

# LCD 개발 현황 및 향후 전망

김 용 상

명지대학교 전기공학과 교수

## 1. Display 기술의 현황

정보기술(Information Technology, IT)의 급격한 발달은 인간이 얻고자 하는 정보를 인간이 인식하는 신호로 보여주는 디스플레이 기술의 필요성을 요구하고 있다.

현대에 와서 디스플레이의 형태는 보다 선명하고, 보다 생생하고, 보다 대형의 화면을 실현하기 위한 끊임없는 기술개발이 이루어졌다. 디스플레이 기술은 1897년에 Karl Ferdinand Braun에 의해 현대적인 음극선관(Cathode Ray Tube, CRT)이 개발되면서 꾸준히 발전되어 왔다.

CRT는 현재 가장 많이 보급되어 있는 Display 기기이며, 최근 들어 LCD와 같은 평판화면 표시기(Flat Panel Display, FPD)에 의해 급격히 시장을 잠식당하고 있으나 아직까지는 화질과 가격 경쟁력 면에서 우위를 차지하고 있다.

CRT의 문제가 되어왔던 평면화는 CRT 업체들에 의해 실현되고 있으나 대형화에 의한 CRT의 bulky화는 평판화면 표시기의 필요성을 요구하고 있다. 평판화면 표시기는 CRT의 상대적인 개념으로 액정화면표시기(Liquid Crystal Display, LCD), PDP(plasma Display Panel), 그리고 유기 EL 디스플레이 등을 일컫는 말이다.

LCD의 경우 대형화가 어려울 것이라고 생각했던 당

초의 예상을 뒤엎고 빠른 속도로 대형화가 진전되고 있으며 가장 큰 취약점으로 지적되었던 휘도, 시야각, 응답속도 등의 문제도 과감한 투자덕분에 하나씩 극복되어 가고 있다. 아직까지는 가격적인 문제가 LCD의 보급을 가로막는 가장 큰 요인으로 작용하고 있지만 최근에 컴퓨터의 모니터를 중심으로 보급률이 크게 증가하는 경향을 보이고 있다.

한편, 소형 디스플레이 장치 부문에서 TFT-LCD 제품이 STN-LCD 제품을 대체하고 있으며, 대형 분야에서도 PDP 제품 시장을 빠른 속도로 잠식하여 갈 것으로 예상된다. 그러나 향후에는 현재 활발하게 개발되고 있는 유기 EL(Organic Electro Luminescence : 유기전계발광소자)과 FED(Field Emission Display) 제품이 성숙기로 접어들고 있는 TFT-LCD 제품을 대체하여 갈 것으로 예상되고 있다. 소위 벽걸이 TV라고 일컫는 대형 디스플레이 시장에서는 PDP가 단연 차세대 주역을 맡을 것으로 예상되고 있는데, 현재 일본에서는 42인치와 50인치 제품들이 주종을 이루고 있지만 최근에는 30인치 이하의 시장을 개척하기 위한 노력을 기울이고 있다.

한편, 한국의 PDP 메이커들은 65인치 이상의 대형 제품까지 이미 개발을 완료해 놓은 상태이지만 대량 생산은 40인치 급을 중심으로 이루어지고 있다. 이 외에도 다양한 디스플레이 기기가 있는데 유기 EL이나 FED는

〈표 1〉 주요 디스플레이별 특징 비교

구 분	CRT (브라운관)	평 판 디 스 플 레 이		
		TFT-LCD	PDP	유기 EL
장 점	• 고화질 • 저가격	• 경량/박형 • 저소비전력 • 고해상도	• 박형 • 대형 크기	• 경량/박형 • 저소비 전력 • 고선명·고속
단 점	• 넓은 공간 차지 • 전자파 多	• 고가격	• 고가격 • 고소비전력 • 저효율	• 소형 크기 • 저수명
크 기	• 10~40"	• 40" 이하	• 32~70"	• 20" 이하
개발단계	• 성숙	• 양산/성장	• 양산초기/개발	• 시장진입/연구·개발
적용분야	• 모니터, TV 등	• 노트북PC, 모니터, TV 등 대형 • 휴대폰, PDA, Palm PC 등 소형	• 벽걸이 TV 등 초대형	• 휴대폰, PDA, Palm PC 등 소형
연구기술	• 평면화	• 화면의 대형화 • 저가격화	• 저가격화 • 고효율	• 양산화 • 화면의 대형화

