

# 평판디스플레이(FPD) 기술의 종류 및 최신 동향

주병권 전기·전자·전파공학부 교수(bkju@korea.ac.kr)  
서정훈, 권재홍, 신상일 고려대학교 공과대학 전기전자공학과

FPD(Flat Panel Display)란 정보 디스플레이 중 두께가 수 cm, 작게는 mm에 불과하고 화면대각길이 1/4 이하의 두께를 갖는 평평한 박형의 디스플레이를 말한다. 디스플레이의 대표적 제품인 브라운관은 고정세화, 대화면화 및 평면화 등의 기술혁신으로 고 성능화가 진행되고 있고, 비용 대비 효과가 가장 우수한 디스플레이로서 확고한 위치를 구축하고 있지만, 수 년전부터 브라운관에서는 실현하지 못하는 박형, 경량, 저 소비 전력 등의 면에서 이점을 가진 LCD, PDP, FED등의 FPD가 급속한 기술혁신을 배경으로 브라운관의 위치를 위협하고 있다. 이러한 FPD는 저 Noise, 저 전력, 저 Space화 시대인 21C 사회의 정보전달 매체로 각광을 받고 있다. FPD는 발광형(Emissive Type)과 수광형(Non-Emissive Type)으로 나누며, 수광형에는 LCD, 발광형에는 PDP, OLED, FED, LED, VFD(Vacuum Fluorescent Display) 등이 있다. 또한 LCD, PDP 등의 뒤를 잇는 미래형 디스플레이로는, 플라스틱과 같이 얇은 기판에 구현한 전자종이, 기존 LCD 등 2차원 디스플레이 기술을 대체할 수 있는 3차원 디스플레이가 있으며 이에 대한 상용화 연구가 활발하게 진행되고 있다.

## 01

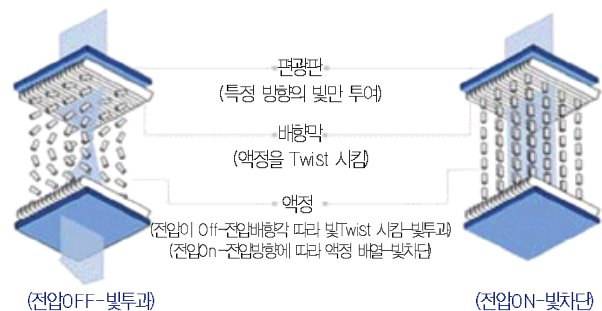
## LCD(Liquid Crystal Display)

### (1) 구동 원리 및 구조

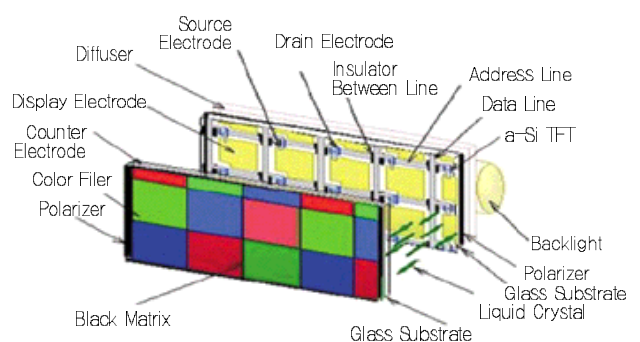
LCD는 액체와 고체의 중간특성을 가진 액정의 전기·광학적 특성과 편광판의 편광성질을 이용하여 통과하는 빛의 양을 조절함으로써 정보를 표시하는 첨단 디지털 디스플레이 소자이다(그림 1) 참조). CRT와는 달리 자기 발광성이 없어 후광(Back Light)이 필요하지만 동작 전압이 낮아 소비전력이 적고 휴대용으로 쓰일 수 있어 핸드폰, 컴퓨터 등에 널리 쓰이고 있다.

① TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)  
TFT-LCD는 <그림 2>와 같이 Color Filter와 TFT가 형성된 두

장의 유리기판과 그 사이에 주입된 액정 그리고 광원인 Back Light Unit으로 구성되어 있다.



<그림 1> LCD기본구조 및 구동원리



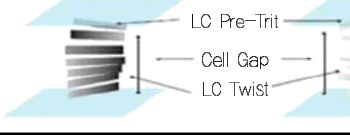
<그림 2> 능동 방식형 TFT-LCD 구조와 등가회로

TFT는 액정을 제어하기 위해 초박형 유리기판 위에 반도체막을 형성한 회로로서 이 회로는 영상의 기본단위인 화소(Pixel)를 하나 하나 제어하는 역할을 한다. Color Filter는 빛의 삼원색인 R, G, B 화소가 유리기판위에 코팅되어 컬러영상을 구현하는 역할을 한다.

TFT와 Color Filter 사이에 빛의 투과율을 조절하는 액정을 주입하면 LCD패널이 완성되며, 여기에 광원이 되는 Back Light Unit, 영상신호를 전달하는 Driver-IC와 PCB, 그리고 케이스가 조립되면 TFT-LCD 모듈이 완성된다. TFT-LCD는 스위치가 On 되는 시간에 원하는 전압을 화소에 공급 후 스위치가 off 되는 시간에는 화소가 완전히 고립되어 다음 스위치가 On되는 시간까지 원하는 전압을 유지하는 active소자이다. TFT-LCD는 사용되는 반도체 층에 따라 a-Si TFT-LCD, poly TFT-LCD, CdSe TFT-LCD로 구분되며 현재에는 대 화면화가 쉽고, 안정성이 높은 a-Si TFT-LCD가 주류를 이루고 있다. 수동 구동형(TN, STN)과는 달리 각 화소를 직접구동하기 때문에 Contrast, 해상도, 시야각, 응답속도 등에서 훨씬 우수한 특성을 나타낸다.

