

TFT-LCD 개발 현황 및 전망



석준형

삼성전자 AMLCD사업부 LCD 연구팀장.

1. 서론

1979년 처음으로 amorphous Silicon을 사용한 TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)가 발명되면서 LCD를 이용한 제품개발의 가속도가 불기 시작하여 1991년 TFT-LCD의 본격 양산착수하여 괄목할만한 개발, 생산기술향상으로 지금의 평판디스플레이의 대표기술로 성장해 왔다. 그러나 진정한 의미에서 TFT-LCD는 아직 기술적으로 개발선상에 있고 재료, Device기술 그리고 양산화공정기술, Panel 검사기술등 앞으로 해결해야할 과제들이 많이 있다는 점을 지적하고 싶다.

21세기 고도 정보화 사회에서는 소비 Pattern의 다양화, Intelligent화를 추구하고 Any Time, Any Where, Any Man 사용 가능한 Display-저소비 전력, 박형경량화, 고화질 구현이 가능하여 공간 활용을 극대화 하고 휴대가 용이한 Display-가 필요하게 되었다.

TFT-LCD는 이러한 조건의 거의 대부분 만족시킬 수 있는

Display로서 대형 분야의 PDP (Plasma Display Panel)를 포함한 평판 Display의 선두주자로 기존의 CRT를 대체하고 21C를 이끌어 나갈 핵심 Device가 될 것으로 예상된다.

이를 실현하기 위해서는 LCD가 CRT대비 열세분야인 시야각실현과 multimedia대응 고응답 속도, 직시대화면 LCD에서의 저가격화가 실현되어야 한다.

따라서 본문에서는 이를 실현하기 위한 TFT-LCD의 기술 및 제품개발 현황을 살펴보고 TFT-LCD의 향후 전망을 예측하고자 한다.

2. TFT-LCD 시장 동향

CRT를 포함하는 전체 Display 시장은 1996년 약 333억\$ 규모로서 이중 CRT가 64%로서 2/3을 점유 213억\$, LCD는 나머지 평판 시장 120억\$의 87%인 104억\$을 점유하고 있으며 2002년에는 평판 시장이 CRT와 동일규모로 성장하고 LCD는 평판시장 295억\$의 78%인 230억\$ 규모에 달할 것으로 전망된다.

LCD분야는 80년대말부터 90년대 중반까지는 STN-LCD가 저가격을 장점으로 시장을 주도하였으나 화질 특성등 TFT-LCD 고유의 장점을 바탕으로 1997년 이후 STN-LCD를 능가하여 2005년에는 LCD분야의 82%를 점유할 것이다.

TFT-LCD 사업은 Note-Book 위주로 '94년 9.4", '95년 10.4" VGA, '97년 12.1" SVGA가 본격 양산되어 매출 규모면에서 1조억 엔, 물량적으로 Note-Book 분야

에서만 연간 1,400만대의 시장 규모로 성장하였다.

3. TFT-LCD 개발 현황 및 전망

(1) TFT-LCD 장단점

TFT-LCD는 CRT 대비하여 경량/박형, 저소비전력, 고정세 구현 등 휴대성이 용이하여 휴대용 Display 및 인체에 유해한 전자파 발생이 없고 첨단 Intelligent 빌딩에서 24시간 사용가능한 21C형 첨단 Display이지만, 높은 제조원가, 좁은 시야각, 낮은 휘도 및 대형화에 상대적인 불리 등 아직까지 보완해야할 기술 분야가 남아 있지만 이에 대한 기술개발도 상당한 수준으로 진척되고 있어 2000년경에는 모든 분야의 기술수준이 CRT를 능가할 것으로 예상된다.

(2) TFT-LCD 개발 현황

TFT-LCD의 응용제품이 기술의 발전에 힘입어 다양화 되고 있다. 지금까지 많은 LCD Maker들이 많은 투자를 함에도 불구하고 Note PC에만 주력해 왔던 이유는 첫째, Note PC Maker의 예상외의 성장으로 Panel Maker들의 여력이 없었다는 점, 둘째 Note PC외의 응용분야에 대비할 기술력이 부족했다는 점, 셋째 저가격화 기술의 미흡으로 경제성이 아직 없다는 점이다.

