

TFT-LCD 개요 및 연구 개발 동향

이 글에서는 최근 CRT를 대체할 평판디스플레이 디바이스 중 널리 사용되는 TFT-LCD모듈에 대한 개략적 이해와 연구 개발 동향에 대해 소개 하고자 한다. **김진식**

LCD(Liquid Crystal Display)가 우리나라 총 수출에서 차지하는 비중은 1998년도에는 0.8%, 2000년도에는 3.4%, 2001년도에는 수출 1,910억 달러의 3.9%으로 4년 동안에 4배 이상 높아질 것으로 예상되며, 경량, 슬림형, 저소비 전력, 저전압구동이라는 장점으로 세계 시장 규모도 연평균 30% 이상 성장이 예상되며, 국내 기업인 LG.Philips LCD(주)와 삼성전자(주)가 데스크 톱용 모니터와 노트북 PC에서 각각 세계 시장 점유율 1위를 차지하고 있는 TFT-LCD 모듈은 CRT를 대체하는 차세대 첨단 디스플레이 중 하나로 각광 받고 있다.

LCD는 1888년 오스트리아의 F. Reinitzer에 의해 처음 발견된 액정을 1968년 미국 RCA 사에 의해 디스플레이에 응용됐다. 1973년에 전자계산기, 전자시계에 적용된 액정은 1986년 이후 STN-LCD와 소형 TFT-LCD가 실용화되었고, 1990년대 들어

10인치 TFT-LCD의 양산화가 실현되면서 대화면화, 고정세화가 시작되었다.

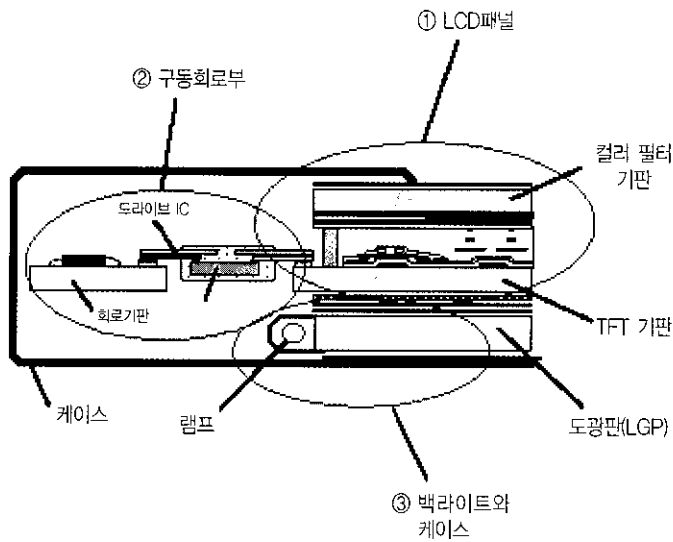
LCD는 구동방식에 따라 단순 매트릭스 방식과 액티브 매트릭스 방식으로 나뉜다. 단순 매트릭스 방식(TN, STN)은 주사전극과 신호전극을 XY형태로 배치하고 그 교차 부분을 표시 화소로 이용하기 때문에 소자구성이 단순하다. TN, STN-LCD가 여기에 속하며, 표시밀도가 높은 용도에 STN, 밀도가 낮은 용도에 TN이 사용된다.

액티브 매트릭스 방식(TFT)은 각 표시 화소마다 박막 트랜지스터(TFT)를 설치한 3단자 소자와 전류·전압에 비선형(다이오드) 특성을 가진 소자를 설정하는 2 단자 소자로 크게 분류되며, 하나 하나의 화소를 직접 구동하기 때문에 고품질의 화면이 가능하여 컬러 표시에 사용되고 있다. 지금부터 LCD의 대표적인 액티브 매트릭스 방식의 TFT-LCD에 대해 설명하고자 한다.

TFT-LCD 원리와 구성

TFT-LCD는 Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display의 약어로 전계 효과 트랜지스터(FET : Field Effect Transistor)인 MOS(Metal Oxide Semiconductor) FET의 일종으로 소자의 종류에 따라 a-Si(amorphous silicon) TFT와 p-Si(poly silicon) TFT로 나눌 수 있다. 이들 중에서 a-Si TFT를 사용한 직시형 TFT-LCD가 가장 널리 사용되고 있으며, 이는 대형 유리 기판을 이용한 생산 기술력이 확보되어 제품 경쟁력을 갖추고 있는 반면, p-Si TFT-LCD는 생산 공정 수가 a-Si TFT-LCD에 비해 많고, 또한 기술적 성숙도도 상대적으로 낮아 중소면적 제품에 주로 적용되고 있다.