## ② TN, STN-LCD(Twisted Nematic, Super Twisted Nematic-Liquid Crystal Display)

Common 전극과 Data 전극을 XY형태로 배치하고 그 교차 부분에 순차적으로 신호를 가하여 Display 하는 방식이다. 표시량이 많은 용도에 STN, 시계, 계산기 등 표시량이 적은 용도에 TN이 사용된다. TN-LCD는 On/Off 상태에 따라 액정의 분자배열이 90°의 Twist Angle을 가지며 이로 인하여 시야각이 좁아 정보량 표시에 한계가 있게 되나 STN-LCD는 TN-LCD의 단점(적은 표시정보량과 좁은 시야각)을 개선하기 위하여 제안되었으며 TN과 동작원리는 같지만 다만 비틀림각을 더 주었다는 것이 특징으로(90°→240°) 전기광학적 특성의 경사도를 향상시킨 것이다(그림 3)). STN-LCD는 위상차판을 이용하여 바탕색을 보상함으로써 B/W가 가능하며, 컬러필터를 사용하여 컬러화도 가능하다.

	TN	STN
LCD Structure		
Twist Angle	90°	240°
Display Mode	Black on Gray Gray on Black	Yellow-mode : Dark Blue on Yellow Blue-mode : White on blue Purple on Gray

〈그림 3〉 수동 방식형 매트릭스 TN-LCD, STN-LCD 동작원리

## (2) 기술 동향

LCD의 기술동향은 크게 대 화면화, 광 시야각 향상기술, LTPS(Low-Temperature Poly-Si) TFT 기술, Back Light

Unit(BLU) 기술, Flexible TFT-LCD기술 등으로 대변된다. 2004년 Sharp사가 65인치 LCD TV를 발표한 후, 삼성전자가 지난해 초 82인치 LCD를 CeBIT전시회에서 발표, 올해 초에는 다시 Sharp사가 CES 2007 Conference에서 108인치 HD LCD TV를 전격 공개하는 등 대형화 기술에 대한 업체간 경쟁이 치열해지고 있다(그림 4)).

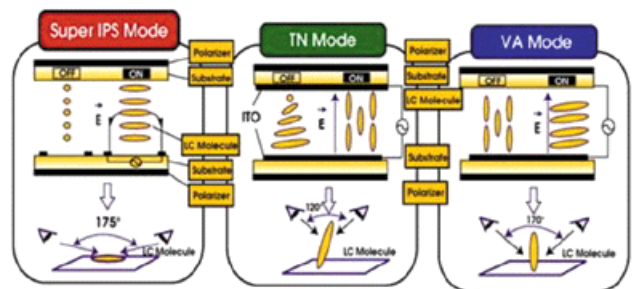


〈그림 4〉 세계 최대 108인치 LCD TV

시야각 개선의 경우 휴대폰, PDA 등 소형기기에서도 이러한 요구가 커지면서, PVA를 모바일 기기에 적용한 'mPVA', IPS 모드인 AS-IPS기술, FFS 기술인 AFFS 등 여러 기술이 적용되어 중소형 LCD 패널의 단점을 개선하고 있으며, 액정의 응답속도를 개선하기 위해 액정에 가해지는 전압을 순간적으로 Overdrive 하는 방법 등이 보고되고 있다.

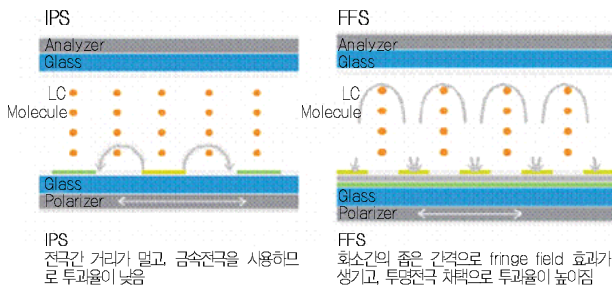
## ① 광시야각 향상 기술

기존의 TN방식은 시야각이 120°~140° 정도로 측면에서의 이미지 및 색 왜곡 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하는 광시야각 향상 기술로는 액정을 기판과 평행하게 회전시켜 170° 이상의 넓은 시야각과 우수한 Contrast, 광보상 필름의 불필요, 전극가공의 용의성을 획득한 IPS(In-Plane Switching) 방식, 수직 배향된 Cell에 유전율 이방성이 양(+)인 액정을 응용하여 기존 IPS방식에 비해 Contrast와 휘도특성이 높고 Rubbing 공정이 필요없어 공정을 단순화시킨 VA방식(Vertical Alignment)(그림 5)). 그리고 IPS기술



〈그림 5〉 다양한 광 시야각 기술

과 유사한 수평 전계 방식의 셀 구조로 상하 기판의 셀 간격과 전극 간의 간격을 최소화하는 방식으로써 모든 방향에서 Color Shift가 없고 우수한 색 재현성, 압력 등의 외부충격에 강하며 시야각이 거의 180°에 이르는 응답속도가 매우 빠른 FFS(Fringe-Field Switching)방식 등이 있다(그림 6)).