위와같은 상황에서 TFT-LCD의 응용을 다양화하기 위해서는 다음과 같은 노력이 요구된다.

앞으로의 공급과잉의 관점에서 경쟁력을 가지기 위해서는 Flicker, Crosstalk등 아직은 제품

특성의 강화가 필요하며, 저가격화를 위해 부품수 감축, Size증가에 따른 Repair 기술 확립등이 우선적으로 요구되고, 대형화면에 따른 TFT 특성 확보, 배선의 RC 등 주요 Parameter등이 다시 조정 되어야한다.

종합적으로 제조명해 보면 TFT-LCD는 지난 수년간 많은 기술적 발전을 이루워 왔고 Panel Size 및 제품사양은 큰 유동성을 가지고 변화여왔다.

'88년 14" Color TFT-LCD를 개발한 이래로 눈부신 발전을 이루어 '94년 21"(SHARP), '95년 22"(삼성), 21.3"UXGA(삼성), '97년 30"UXGA(삼성)등이 개발되는 등 급속한 대형화가 진척되었다.

사업화 측면에서도 '97년 현재 Fujitsu사의 21.3" SXGA, NEC 20.1" SXGA, Hitachi사 18" SXGA 등 SHARP, DTI, Toshiba, Hitachi, Fujitsu 등 대형 LCD Maker의 대부분이 15"-20"급 TFT-LCD 제품을 양산중에 있으며, 향후에는 30-40"급 분야에서도 PDP와 경쟁이 가능할 것으로 예상된다. 기술 분야에서도 CRT 대비 열세로 예상되는 시야각, 화면 휘도 등 화질 및 높은 제조비용을 개선하는 노력이 계속되고 있으며 TFT-LCD의 장점인 저소비 전력, 박형경량화를 더욱 강화시키기 위한 개발도 지속적으로 이루어지고 있으며, 향후 TFT-LCD 개발 추세가 대형화보다 광시야각, 저소비 전력 등 TFT-LCD 특성을 개선려는 측면으로 진행될 것이다. 따라서 저온 p-Si, 반사형 LCD, 강유전 LCD 등 기존 TFT-LCD의 단점을 극복할 수 있는 New Device, IPS-Mode, MVA-Mode 등 광시야각, 저전압 구동 액정, Low Cost화가 TFT-LCD 개발의 주요 Issue가 될 것으로 예상된다.

(3) TFT-LCD 기술 개발 현황 및 전망

현재 시야각(CRT 160°), 휘도(CRT 300cd) Color(CRT Full Color), 응답속도(CRT 17msec) 분야에서 CRT 대비 열세이지만 2000년 경에는 대부분 기술분야가 CRT와 대등 또는 능가하게 되어 CRT 대비 최대 열세분야인 가격적 Gap만 적정 수준인 2배 이내로 접근하면 CRT에서 TFT-LCD로의 급격한 Shift가 이루어 질 것으로 예상된다.

광시야각 기술

지금까지 TN(Twisted Nematic) 액정이 대형 Display의 주축으로 사용되어왔다. 가장 보편화되어 사용되어온 TN 액정은 90도의 Twist 형태로 동작하므로 보는 각도에 따라 밝기가 달라지는 근본적으로 불리한 형태로 되어있다. 이것을 해결하기 위해 시야각 변동에 따른 액정분자의 Retardation을 광학적으로 보상해 주어 시야각을 넓게 보이게 만드는 보상필름 적용 또는 시각에 대해 대칭으로 구동되어 시각변동에 따라 영향을 받지않는 새로운 액정 Mode (IPS 또는 VA Mode)를 사용해야 한다.