LCD란 액체와 고체의 중간 상태인 액정의 전기-광학적 성질을 표시장치에 응용한 것으로 액



- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| ① LCD 패널
▶ TFT 기판
▶ 컬러 필터 | ② 구동회로부
▶ 드라이브 IC
▶ 세로 기판 | ③ 백라이트와 케이스
▶ 백라이트
▶ 새시구조물 |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|

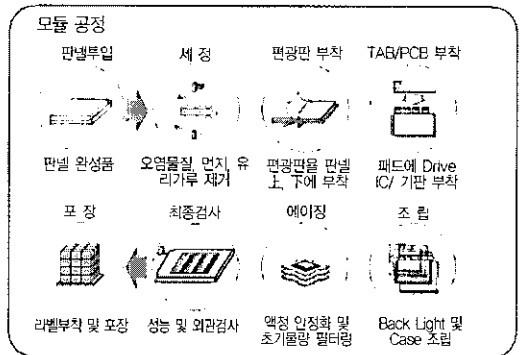
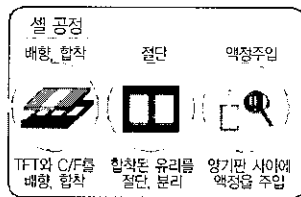
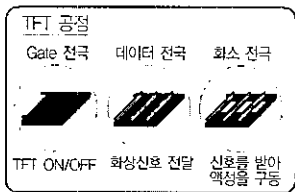
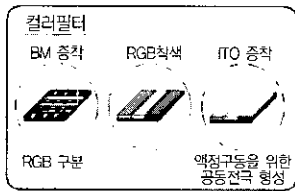
TFT-LCD 모듈 구조

체와 같은 유동성을 갖는 유기 분자로 배열된 상태의 것으로, 두 자인 액정이 결과과 같이 규칙적 개와 얇은 유리판 사이에 이 액정

을 주입해 상·하 유리판 위 전극의 전압차로 액정분자의 배열을 변화시킴으로써 명암을 발생시켜 숫자나 영상을 표시하는 일종의 광 스위치 현상을 이용한 소자로 크게 세 개의 유닛으로 구성된다.




첫째, 기판과 기판 사이에 두 개의 유리 사이에 액정이 주입된 LCD 패널이고, 둘째는 패널을 구동시키기 위한 드라이브 IC 및 각종 회로소자가 부착된 PCB (Printed Circuit Board)를 포함한 구동 회로부, 셋째는 백라이트를 포함한 새시 구조물이다. 이들로 구성된 조립품들은 통상적으로 TFT-LCD 모듈이라고 한다. TFT-LCD 모듈은 노트북 PC, TV, 모니터와 같은 시스템에서 디스플레이 기능을 담당하는 하나의 서브 시스템이다.

TFT-LCD 모듈 제조공정



TFT : Thin Film Transistor, C/F : Color Filter, BM : Black Matrix
 RGB : Red Green Blue, ITO : Indium Tin Oxide

TFT-LCD 모듈 제조공정

제품군	기술과제	주요 R&D 활동
노트북 PC 	경량/박형 저 소비전력	▶박형 Glass, 고밀도 실장, Plastic Substrate, 박형 Backlight ▶투과율 향상, 고효율 Backlight 개발, 저전력 구동기술
모니터 	광 시야각 고 휘도화 대 면적화 저 가격화	▶UV 배향 기술, IPS Mode 개발, Vertical Alignment Mode 개발 ▶고 투과 Color filter, 고 개구율 기술 ▶저 저항 배선재료, 고속응답속도 LCD ▶구동회로 일체화, Mask수 저감
응용제품 	내 환경성 초 고해상도 고 신뢰성	▶Car/Avionics 向 Display : 광 온도 LCD(-35°C~80°C), 광 입력 ▶저온 Poly-Si TFT LCD, Digital X-ray Detector 기술 ▶3D Display, Egip, 기타 반사형 LCD