〈그림 6〉 IPS와 FFS의 액정비교

## ② LTPS(Low-Temperature Poly-Si) TFT 기술

현재 저 해상도의 LCD제품에서는 a-Si TFT가 스위칭 소자로 주로 이용되고 있지만 150 ppi 이상의 고해상도를 요구하는 기기에서는 IC 및 FPC 패키징 공정시 Connection Pitch의 감소로 인한 수율 저하와 신뢰성 등의 문제점들이 발생하여 구동회로를 기판상에 내장할 수 있는 LTPS TFT 기술이 요구되고 있다. LTPS TFT를 적용할 경우, Data Line의 수를 1/2에서 1/6까지 줄일 수 있고 기존의 a-Si TFT 보다 이동도가 약 100배 빨라 작은 면적을 갖는 스위칭 소자의 구현이 가능하고 이로 인해 높은 Aspect Ratio를 구현해 낼 수 있다. 또한 고해상도, 저 전력의 LCD구현을 위해서는 LTPS TFT의 개발이 필수적이다. 하지만 LTPS 기술이 향후 주도적인 기술로서 자리잡기 위해서는 Driver IC를 모두 내장한 형태인 SOG형 제품개발이 필수적이며 이를 위해서는 현재 Si의 결정화시 주로 사용되고 있는 ELA(Excimer Laser Annealing) 기술 등의 추가적인 기술 향상이 요구된다.

## ③ Backlight Unit(BLU) 기술

현재의 TFT-LCD의 광원으로 사용되는 BLU의 종류에는 음극 형광램프(CCFL), 외부전극 형광램프(EEFL), 면광원(FFL), 발광 다이오드(LED), 열극형 형광램프(HCFL), 그리고 전계방출램프(FEL) 등이 있다. 노트북 및 PC 모니터에 사용되는 BLU는 현재의 기술로도 충분히 구현이 가능하나 향후 대화면 및 수은 규제에 따른 친환경적 무수은 BLU개발이 점차 요구됨에 따라 FEL과 LED와 같은 BLU 기술개발이 요구된다.

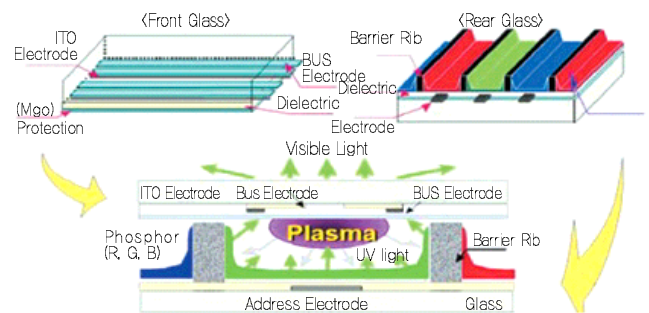
## ④ Flexible TFT-LCD 기술

LCD방식의 능동구동형 플렉시블 디스플레이는 일반적으로 패널 내에 존재하는 스위칭소자의 종류에 의해 분류될 수 있다. 현재 a-Si TFT기술은 기술 성숙도에 있어 다른 기술보다 우위에 있다고 할 수 있으나 플렉시블 디스플레이에 있어서는 큰 장점이 없다. 이는 a-Si TFT의 성능이 poly-Si TFT에 비해 매우 뒤떨어지고 최근에는 Pentacene을 이용한 OTFT보다 그 성능이 뒤떨어지기 때문이다. 또한 a-Si TFT 기술은 그 성능에 비해 OTFT기술보다 많은 공정이 요구되고 있으며 고분자 기판과 무기물의 열적 특성 사이에서 나타나는 잔류 응력 및 흰 상태에서 발생하는 외부 스트레스에 대한 응력에 대한 영향이 크기 때문에 이를 극복할 기술이 요구된다.

## 02 PDP(Plasma Display Panel)

### (1) 구동 원리 및 구조

PDP(Plasma Display Panel)는 〈그림 7〉와 같이 Plasma를 이용하여 문자나 영상을 표시하는 장치이다. 특히 PDP에서는 글로우 방전을 사용하고 이러한 글로우 방전을 통하여 생성되는 진공 자외선(Vacuum Ultra Violet)이 Red, Green, Blue의 형광체를 여기시켜 우리 눈으로 볼 수 있는 가시광으로 영상을 표시하는 장치이다. PDP의 구조를 세부적으로 살펴보면 패널은 전면과 배면유리 기판으로 구분되어 있다.



〈그림 7〉 PDP의 구조 및 원리

우선, 전면 기판위에는 전극, 유전층, 보호층이 있고, 배면 기판 위에는 어드레스 전극, ITO(Indium Tin Oxide) 투명전극, 유전층, 격벽 형광체 등이 있으며, 밀봉된 두 기판의 내부에는 방전기체가 채워져 있다. ITO투명 전극은 투명 전극의 비교적 큰 저항 값을 보상하여 모든 방전셀에 거의 같은 전압이 인가되도록 하는 역할을 한

다. 투명 유전층은 방전 전류를 제한하여 글로우 방전을 유지하고 벽 전하 축적을 통해 메모리 기능과 전압을 저하 시키는 역할을 한다. 이때 높은 내전압과 높은 가시광 투과율이 요구된다. 보호층은 이온충돌로부터 투명 유전층을 보호하고 이차 전지방출로 방전 전압을 낮추는 역할을 하며, 일반적으로 MgO가 사용된다. 하판 유전층은 Address 전극을 보호하는데 절연 파괴 강도가 높고, 광 반사율이 높아야 한다. 격벽(Barrier Rib)은 방전 셀마다 일정한 방전 공간을 확보하여 RGB형광체가 섞이지 않도록 격리하는 역할을 하며, 전면적으로 균일한 높이로 맨 위층에는 Contrast 향상을 위한 검은 층을 형성한다. 형광층은 방전을 통해 생긴 (진공)자외선을 받아 각각 RGB 가시광으로 변환, 방출시키는 역할을 한다. 이때 광 변환 효율은 우수한 휘도, 색순도는 높은 색 재현성을 좌우하게 된다.