IMT-2000과 같은 소형 디스플레이로, DMD는 흠뻑어 터용이나 극장용 고화질 프로젝션 기기로 개발될 것으로 전망된다. 한편, PDP가 본격적으로 보급되기 전의 2~3년 간은 프로젝션 TV가 그 대체제품으로 인기를 끌 것으로 보인다. 이는 공간적인 메리트는 적지만 PDP의 절반 이하의 가격으로 대화면의 혜택을 누릴 수 있기 때문이다.

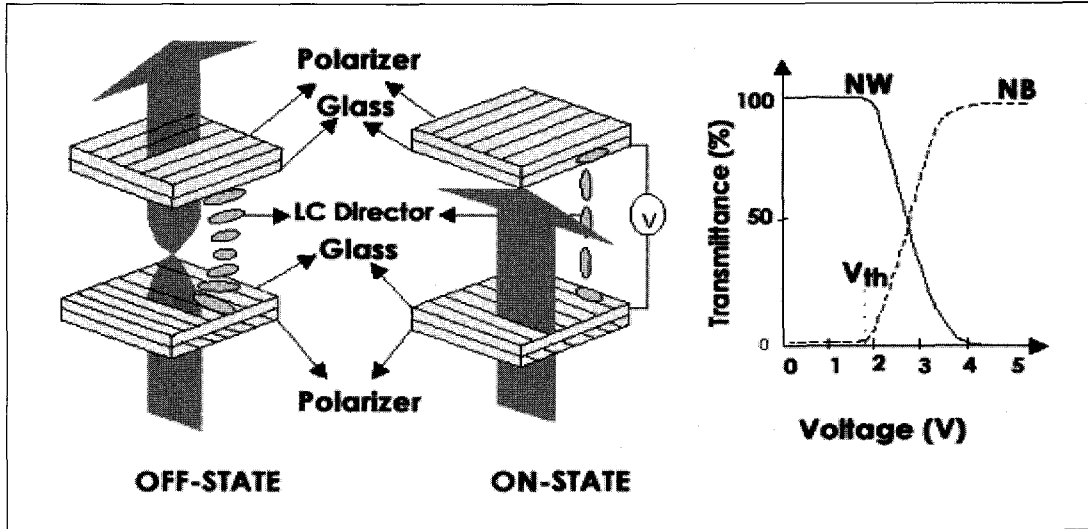
## 2. LCD의 개념 및 동작 원리

LCD란 Liquid Crystal Display의 약자로 액정 분자를 이용하여 빛을 투과하거나 차단함으로써 주어진 신호를 표현하는 디스플레이 기술이다. 액정(Liquid Crystal)은 액체의 유동성과 고체의 결정과 같은 규칙적인 분자 배열을 동시에 갖는 물질로 광학적 이방성을 가지면서 전압이 가해지면 전계의 방향을 따라 액정의 분자 배열이 바뀌는 특성을 가지고 있다.

액정표시소자는 이러한 액정의 성질을 이용하여 도형, 문자 또는 그림을 표시하는 장치이다(그림 1 참조).

액정에 대한 연구는 1854년 Virchow에 의한 농도전 이형(lyotropic) 액정(liquid crystal)의 발견과 Reinitzer와 Lehmann에 의한 1888~1889년의 온도전 이형(thermotropic) 액정의 발견에서 시작되었다. Lehmann은 액정이 광학적 이방성을 나타내는 것을 확인하고, "액체가 갖는 유동성과 결정이 갖는 광학이방성을 겸비한 액체"의 의미로 Flussige Kristall(영어로는 liquid crystal)이라고 부를 것을 제안하였다. 1920년대의 많은 사람들이 약 300여 종의 액정을 합성하였고, 1930년대에는 LCD 개발을 가능하게 한 가장 중요한 요 소인 프레데릭츠(Fredericksz) 전이라고 하는, 전계인가에 의한 네마틱상의 변형과 임계 값을 발견하였다. 그 후 액정의 윌리엄스(Williams) 도메인 형성과 광산란의 발견, 동적 산란 모드의 발명으로 이어지는 액정의 연구는 전자공업계에 큰 기여를 하였다.