B/L : Back Light, IPS : In Plane Switching, VA : Vertical Alignment, C/F : Color Filter
 DXD : Digital X-ray Detector, EGIP : Electro Graphic Input Panel

TFT-LCD 모듈 연구 개발 과제

TFT-LCD 모듈의 제조공정은 크게 유리 기판에 박막 트랜지스터를 배열하여 제작하는 TFT 공정과, TFT 하판과 컬러 필터가 형성된 상판에 배향막을 형성하고, 배향막에 액정이 잘 정렬할 수 있도록 배향을 한 후, 스페이서를 산포하고 실(Seal) 인쇄를 하여 합착, 모세관현상을 이용하여 액정을 내부에 주입하는 셀 공정, 그리고 액정이 주입 완료된 완성된 패널에 상·하 편광판과 드라이브 IC 및 구동회로 기판을 부착하고 액정의 주변 기구물을 부착한 후, 반제품 상태에서 액정 균일화 및 신뢰성 테스트를 위한 60°C 챔버에서 4~5 시간 에이징을 실시한 후 검사를 거쳐 포장, 출하하는 모듈공정으로 구분된다. 이 중 TFT 공정은 반도체 제작 공정과 매우 유사하며, 증착 공정(deposition) 및 사진식각공

정(Photolithography), 식각공정(Etching)을 반복하여 유리기판 위에 박막 트랜지스터를 배열하여 제작하는 공정으로 웨이퍼 대신에 유리를 사용한다는 점에서 반도체와 다르며, 반도체 공정은 1,000°C 정도의 공정 온도를 갖는 반면 TFT 공정은 유리기판을 사용하기 때문에 300~500°C의 공정온도를 유지해야 하므로 오히려 반도체보다 까다로운 기술이다.

연구 · 개발 동향

1990년대 이후 TFT-LCD에 대한 연구는 대 면적화, 광 시야각, 고 개구율화 등에 중점을 두고 진행되었다. 현재 TFT-LCD는 노트북 PC를 석권하였으며, 데스크 톱용 모니터로의 채용이 점차적으로 증대되고 있다. 그러

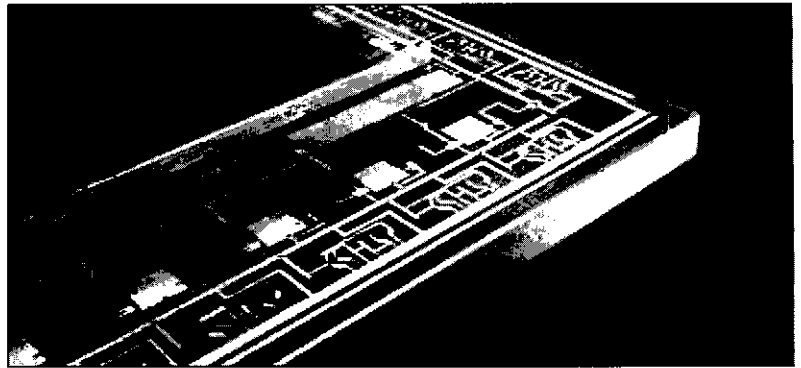
나 LCD 산업을 비약적으로 늘리기 위해서는 네트워크 시대의 물결을 타고, 새로운 수요 창출을 위하여 LCD 용도를 확대하여야 한다. 네트워크 시장의 진전은 눈부시다. 예를 들어 여행의 각종 쿠폰과 항공권 예약, 콘서트와 영화표 매매, 쇼핑, 증권거래 등 매우 다양하다. 특히 주목해야 할 점은 모바일 기기를 사용한 전자상거래이다. 이러한 모바일 환경에서는 네비게이션, 휴대기기, 컴팩트 PC, 게임기, 전자북이라는 용도별로 구분된다. 각각에 요구되는 TFT-LCD패널 성능은 조금씩 다르지만 공통되는 박형, 경량, 저 소비전력이 요구된다. 오피스 환경에서는 노트북 PC, 데스크 톱 PC 모두 고정세가 요구된다. 가정 환경에서는 특히, AV와 PC가 융합된 AVC향이 중요하다. TFT-LCD 패널 화면 대각

치수는 15 인치에서 30 인치 정도까지로, TV와 PC를 조작하고, 게임기와 DVD 플레이어에도 연결된다. 이 영역에 있어서 TFT 패널은 고속응답, 광 시야각, 높은 색 재현성, 고 휘도 등의 고성능이 필요하다.