## (2) 기술 동향

현재 PDP기술 개발에 있어 가장 중요한 과제는 화질과 비용을 해결하는 것이다. PDP의 높은 소비전력을 개선하기 위해 고효율화, Contrast, Peak 휘도 등을 개선하고 있으며 고화질화 및 보급 활성화를 위한 저가격화 문제도 꾸준히 연구가 진행되고 있다(그림 8)). 최근 부각되고 있는 환경적인 문제를 대비하기 위해 친환경적인 재료의 연구 및 개발이 추진되고 있다.

첫째, 고효율화를 달성하기 위해 PDP방전 매커니즘의 정확한 이해를 통한 고효율 방전모드 개발, 방전셀의 최적화, 형광체 면적 최적화 및 고효율 형광체 개발, 새로운 구동방식의 개발 등이 필요하다. 후지쯔사는 형광체의 도포면적이 상대적으로 작은 인접셀의 Priming 효과에 의한 오방전 발생 가능성이 높다는 지적에 따라 Meandering Type 격벽을 이용한 Delta 구조를 제시했고, 파이오니아에서는 직사각형 격벽 구조를 가진 Waffle Type의 격벽 구조를, 삼성SDI는 육각형의 벌집구조를 지닌 Hexa 구조를 제안했다. 둘째, 고화질화는 고속 구동기술 개발에 의한 동화상 PDP HD 구현과 동영상 고화질화, 이미지 고착 방지기술을 통해 이루어 질 수 있다.

PDP의 경우 빛이 있는 곳에서의 반사율이 LCD에 비해 높아 Contrast가 떨어지기 때문에 이를 개선하기 위해 패널 배경광을 줄이는 방법, 셀의 효율을 높이는 방법, 주변반사광을 줄이는 방법 등이 연구되고 있다. 셋째, 저가격화를 위해 전체 가격의 50% 이상을 차지하고 있는 스캔 및 데이터구동 IC의 가격을 낮추기 위한 연구가 진행 중이다. 이에 LG전자에서는 기존의 듀얼스캔 방식에서 소자의 수를 절반 이하로 줄인 싱글스캔 기술을 50인치급 TV에 적용함으로써 가격을 크게 절감시켰다. 또한 제조공정의 저가격화 및 수율



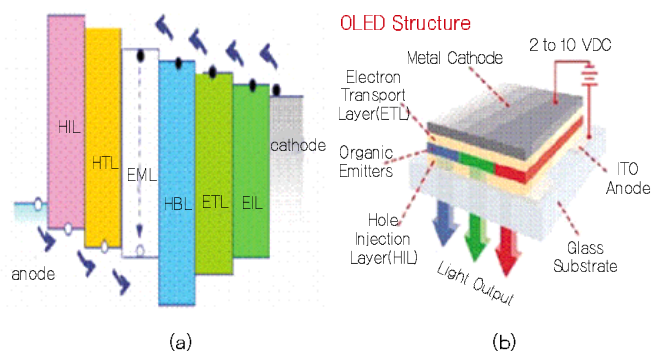
〈그림 8〉 Panasonic社가 Display 2006에 발표한 103인치 Full HD PDP

향상이 이루어져야 하며, 새로운 재료개발을 통한 PDP 재료의 저가격화 등도 동시에 연구되고 있다. 마지막으로 향후 다가올 환경규제에 대비하기 위해 친환경 소재의 개발이 요구된다.

## 03 OLED(Organic Light Emitting Diode)

### (1) 구동 원리 및 구조

OLED는 신호등에 널리 쓰이는 LED 발광장치와 마찬가지로 n-type 층과 p-type 층의 계면에서 전자와 홀이 만나서 나오는 빛으로 발광하는 장치로서 발광 층이 무기물인 LED에 대비하여 유기 EML 디스플레이라고 불린다. OLED의 발광 원리를 간단히 설명하면 〈그림 9〉(a)와 같이 양극에서 주입된 정공과 음극에서 주입된 전자가 발광층에서 재결합하여 여기자(Exciton)를 형성하면 여기자가 안정된 상태로 돌아오면서 방출되는 에너지가 빛으로 변하여 발광을 하게 된다. 그러나 이와 같은 단순구조에서는 정공과 전자의 발광영역으로의 주입 효율이 층간의 에너지 차이로 인하여 그다지 높지 않기 때문에 보다 많은 정공과 전자의 재결합을 얻어 효율을 높



〈그림 9〉 OLED의 구조

이기 위하여 <그림9>(b)와 같이 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 주입층, 전자 수송층 등을 삽입하게 된다.