지금까지 광보상필름을 사용하여 시야각을 좌우 120도, 상하 90도를 확보 제품양산에 적용하였으나 95년 Hitachi에서 IPS Mode로 상하좌우 140도를 실현한 이후 광시야각 기술분야의 급속한 기술진보가 이루어져서 NEC 등 타업체도 IPS 기술을 확보 양산 추진중이다.

IPS Mode와는 달리 Fujitsu에서 96년 수직 배향 액정을 사용한 MVA Mode 개발로 상하좌우 160도의 독자적인 광시야각 기술을

개발하여 초기양산적용을 시도하고 있다. IPS Mode는 기술완성도 측면에서 MVA Mode는 빠른 응답속도, 고개구율, High Contrast 등 특성측면에서 우위를 보이고 있어 어느 기술이든 절대적인 우위를 확보하고 있지는 못하다. 그럼에도 불구하고 2000년 이전에 CRT 수준의 기술확보가 가능할 것으로 전망된다. 여기에서 한가지 중요한 사실로 기억해야할 사실은 IPS와 VA 기술에 관한 기본 개념은 이미 70년대 중반에 이미 발명된 기술로서 Hitachi와 Fujitsu사에서 물려진 기술을 적절하게 적용 개량할 수 있는 능력을 가지고 있다는 사실은 우리가 배워야 할 점이라고 본다.

저전압 구동 액정 기술

현재 4.5V 구동액정에서 3.3V 구동액정을 개발하여 적용하기 시작하였으며 2000년 경에는 2.5V 구동액정이 개발 양산될 것으로 전망된다. 저전압 액정 개발을 통해 얻을 수 있는 이득은 소비 전력의 감소 및 Driver IC와 액정의 구동 전압을 일치시킴으로서 DC-DC Converter 등 회로부분의 원가 절감이 가능하다.

박형 경량화

경량화 측면에서 기존의 1.1mm Glass가 현재 0.7mm로 감소하였으며 선진 업체들은 300X470mm Line 등 1,2세대 Line에 0.5mm Glass 적용을 추진중이며 경량화 문제를 해결에 접근하고 있다. 박형 측면에서는 Back Light의 세경화 및 Back Light Unit의 박형화를 추진중이며, 이와는 별도로 기존 Back Light를 유기 EL로 대체를 시도하는 업체도 있다. 또한 COG(Chip on Glass) 설장을 통해 Driver IC의 두께에 대한 부담을

경감시켜 박형화하고 개선하려는 노력을 하고 있어 현재 7" 이하 중소형 분야에서는 대부분의 업체가 COG 실장 제품을 양산중에 있으며 일본 몇업체는 COG 적용 13.3"급 Note PC 생산을 추진중에 있다.

(4) New TFT-LCD Device 개발 현황 및 전망

저온 Poly-Si LCD

저온 poly 기술은 오래전부터 학계, 기업연구소등에서 연구가 되어왔으나 이론적인 poly-Si의 amorphous-Si 대비우위성이 있음에도 그동안 상업화 관점에서는 많은 논란이 되어왔다. 실용면에서 amorphous Si 만큼 싸고 안정성 있는 공정이 없다고 생각해 왔기 때문이다. 그러나 현시점에서 저온 Poly에 대한 LCD Maker들의 견해는 상당히 긍정적으로 바뀌어 가고 있다. 아직도 생산 Cost측면에서 기존의 Amorphous-Si보다 낮아질 것인가에 대한 강한 회의가 남아있지만 그동안 R&D에서 축적된 기술을 바탕으로 예측하는 앞으로의 기술수준의 급격한 Ramp up까지를 감안한 방향설정으로 풀이된다. 지금은 상당수의 업체가 3"-4"급 중소형 제품을 양산중이거나 양산 추진중에 있으며 5"-7"급 양산을 계획중에 있다.

