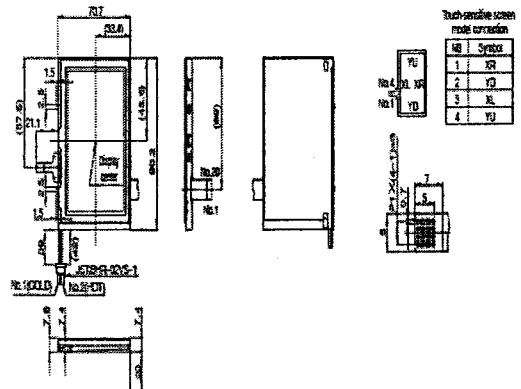


그림7. LCD 외형도

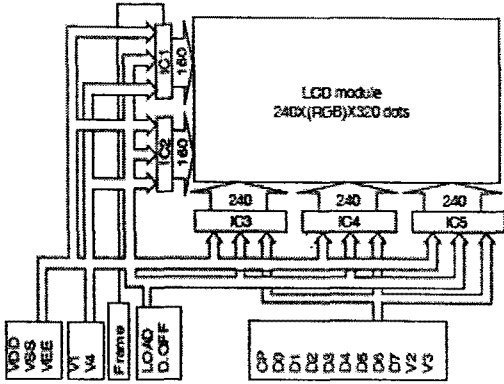


그림8. 블록 다이어그램

### 5.4 LCD 보드(X-Hyper 255A)

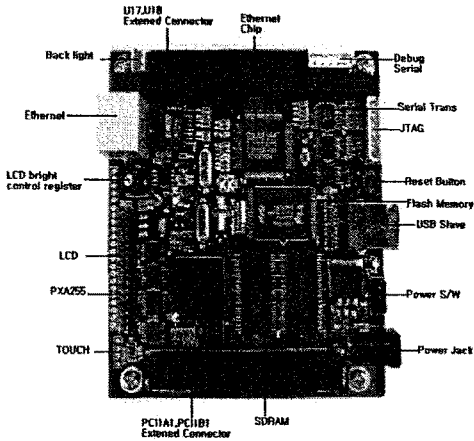


그림9. LCD 보드 구성도

#### 5.4.1 LCD 보드 명세

##### - Hardware Specification

- Inter PXA25A CPU 400MHz의 고성능 CPU가 탑재되었고, 메모리는 32M용량으로 장착,
- 각종 인터페이스와 확장 핀이 제공, PXA255가 제공하는 성능을 자유롭게 확장 사용 가능

- ADS7843 터치 디바이스가 내장되어 있고, 6.4" TFT LCD를 확장할 수 있는 인터페이스 제공

<표 2> 하드웨어 구성

Item	Description
Processor	Intel PXA255 400MHz
SDRAM	Samsung 32Mbyte
Flash	Intel strata flash 16Mbyte
Ethernet	CS8900A 10BaseT
Touch	ADS7843 (Touch screen)
USB	USB Slave
Serial	2 Port
JTAG	1 Port
Connector	PC104+ connector
Etc	6.4" TFT LCD(640*480) INTERFACE

##### - Software Specification

- Embedded Linux 최신 커널이 탑재되었고 LCD를 확장 했을 경우 Tiny X Server를 통한 GUI 환경이 제공되어 사용자의 편의성 및 개발에 대한 시험 범위 확대

<표 3> 소프트웨어 구성

Item	Description
O/S	Linux 2.4.18 Kernel
Device Driver	CS8900 Ethernet
	ADS7843 (Touch screen)
	Frame buffer
	USB Slave
File System	JFFS2, Ramdisk
GUI	Tiny X Sever
	Misc Xwindow App (MPEC Player, Game)