OLED는 쓰여지는 재료, 구동방식, 발광방향 등에 따라 여러 종류로 구별된다. 우선, OLED는 구동 방식에 따라 수동형(PM) OLED와 능동형(AM) OLED로 나누어진다. PM OLED는 X-Y 단 순 매트릭스로 구성되어 제작 단가가 싸다는 큰 장점이 있으나 각 라인을 펄스로 Duty 구동을 하여야 하기 때문에 높은 순간 휘도가 필요하고 따라서 소비전력이나 수명, 그리고 해상도가 제한이 되기 때문에 휴대폰 외부창과 같은 소형 디스플레이에 적합하다. AMOLED는 각 화소마다 박막트랜지스터(TFT)와 데이터를 저장할 수 있는 커패시터가 있어서 필요한 전류를 지속적으로 흘려주어 DC적으로 동작되기 때문에 소비전력이나 수명, 그리고 해상도 측면에서 수동형 대비 많은 장점이 있으나 한가지 단점이라면 박막트랜지스터의 제작을 위한 투자가 필요하며 따라서 투자비 및 제조 비용이 상대적으로 많이 든다는 단점이 있다. 둘째, OLED는 재료에 따라 고순도 및 색순도가 우수한 반면 소재의 이용효율이 떨어지고 고가의 공정비용을 필요로 하는 저분자 OLED와 간단한 공정에 의한 박막제작이 유리하고 저렴한 생산비용이 들지만 분자량 제어 및 고순도화에 어려움이 있고 재료의 신뢰성이 확립되지 못한 고분자 OLED로 나뉜다. 셋째, OLED는 발광방향에 따라 높은 개구율에 따라 수명이 향상되고 색차표가 향상되는 반면 투명 봉지 기술이 부족한 전면발광(Top Emission) 방식과 공정기술이 확립되고 봉지기술이 간단하지만 개구율이 전면발광에 떨어지는 배면발광(Bottom Emission) 방식으로 나누어진다. 마지막으로 발광기구에 따라 형광과 인광으로 나눌 수 있다.

## (2) 기술 동향

먼저, OLED에서 R-G-B 컬러 형성을 구현하는데 주요기술은 RGB 각각의 발광층을 이용하는 방법과 백색 발광층을 형성하고

RGB 컬러필터를 사용하는 방법, 청색발광층을 형성하고 청색을 녹색과 적색으로 변환하는 색 변환 물질을 사용하는 방법, 마지막으로 넓은 색 스펙트럼을 갖는 발광층에 대해 광학적 메커니즘을 사용하여 RGB로 변환시키는 방법, 마지막으로 한 개의 부화소가 RGB를 선택적으로 생성시키는 방법 등이 있다. 현재는 삼색발광법에 의한 OLED 제품이 주류를 이루고 있으나 Metal Shadow Mask 사용시 해상도와 Display 사이즈를 확대하는데 한계가 있다.

이에 따라 Metal Shadow Mask를 사용하지 않는 백색법과 색변환법이 대두되었지만 업체들 사이에서는 삼색발광법을 최선의 방법으로 거론하고 있으며 몇몇 업체들의 경우 삼색발광법과 백색법을 사용하여 제품을 출시하고 있다. 백색법은 LCD 디바이스와 유사한 구조를 가지는 방법으로 삼색발광법에 비해 컬러필터에 대한 추가적인 비용이 발생하지만, 수율이 높으며 최종비용은 거의 비슷하다. OLED의 실용화를 위한 발광특성을 고려할 때 청색재료의 경우 발광효율은 실용화에 근접하지만 수명에 문제가 있다(표 1)). 또한, 현재 OLED는 고해상도의 그레이 스케일 구현을 위해 수동 구동형에서 능동 구동형으로 전환되고 있으며 아울러 유연성 있는 Display로서 유리기판이 아닌 플라스틱 기판 위에 유기 구동회로와 함께 집적시키기 위한 전체 유기물형 Display 개념으로 기술이 접근 중이다. 유기 재료의 접착력에 큰 영향을 미치는 TEC(Thermal Expansion Coefficient)와 가격, 유연성, 중량 등에서 플라스틱 기판이 강점을 갖고 있으나 습기나 산소의 침투방지, 물리적인 강도, 공정 온도 및 열에 대한 내구성, 투명성 등에 있어서는 유리기판이 상대적으로 유리하다. 그리고 Flexible Display의 등장은 새로운 애플리케이션 분야의 확대를 의미하며 이는 Display 시장확대의 계기, 무엇보다도 Flexible Display는 Roll-to-Roll Processing을 사용 가능함에 따라 현재 평면패널에 사용되고 있는 Batch Processing과 비교하여 볼 때 상당한 비용우위의 효과가 있다. GE와 Dupont 등의 업체를 중심으로 2004년부터 적극 투자를 통한 상

〈표 1〉 주요 OLED Color 구현방식

구현 방법	삼색 발광법	백색법	색변환법
Company	Pioneer, NEC, Sanyo, Sony, Samsung SDI	TDK, Sanyo, Rohm, Toyota	Kodak, Fuji, DNP, IdeMitsu, Kosen
장 점	- High Contrast - High usability of emission	- LCD용 컬러 필터 사용 - 사이즈 확대 편이 - 높은 색순도 구현	- 고효율, 고 시야각 - 높은 색순도 구현
단 점	- 고휘도 및 사이즈 확대 어려움 - 재료의 낮은 효율성	- 컬러 필터에 의한 낮은 휘도	- 낮은 컬러변환율 - 고효율 청색재료 요구
과 제	고효율, RGB발광재료, 미세가공	백색 EL 효율향상, White balance	적색 변환재료 개발