LCD는 구동방법에 따라 수동행렬 액정 표시 소자(Passive Matrix Liquid Crystal Display, PMLCD)와 능동행렬 액정 표시 소자(Active Matrix Liquid Crystal Display, AMLCD)로 구분된다. 수동행렬 LCD는 단순



〈그림 1〉 액정표시소자의 동작원리

☞ 빛은 액정을 통해 분자들의 방향을 따라서 진행하며 액정 분자들이 90° 비틀어져 있으면 빛도 90° 틀어져 통과한다. 전계가 인가되면 액정 분자들은 한 방향으로 수직하게 되어 빛은 직진하게 되고 편광판을 통과하지 못한다.

행렬(simple matrix) 방식이라고도 불리며 common 전극과 data 전극을 XY 형태로 배치하고 그 교차 부분에 해당하는 pixel의 양단에 전계를 상판과 하판에 연결된 전극을 통하여 액정 분자에 인가한다.

수동행렬 LCD는 주로 전자시계, 전자계산기 및 기타 문자도형표시장치 등에 사용되는 간단한 방식에 응용된다. 이에 비하여 능동행렬 LCD는 각각의 화소에 전계의 크기를 조절하여 화소의 투과도를 변화시킬 수 있는 능동형 스위칭 소자가 붙어있다. 대표적인 능동형 소자가 박막 트랜지스터(Thin Film Transistor, TFT)이며 특별히 이 방식은 TFT-LCD라고도 불린다. AMLCD는 단순 행렬 LCD에 비해 응답시간과 계조를 포함하는 화질 특성이 우수하다. AMLCD는 큰 화면크기와 많은 화소수가 필요한 TV 수신기, 포터블 컴퓨터에 이용되는 직시형과, 프로젝션 TV와 비디오 카메라의 모니터용에 이용되는 작은 LCD 모듈의 두 분야를 중심으로 연구, 발

진되어 왔다. TFT-LCD는 CRT에 비해 부피가 작고, 소비전력이 낮으며 발열량도 작고 건강에 유해한 전자파와 같은 문제가 없다는 장점을 가지고 있다.

따라서 반응 속도, 시야각, 동작온도 범위, 완제품의 가격 등의 문제가 점차적으로 해결되고 있기 때문에 TFT-LCD가 CRT를 대체하여 데스크 탑용 모니터 및 TV로 사용이 점차 증대될 것이다.

### 3. AMLCD의 개발 현황

LCD의 각 화소에 스위칭 소자를 연결하여 전체의 화면을 형성하는 것이 AMLCD인데, 스위칭 소자는 이단자 소자(two terminal device, diode가 대표적)나 삼단자 소자(three terminal device, TFT가 대표적임)로 할 수 있다. 따라서 AMLCD에는 디스플레이 기술, 반도체 기술 및 액정 기술이 종합적으로 이용되고 대면적 유

〈표 2〉 LCD 산업의 발전 단계

구 분	1985년	1990년	1995년	2000년~
시장규모	500억엔 전후	2600억엔	5000~6000억엔	2조엔 이상
Key word	소형 중심	흑백에서 컬러로	컬러화의 성숙과 국제화	PC 성숙의 시대
시대구분	여명기	성장 가속	국제 경쟁	성숙단계
수요동향	전자식 탁상계산기, 시계, 워드프로세서, 타자기, Module 로의 이행	Note Book PC Color 로의 黎明期 반도체기업의 참여	STN → TFT 로 Color Note book PC 한국 제조업체 참여 Color화 가속	Color LCD Monitor 脫 Note Book PC의 전개 대만 제조업체의 추격 가속
대표 제조업체	샤프 시티즌시계 카시오계산기 세이코엡손	샤프 세이코엡손 옵토렉스 히타찌제작소 도시바	샤프 도시바 NEC 히타찌제작소 鳥取三洋電機	샤프 三星電子 LG Philips 도시바 히타찌제작소 NEC

리기관을 사용한다는 특징을 갖는다.