이러한 요구 성능에 대응하기 위한 단기적 기술 로드맵을 각 용도별로 살펴보면 PC용도 화면 대각 치수와 화소수는 11~15 인치까지의 패널이 사용되고 화소수가 현재보다 2그레йд 정도 올라갈 것으로 예측된다. 데스크톱 PC 또는 LCD 모니터는 15, 18 인치가 중심이 되어 화소수는 SXGA+에서 UXGA, XGA 4배 사이에, 20 인치 이상은 UXGA 이상으로 대형, 고정세화해 간다. 응답 시간은 현재 25 ms에서 15 ms로, 1~2 년 후에는 CRT에 필적하는 5~8 ms까지 고속화한다. 휘도와 소비전력은 노트북 PC의 경우 150 cd/m²로 충분하지만 소비전력은 현재의 1/3~1/4로 저감하지 않으면 안된다. 데스크톱 PC는 밝기가 요구되므로 휘도는 250 cd/m²로 올릴 필요가 있으며, 소비전력은 현재의 1/3 정도인 10 W가 될 것으로 보고 있다.

이밖에 다양하게 상품화되고 있는 응용제품에서는 적용되는 각각의 상품에 필요한 내 환경성(온·습도, 진동, 충격), 고 신뢰성, 초 고정세화, 대화면화 등의 기술들이 개발 또는 적용되고 있다.

이에 LCD 각 사는 위의 각 제품군별로 적용될 TFT, 셀/광학,



저온 다결정 실리콘

회로 등 각 분야에서 수많은 기술 개발에 힘쓰고 있으며, 이러한 기술들은 가까운 시일 내 제품으로 구현될 것이다.

아래는 현재 적용 중이거나 개발중인 TFT-LCD 주요 기술들에 대한 개략적 설명이다.

저온 다결정 실리콘

현재 프로젝션용 표시장치를 제외한 TFT-LCD 제품의 대부분은 비정질 실리콘(a-Si) TFT가 화소용 스위치로 적용되고 있지만, 최근 들어 엑시머 레이저(eximer laser) 결정화 기술의 발전에 힘입어 저온 다결정 실리콘(poly-Si) TFT를 이용한 LCD에 대한 연구개발이 활성화되고 있다. 열에 잘 견디는 반도체 웨이퍼의 경우에는 공정이 비교적 온도에 대해 자유롭지만, 유리를 기판으로 사용하는 LCD의 경우에는 저온(450°C 이하)에서 반도체 공정을 진행해야 하기 때문에 그 만큼 고려해야 할 변수가 많은 고난도의 기술이다.

a-Si TFT에 비해 poly-Si TFT는 소자의 캐리어 이동도가 100배 이상으로 매우 높기 때문에 화

소용 스위치뿐만 아니라 게이트 구동회로 드라이브 IC 및 데이터 구동회로 드라이브 IC를 유리기판 위에 구현할 수 있어서 별도의 반도체 드라이브 IC를 사용하지 않고 직접 유리기판에 제작함으로써 생산원가를 절감할 수 있는 기술이며, 또한 poly-Si의 높은 이동도로 인하여 픽셀에서 소자의 크기를 대폭 감소시킬 수 있기 때문에 화질에 영향을 미치는 feed through 전압을 줄일 수 있고, 저장용 capacitance를 줄임으로써 개구율의 향상 및 고해상도를 실현할 수 있는 등 a-Si TFT에 비해 많은 장점이 있다. 특히 전술한 구동회로의 내장 능력은 궁극적으로 제조원가를 낮추어 가격 경쟁력에서 월등한 우위를 점할 수 있는 기술이다.