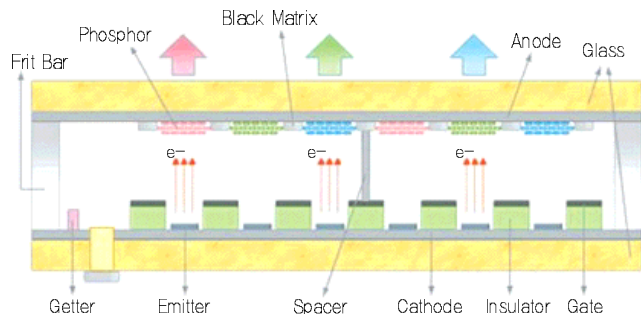
업화에 노력 중이다. 마지막으로 대화면용 OLED는 화질이나 소비 전력으로 인해 수동 구동형보다는 능동 구동형으로 진화하고 있으며, 이 때 기존의 형광 재료에 비해 4배 정도의 효율을 갖는 인광 재료가 요구된다. 2008년경에는 고분자 OLED의 수명시간도 10,000 시간 이상으로 확대될 것으로 전망됨에 따라 OLED의 사용처는 다양한 애플리케이션으로 확대될 전망이다.

## 04

### FED(Field Emission Display)

#### (1) 구동 원리 및 구조

FED(Field Emission Display)는 전기장에 의해 전자 방출원로부터 방출된 전자가 발광물질에 부딪치게 하여 빛을 내도록 하는 <그림 10>과 같은 구조를 가지고 있다. 구동원리는 다음과 같다. 게이트와 캐소드의 양단에 일정한 고전압이 인가되면 게이트와 팁의 첨점 사이에 강한 전계가 형성되고, 그 전계가 임계값을 넘으면 팁의 첨점부분에서 진공으로 전자가 방출된다. 방출된 전자들은 진공을 통과해서 게이트보다 높은 고전압이 인가되어 있는 애노드 쪽으로 가속된다. 가속된 전자는 애노드 전극판에 얇게 도포되어 있는 형광물질과 충돌하여 빛을 발생시킨다.



<그림 10> FED의 구조

#### (2) 기술 동향

삼성은 최근 대면적 및 가격경쟁력을 이유로 물리브텐 팁형에서 탄소나노튜브를 이용하는 쪽으로 방향을 선회했다. 삼성에서 2002년에 발표한 32인치급 3극형 CNT-FED는 후막 프린팅 공정에 의한 대화면, 저가격화를 특징으로 하고 있다. 현재 30~40인치 Color 패널을 개발 중이며 <그림 11>(a)는 2006년 초 삼성SDI에서 제작한 30인치 이상의 CNT-FED 디스플레이의 구동모습이다. LG의 경우는 저전력 저가격을 특징으로 하는 고유의 모델을 개발하고

있는데, 특히 MIM구조 및 CNT 전자 방출원과 레이저를 이용한 진공패키징에 독창적인 아이디어를 가지고 있다. Canon社は 1996년부터 후막 프린팅 및 잉크젯 공정을 모체로 하여 저가격의 대형 SED(Surface-conduction Electron-emitter Display)를 개발하여 왔으며, SED의 구조를 갖는 55인치 시제품을 선보이며 시장에 진출했다(<그림 11>(b)). 이 기술은 후막 공정의 적용과 리소그래피를 사용하지 않았다는 점에서 대면적, 저가격 FED 기술로서 경쟁력이 있다고 볼 수 있으며, SED 패널은 대면적-저가격에 유리할 뿐 아니라 휘도(500 cd/m<sup>2</sup>이상)와 대소비(1000:1 이상)에서도 강점이 있다. 현재 SED는 잉크젯 프린팅 방식의 제조공정을 채택해 제조원가를 절감했다. SED 합작회사는 2005년 8월에 50인치급 제품의 양산을 시작으로 FPD 분야에서 2010년경 20~30%의 세계시장 점유를 목표로 하고 있다.



(a) 삼성 SDI의 CNT-FED 영상과  
(b) SED의 구조와 55인치 시제품

FED 디스플레이는 소형에서부터 대형에 이르기까지 기술적으로 제작이 가능하다. 이것을 실현하기 위해서는 다음과 같은 문제점을 해결할 수 있는 기술 개발이 선행되어야 한다. 첫째, 저전압 어드레싱이 가능하면서 값싼 공정으로 대면적에 제작할 수 있는 박막형 또는 프린팅이 가능한 캐소드 에미터 기술 개발이다. 둘째, 전계 에미터 캐소드의 어드레싱 전압이 현재 사용되고 있는 LCD의 구동 IC를 그대로 사용할 수 있을 정도로 낮아야 한다. 셋째, 스페이서에 의한 2차 전자 발생이 낮고 대전된 전하를 제거시킬 수 있을 정도의 전기 전도성을 갖는 스페이서 물질의 개발과 전자빔이 스페이서 쪽으로 가지 않도록 전자빔 제어를 완벽하게 할 수 있는 구조의 개발이 필요하다. 마지막으로 진공패키징의 수율과 생산성을 높이고 저전압 형광체의 개발을 통해 FED의 문제점을 일시에 해결하는 것 등이다.