### 5.5 CPU와 LCD 보드 연결

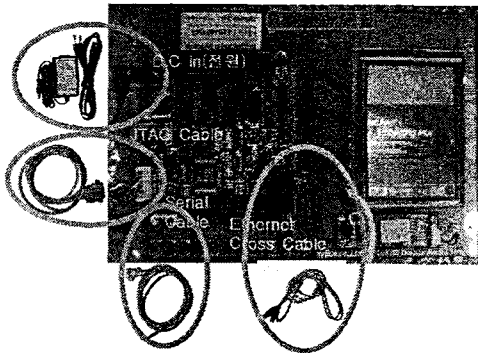


그림10. LCD 보드 연결 잭 설치

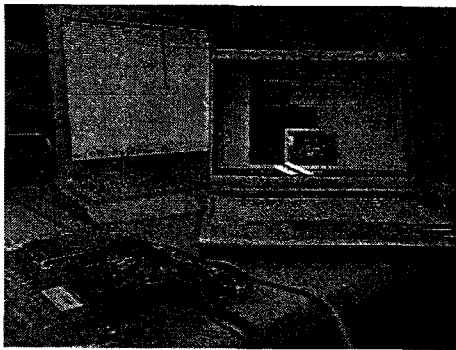


그림11. HOST PC와 LCD 보드 연결

- 보드의 6핀 커넥터와 HOST PC의 Parallel Port를 JTAG Cable로 연결한다.
- 보드의 5핀 커넥터와 HOST PC의 COM1 또는 COM2을 Serial Cable로 연결한다.
- 보드의 Ethernet Port와 HOST PC의 RJ45(Ethernet Card)를 Cross LAN Cable로 연결한다.
- 전원은 제공된 어댑터를 이용하여 220V에 연결한다.
- HOST PC에 연결된 LCD에 그래픽 파일을 전송하여 LCD 화면에 구현하였다.
- 처음에는 LCD 화면의 일부분에만 그림이 적용되어, 소프트웨어의 LCD 화면 사이즈를 조정하여 전체화면 크기로 맞추었다.



그림12. LCD Panel 동작

### 5.6 타겟 보드 제어를 위한 Embedded 환경구축

타겟보드 X-Hyper255A는 Wow Linux 7.1/7.3 환경에서 개발 되었다. X-Hyper255A에서 사용하는 toolchain은 소스를 직접 컴파일 하여 생성된 디렉토리를 압축한 것이다. 개발 환경 구축을 위한 리소스들은 제공되는 CD에 포함되어 있다. Host PC에서 타겟보드까지 대략적인 과정을 고려해보면 Mask패턴 이미지 파일 제작 그리고 이미지 파일의 크기 및 비트수 등의 factor를 제어하고 LCD 패널에 출력을 위한 control파일의 생성 그리고 타겟보드로의 전송 이후 임베디드 환경에서 실행 가능한 파일로 compile 하여 파일의 실행을 통한 LCD화면에의 출력이다. 이를 위해 갖추어야 할 embedded 환경을 고려해 보면 타겟보드의 부팅을 위한 boot 파일의 생성 그리고 타겟보드로 Mask 패턴의 그림파일 및 컨트롤 파일 boot 이미지파일등의 전송을 위한 연결 프로토콜의 구축 그리고 컨트롤 파일의 타겟보드에서의 실행을 위한 환경 구축과 그 환경에 적절한 컴파일 process등이 기본적으로 필요하다는 것을 예상할 수 있다.

우선 Host PC에 루트계정으로 로그인되어 있어야 한다. 이후 Host PC에서의 개발환경 구축을 위한 toolchain설치, JTAG설치, bootloader



built, minicom실행, bootp설정, tftp설정, kernel booting을 실시하게 된다.

이 과정을 통해 boot 파일을 실행 및 컴파일을 할 수 있는 환경이 형성되고 bootloader image를 타겟보드에 fusing 할 수 있게 된다. bootloader를 타겟embedded 보드에 built하게 되면 보드의 OS가 형성된다고 생각하면 된다. 타겟보드의 하드웨어가 관리되며 시스템간의 파일전송이 가능하게 된다. 그리고 연결된 LCD 화면의 제어와 frame buffer를 구현하기 위한 환경을 구축하기 위해 Qt/Embedded를 설치했다.

## 5.7 LCD 개조

### 5.7.1 LCD 분해

보드 뒷부분에 납땜으로 고정되어 있는 LCD를 분리한다. 이때 LCD의 납땜만 제거하고, 핀이 연결된 부분은 그대로 둔다. 백라이트/패널과 터치스크린은 제거하고 유리 기판과 본체의 칩 연결부분만 남겨둔다. 남아있는 유리 기판을 보드의 한쪽 부분에 세우고 접착제나 지지대를 이용하여 세운 상태로 고정한다. 고정된 LCD를 위의 7번 항목처럼 HOST PC와 연결하여 LCD를 구동한다. 구동된 LCD의 유리 기판이 본 프로젝트의 목적이었던 포토 Mask의 역할을 하게 된다.