저온 p-Si 개발은 '97년 Toshiba사의 Block Addressing이라는 구동방식을 사용해서 12.1"XGA 저온 p-Si LCD 개발 성공으로 저온 p-Si의 대형화 가능성을 보여 주었으며 현 추세대로 개발이 진행될 경우 2000년대 초반에는 15-17"급 저온 p-Si 제품의 양산이 가능할 것으로 예상된다. 또한 저온 p-Si 구동 방식은 중소형은 Point Addressing 방식, 대형은

Block Addressing 방식으로 표준화되는 추세이며 Block Addressing 방식은 저온 p-Si Panel을 구동할 수 있는 새로운 방식의 Control IC 개발이 선행되어야 양산 적용이 가능할 것이다. 이러한 새로운 방식의 구동방법이 표준화되고 범용화될 때까지는 최소 2-3년의 기간이 소요될 것이고 대형 저온 poly-Si Panel의 uniform한 laser 결정화 기술과 현재보다 단순화된 공정개발 및 어느 수준으로 수율확보가 선행되어야만 poly-Si이 경쟁력을 갖추고 범용기술로 자리 잡게 될 것으로 예측한다.

반사형 LCD

반사형 Color LCD는 휘도, Contrast, 색재현성등의 성능이 충분치 못하여 흑백 이외에 실용화하는데 어려움이 많았었다. 그러나 최근에 이르러 신재료, 신반사방식의 채용으로 급속하게 제품의 개발이 진행되고 있으며 특히 '97년 MTN Mode (Mixed Twisted Nematic)를 적용한 제품을 SHARP사에서 발표함으로써 대부분의 문제점 해결이 가능해짐에 따라 '98년부터 LCD 메이커 각사가 중소형 제품 공급을 개시할 예정이다. 반사형 제품은 백라이트가 없어 소비전력 1/7, 두께는 1/3, 무게 1/2로 삭감이 가능하여 휴대용 정보기기, A/V제품이 주요 응용 분야이다. 반사형 LCD는 4λ Plate, 반사형 액정, 반사판 전극 구조등의 개발이 성공의 관건으로 비록 SHARP사의 개발 성공에도 불구하고 본격 양산 및 시장 확대까지는 많은 분야의 기술 개발이 남아있어 향후에도 최소 2-3년간의 시간이 필요한 것으로 예상된다.

강유전 LCD(AFLCD)

강유전 액정은 높은 응답속도

(Imsec), Memory 기능등의 장점에도 불구하고 고유의 단점-충격에 약하고 계조 표시가 어려우며 색재현성이 낮음 - 극복은 아직 무리가 있어 강유전 Color LCD 구현에는 무리가 있으나 최근 DHF, 반강유전(AFLC) 방식을 통해 고유의 단점 극복을 시도하고 있으나 좁은 Cell Gap (2μm 이하) 및 액정 최적화등 난제가 산적해 있어 본격적인 사업화까지는 많은 시간이 소요될 것으로 전망된다.

4. 결 론

TFT-LCD는 초기의 여러 가지 단점에도 불구하고 시야각, 휘도, Contrast, Color, 동화상등 대부분의 기술적 문제점들이 극복되어 가고 있으며, 저온 p-Si 및 반사형 LCD의 기술 성숙, 그리고 시장 확대 및 참여 업체 증가에 따라 급속한 저가격화가 이루어지고 있어 2000년 중반에는 가격대비 성능, 대화면 측면 모두 CRT를 능가할 것으로 예상된다. 액정기술에 관련된 기술혁신은 가속화되면서 진보해 나갈 것이다.

특히 강유전 액정(FLCD)의 기술 완성시기로 예측되는 2003 - 2006년에는 TFT-LCD를 중심으로하는 평판 Display가 명실상부한 Display시장의 주도권을 장악하게 될것으로 예상된다.

TFT-LCD는 성능뿐만 아니라 가격, 대화면화 측면에서 급속한 기술 발달이 이루어져서 30" 이하에서는 최고의 경쟁력이 갖는 표시장치가 될 것으로 예상되며, 대화면화 기술 성숙 및 PDP대비가 격경쟁력 확보로 30" - 40"급에서도 PDP와 더불어 시장 경쟁이 가능하게 될 것이다.

<서대석 위원>