2010 년도로 접근하면서, 일반적인 패널의 크기는 LCD 및 PDP 수준으로 대형화 되면서, 고성능-저가격을 무기로 하여 모니터와 TV 시장을 겨냥할 것으로 보인다. 전자 방출원은 반도체 공정을 위주로 하는 탑형에서 후막 공정이 중심이 되는 평면형으로 이동할 것이고, 형광체는 고전압에서 중전압을 거쳐 궁극적으로는 저전압이 주로 채택될 가능성이 높다. 패키징 방식은 튜브가 없는 진공 인라인방식이 개발, 도입될 예정이며, 이러한 접근 방식은 FED 화질의 장점을 유지하면서, 대면적 및 저가격화를 추구한다는 전략에 맞추어져 있다.

## 05

## 전자종이(Electronic Paper)

## (1) 구동 원리 및 구조

고품질 유연한 디스플레이의 구현을 목표로 연구되고 있는 전자종이는 종이의 질감으로 휴대할 수 있고 표시와 소거가 용이한 차세대 디스플레이이다. 전자종이의 대표적인 3가지 형태는 정전하가 충전된 반구형 트위스트볼을 이용한 제록스사의 트위스트 볼 타입, 전기영동법과 마이크로 캡슐을 응용한 E-Ink사의 전기영동 디스플레이, Kent Display사의 콜레스테롤 액정 디스플레이가 있다.

## ① 전기영동 디스플레이

전기영동이란 전하를 띠고 있는 입자가 유체내에 분산된 상태에서 인가된 전기장에 의해 이동하는 현상으로 전기영동 디스플레이란 전기영동 현상을 이용하여 형상이나 글자를 반복적으 기입하고 지울 수 있는 반사형 디스플레이이다. 전기영동법은 입자형과 캡슐형으로 구분할 수 있다. <그림 12>(a)의 입자형에서 패널은 염료유체에 전하 입자들이 분산된 입자 분산 분산액이 투명한 전극판(Front

Electrode)과 픽셀전극들로 이루어진 후면 전극판(Back-plan) 사이에 채워진 형태로 수십볼트 내지 수백 볼트의 DC를 인가함으로써 구동된다. 마이크로 캡슐형 전기영동 디스플레이는 미국의 E-Ink에서 최초로 개발되었다.

마이크로캡슐형은 입자형에서 발생된 문제점을 해결 하기 위해 잉크 미립자와 색을 띤 유전 유체를 함유한 지름 200~300  $\mu\text{m}$ 의 투명한 마이크로 캡슐을 제고하여 바인더와 혼합, 상하부 투명전극 사이에 위치시키고 양의 전압을 인가하면 음으로 대전된 잉크미립자들이 표면으로 이동하여 미립자의 색을 표시할수 있는 원리이다(<그림 12>(b)).

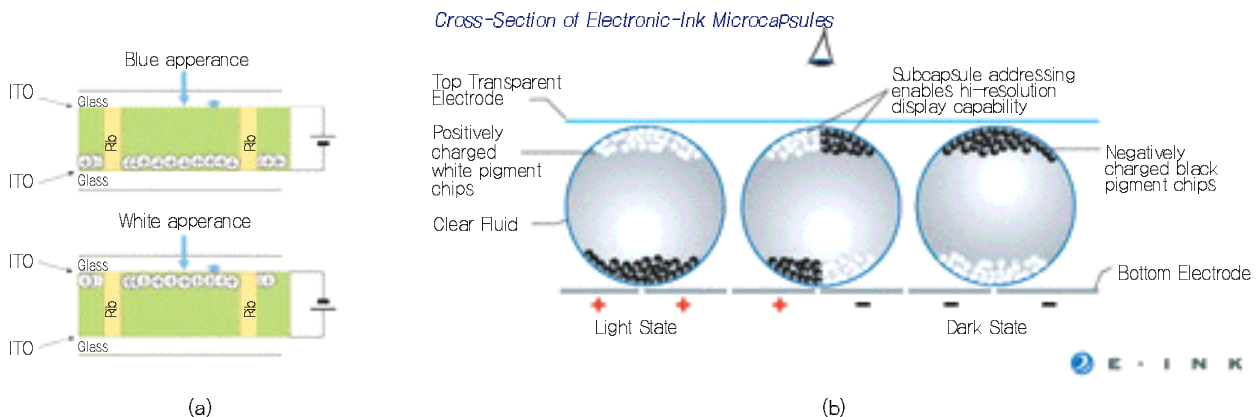
## ② 콜레스테롤 액정 디스플레이

기존의 액정 디스플레이의 최대 난점은 태양광에서도 볼 수 있는 만큼 밝기가 충분하지 않다는 것이다. 켄트 디스플레이에서는 상이한 파장의 빛을 선택적으로 반사하여 컬러를 표현할 수 있는 콜레스테롤 액정을 적용하여 야외에서도 볼 수 있는 디스플레이를 개발했다.

## (2) 기술 동향

2000년 E-Ink의 마이크로캡슐 전기영동 디스플레이와 루센트 테크놀로지의 소프트 리소 그래픽 방법으로 제작한 OTFT를 결합하여 능동 구동형의 전자종이가 발표되어 가볍고, 얇고, 구부림이 가능한 전자종이가 제조의 전환점을 마련했다. 이후 다양한 제품들이 소개되어 E-Ink의 마이크로 캡슐을 채용한 손목시계를 세이코 애플과 세이코 왓치가 공동으로 세계최초로 데모했다.