일본의 세이코-엡슨, 산요 등이 1995년 2~3 인치 급의 중·소면적을 중심으로 제품을 개발하여 양산을 시작하였다. 최근에는 Toshiba와 LG.Philips LCD(주)에서 대면적 중심의 기술개발을 추진하여 1998년 Toshiba가 13.3 인치 XGA를 선보였으며, 1999년부터 미니-노트북 PC용

으로 10.4 인치 XGA를 양산하고 있다. LG.Philips LCD(주)도 1998년 12.1 인치 XGA를 개발하여 세계를 놀라게 하였으며, 양산화를 위한 적극적인 연구개발 및 사업활동을 전개하고 있다.

유기 절연막(BCB) 기술

BCB라는 유기 절연막을 층간 절연막으로 사용함으로써 블랙 매트릭스 면적을 줄여 개구율을 높이는 기술로서 빛의 투과 면적을 크게 하여 기존 제품보다 더욱 밝은 화질을 얻을 수 있으며, 투과율 상승에 의하여 휘도를 그대로 유지할 경우 램프 관 전류가 상대적으로 낮아져 저 소비전력이 가능하다.

사이드 마운팅(Side Mounting) 기술

TFT-LCD의 부착 방법을 근본적으로 바꾼 기술로서 기존의 프론트 방식에 비해 부착 부위의 부피가 대폭 줄어들어 제품의 초 컴팩트화를 가능케 한 기술이다. 동일제품에 비해 유효화면이 더 넓은 TFT-LCD가 장착 가능하다.

글래스 에칭(Glass Etching) 기술

TFT-LCD의 상·하 유리기판을 식각함으로써 0.7 mm였던 유리기판 두께를 0.5 mm로 줄여 초 슬림화를 달성함과 동시에 무게도 더욱 가벼워져 LCD채용 제

품의 휴대성을 더욱 강화한 기술이다.

EGIP(Electro Graphic Input Panel)

위치감지 소자를 직접 TFT-LCD에 내장시켜 기존 방식에 비해 컴팩트한 디자인이 가능하며면서도 제품의 생산비용을 크게 낮출 수 있게 하는 기술로, 외부 입력신호를 인식하여 시스템에 전달할 수 있도록 전극 등을 내장한 편광판(Polarizer)을 사용한다.

COG(Chip on Glass)

반도체 웨이퍼 상태에서 IC 패드 위에 도전성 범프가 형성된 드라이브 IC를 글래스 위에 직접 접속시키는 IC 조립기술로서 글래스상의 직접 실장에 의한 접속점 감소(70%)로 고 신뢰성·PCB등의 회로감소로 경량화 및 스페이스 증가로 박형화가 가능하다.

CLC(Cholesteric Liquid Crystal) Polarizer

편광판에 반사된 광의 방향을 바꾸어 다시 통과하게 하는 것으로, 광의 활용도를 대폭적으로 개선하여 소비전력을 지금의 1/3~1/4 수준으로 낮추어 사용시간을 3~4배 연장할 수 있다.

저 저항 배선재 (Low Resi-

stance Material)

저 저항인 게이트/소스 메탈을 사용하여 신호왜곡 없이 화면전체에 신호가 제대로 전달하게 하는 기술로서 고 해상도, 대 화면 모델에 적용 가능하다.

고효율 백라이트 기술(High Efficiency Backlight)

백라이트 시트 중 프리즘 시트 1 매를 제거하고 대신 도광판을 프리즘 형상으로 만들어 광효율을 높여 휘도를 상승시킬 수 있다.

1960년대 계산기, 손목시계용으로 제품화되기 시작한 LCD는 현재는 주로 노트북 PC에 채용되면서 점차 데스크 톱 PC의 모니터용으로 사용이 확대되고 있고, 앞으로 그 응용분야의 한계가 무한하게 펼쳐질 것으로 기대되며, 또한 이에 맞추어 새로운 기술이 지속적으로 개발되고 있다.

향후 TFT-LCD는 노트북 PC, 데스크 톱 모니터 등 오피스 환경뿐만 아니라 가정용 TV, 의료용 모니터와 차량용 네비게이션 시스템, Avionics, 미니-노트북 PC, Hand Held PC와 같은 개인 휴대용 네비게이션 시스템은 물론, 군사용, 우주 과학용 등 무한의 환경에서도 높은 신뢰성과 작은 부피, 환경 친화적인 성향으로 많이 사용되면서 디스플레이 디바이스로서의 위치를 확고히 하게 될 것이다.