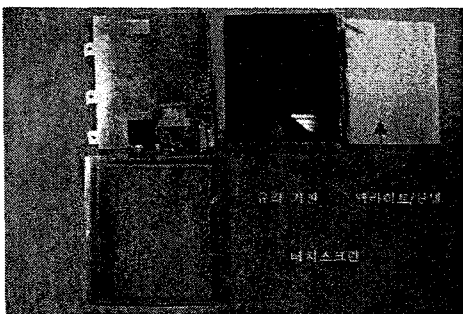


그림13. 분해한 LCD

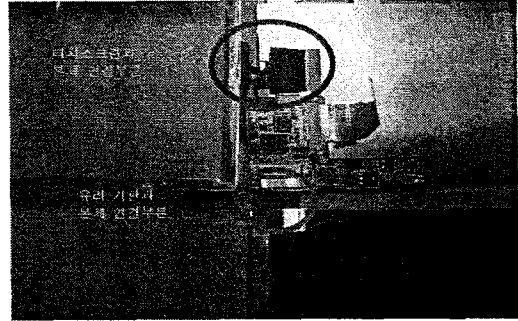


그림14. 유리 기판과 LCD 구동 칩 연결부분

### 5.7.2 LCD 보드와 LCD의 재조립 과정

LCD 보드 뒷면의 납땜 부분을 제거하고, 보드와 연결된 LCD의 핀을 뽑은 후 아래의 그림과 같이 LCD를 분해하여 재조립하였다. 유리 기판에 전송된 그림이 위에서 빛을 조사하면 아래 부분에 상이 맺힐 수 있도록 유리 기판 밑에 공간을 두고 그곳에 흰 종이를 붙였다.

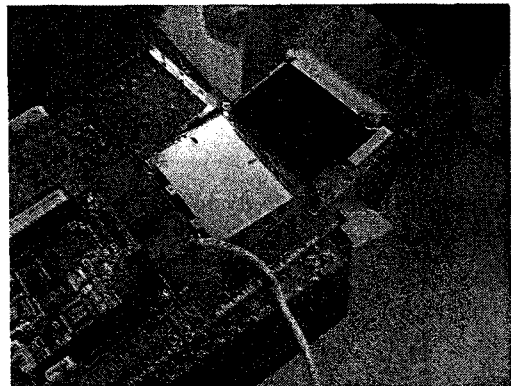


그림15. 분해된 LCD 재조립

### 5.7.3 LCD Panel 출력 결과

출력된 유리 기판 위에서 빛을 비춰주면 아래 흰 종이에 기판에 그려진 그림의 상이 맺힌 것을 볼 수 있었다. 이것은 LCD Panel이 투명한 필름과 같은 역할을 할 수 있다고 생각할 수 있으며 그림을 변경 할 수 있으므로 수정 가능한 Mask로써 사용될 수 있다.

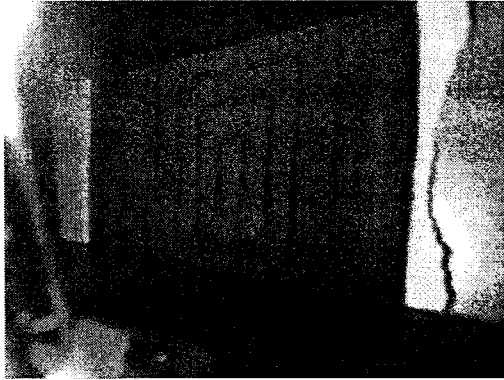


그림 16. 유리 기판에 출력된 그림

## 6. 결론

LCD Mask 제작 과정 및 결과를 통해 이번 Project에 사용된 STN컬러 방식의 LCD는 Mask 패턴에서 필요한 2 Color 방식에 적합하지 않음을 알게 되었다. 또한 추가적으로 LCD 패널의 공부 과정에서 LCD 패널의 특성상 단파 통과가 쉽지 않다는 것을 알게 되었다.

현재 Photo-lithography 과정의 Light Source 는 더욱 선명한 해상도를 위해 단파를 통한 공정 과정으로 나아가고 있다. 그러나 LCD 패널을 이용한 Photo-Mask는 결정적으로 짧은 빛의 파장을 통과시키기 어렵다. 비록 단파를 통과시키는 것은 어렵지만 통과시킬 수 있는 파장인 365nm의 UV source나 가시광선 대역의 파장으로도 회로 패턴의 현상에 필요한 해상도를 충분히 만족할 수 있는 부분이 있어서, LCD-Mask의 개발은 Mask 제작비용을 크게 절감할 수 있다. 이를 통해 기존의 공정 과정보다 우선적으로 고려 될 수 있다고 생각한다.

Exposure 시간 및 추가적인 factor들의 고려와 연구가 필요하지만 Mask비용 절감에 대한 기본적인 윤곽을 형성을 했다는 점에서 차후 공정과정 개선에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구 프로젝트를 지원해주신 명지대학교 전자공학과와 헌신적인 지도를 아끼지 않으신 지도교수님과 조교님에게 진심으로 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 피성훈, "LCD(Liquid Crystal Display), E-beam Lithography를 이용한 마이크로-나노 구조물 & V205 나노선을 이용한 다공성 PDMS 필터 제작", 고려대학교 대학원 전기공학과 석사학위논문, pp. 1-34, 2005. 2.
- [2] (주)HyBus사 "X-Hyper255A Developer's Manual", Embedded Linux System Manual, First Edition, pp. 1-70, 2003. 6.
- [3] (주)HyBus사 "QT 3.3.3 설치 가이드", Ver. 1.1.1, pp. 1-20, 2005. 10.