최근에는 플라스틱 로직으로 튜핑 태진 필름에서 유연성을 향상시킨 PET필름을 사용하여 E-Ink의 기술을 적용한 두께 400  $\mu\text{m}$ 의 4레벨 그레이 스케일 구현이 가능한 전자종이를 개발했다. 또한 In-



<그림 12> (a)입자형 구동모식도와 (b)E-Ink사의 마이크로 캡슐형



〈그림 13〉 Plastic Logic社 E-paper의 모식도(좌)와 제품(우)

Plane(평면 정렬)형 전기영동 디스플레이의 선두주자로서 미국의 SiPix는 격벽의 방으로서 자체개발한 마이크로칩을 바탕으로 시제품을 선보이고 있다.

특히 마이크로 칩은 양각의 형태를 지닌 물드를 감광성 고분자층에 압축하면서 동시에 UV를 조사하여 경화된 미세패턴을 형성하는 방식으로 격벽의 형상을 자유자재로 변화시킬 수 있으며 그 두께는 모듈형태로 150  $\mu\text{m}$ 이다.

또, 마놀타사에서는 콜레스테롤 액정을 이용하여 26만색 표시를 실현했으나 그 구조가 비교적 복잡하여 제조원가가 높으며 종이 질감의 표시소자로는 역부족인 단점이 있다.

Plastic Logic社에서는 150 ppi, 800×600의 해상도를 갖는 E-paper(그림 13)를 개발하였고 150 ppi, 1200×900의 해상도를 갖는 E-paper를 올해 상반기 출시 목표로 개발 중에 있다.

전자종이가 향후 폭넓게 상용화되기 위해서 진행되어야 할 연구과제가 많이 남아있다. 시장 개척과 프로세스 단순화 등이 그 예이다. 또한 차세대 디스플레이로서의 가능성은 플렉시블한 기판을 사용하여 휘거나 구부리거나 접을 수 있는 디스플레이 구현이 가능하다는데 그 의미가 있다.

그러나 현재의 무기물을 이용한 TFT구조로는 불가능하기 때문에 유기물질을 이용한 OTFT개발이 선행되어야 하며, 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 화면유지에 추가전력이 필요 없어 매우 낮은 소비전력을 갖고 있는 전자종이의 경우 한번 화면을 표시하면 새로운 화면으로 바뀌어 주기 전까지는 그 화면을 반영구적으로 표시하는 특성을 가지고 있기 때문에 한 화면을 오래 표시해 줘야만 하는 e-book, 전자사전, 전자신문, 전자광고 및 식당의 메뉴판까지 넓은 분야를 잠재 시장으로 가지고 있다.

## 06 맺음말

위에서 살펴본 것과 같이 FPD(평판디스플레이)는 여러 종류가 있으며, 그에 따른 특성을 지니고 있다. 여기서 지나칠 수 없는 점이 FPD와 산업의 연계점이다. 2002년을 기점으로 FPD의 시장규모가 브라운관을 능가하기 시작했다. 이러한 성장세가 더욱 가속화되어 어느 IT제품보다도 성장성이 높고 신규 응용시장이 확대되고 있어 디스플레이 시장을 잡기 위해 국내외 대표기업이 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

특히 디스플레이 시장이 CRT 중심에서 LCD, PDP, OLED, FED 등 차세대 디스플레이로 각광받고 있는 FPD 시장으로 급속히 전환될 조짐이 보이면서 성장초기의 시장 선점을 위한 업체간의 기술경쟁과 디스플레이간의 시장 주도 경쟁이 치열한 상황이다. 이러한 디스플레이 산업에서 우리 나라는 세계 1위를 달리고 있으며 21세기 국내 IT산업을 주도할 대표주자로서 디스플레이 중에서도 FPD의 성패가 향후 IT산업의 미래를 좌우할 것이다. 그러므로 우리는 기술우위의 분야에 대한 지속적인 연구와 개발을 통해 경제발전의 엔진으로 평판디스플레이 기술을 활용해야 한다. ●

### 〈참고 문헌〉

- 1) 삼성SDI(<http://www.samsungsdi.com>)
- 2) LG, PHILIPS LCD(<http://www.lgphilips-lcd.com>)
- 3) 안재은, 'LCD', 한국과학기술정보연구원(KISTI)
- 4) 비오이 하이디스(<http://www.boehydys.com>)
- 5) 모니터 포유 홈페이지(<http://www.monitor4u.co.kr>)
- 6) 고려대학교 전기 전자 전파공학부 디스플레이 및 나노시스템 연구실(<http://diana.korea.ac.kr>)
- 7) 전자신문(<http://www.etimesi.com>)
- 8) '차세대 디스플레이 FED의 기술 현황 및 전망', 월간 전자부품, 2006.11.
- 9) 'PDP의 기술 현황 과 전망', 월간 전자부품, 2006. 4.
- 10) 주병권 'Flat Panel Display 산업동향', 지역혁신특성화 포럼
- 11) 이준선, 평판 디스플레이 공학, 2005
- 12) LG전자(<http://www.lge.co.kr>)
- 13) 권정도, 'OLED', 한국과학기술정보연구원(KISTI)
- 14) Canon 홈페이지([http://www.canon.com/technology/canon\\_tech/explanation/sed.html](http://www.canon.com/technology/canon_tech/explanation/sed.html))
- 15) Plastic Logic (<http://www.plasticlogic.com>)