여러 가지 능동행렬 기술들이 개발되었음에도 불구하고, 오늘날 가장 많이 사용되고 유력시되는 디스플레이는 비정질 실리콘 TFT와 저온 다결정 실리콘 TFT를 이용한 LCD이다. 그런데 AMLCD가 매우 일찍 제안되었음에도 불구하고 최초의 상업제품은 1982년에 생산된 다결정 실리콘 박막 트랜지스터(poly-Si TFT)를 이용한 poket TV였다. 그러나 최근 산업계에서는 비정질 실리콘을 능동층으로 사용한 TFT가 대면적 AMLCD의 스위칭 소자로 대부분 사용되며, 이러한 비정질 실리콘 박막은 기판 온도 350℃ 이하에서 증착이 가능하기 때문에 저가의 대면적 유리 기판을 사용할 수 있는 장점이 있다.

또한 비정질 실리콘 TFT는 scan line의 수가 1000 이상인 디스플레이에서도 전하를 공급할 수 있을 정도로 드레인 전류가 크고, 한 프레임(frame) 동안에 전하의 방전이 거의 없을 정도로 off 전류가 낮다. 따라서 대비비 100:1 이상을 가질 수 있다. T. Matsumoto 등에 의해 1982년에는 엑시머 레이저 아닐링(Excimer laser annealing) 방법에 의한 다결정 실리콘 박막 트랜지스터

가 발표되었으며, 1984년에는 T. P. Brody 등에 의해 직접 증착 다결정 실리콘 박막 트랜지스터가 보고 되었다. 그 후 1985년에 Morozumi에 의해 다결정 실리콘 박막 트랜지스터를 사용한 드라이버 IC(Integrated Circuit)가 제안되었으며, 1980년대 후반부터 다결정 실리콘 박막 트랜지스터에 대한 활발한 연구가 진행되었다.

1990년대 이후 TFT-LCD에 대한 연구는 대면적화, 광시야각화, 고개구율화 등에 중점을 두고 진행되고 있으며 현재 TFT-LCD는 노트북 PC 시장을 석권하고, 데스크 탑용 모니터로의 채용이 점차적으로 증대되고 있다. TFT-LCD의 가장 큰 문제로 지적되고 있는 좁은 시야각에 대한 해결방안으로

- ① 멀티 도메인
  - ② 필름 보상
  - ③ In Plane Switching(IPS) mode
  - ④ Optically Compensated Birefringence(OCB)
- 와 같은 방법들이 제안되어 연구되고 있다. 이중 IPS 모드는 모니터 등의 대면적용 TFT-LCD에 적합하고 시야각은 상하좌우 모두 140° 정도를 갖는 장점을 가지고 있으나 개구율이 낮다는 점 등이 아직 문제로 남아 있다.

〈표 3〉 디스플레이산업 소자별 규모

(단위 : 억달러)

구 분	LCD	CRT	PDP	OLED	기 타	합 계
2001년	206	315	9	1	27	558
2003년	336	289	24	3	30	682
2005년	509	259	58	10	35	871
2007년	691	224	98	23	39	1,075

자료 : 디스플레이뱅크

대형화의 측면에서 2002년 11월 우리 나라의 LG-Philips LCD가 52인치 와이드형 TFT 액정 패널을 발표하자 2003년 1월 삼성전자가 54인치형 액정 TV를 CES에서 전시하여 한국 기업끼리의 각축장이 되고 있으며 이들 두 회사가 대형 액정 TV 시장의 약 50%를 점유하고 있는 것으로 추정된다.

#### 4. LCD 시장 동향 및 전망

한국, 일본, 대만의 생산업체들이 주도하고 있는 디스플레이 산업은 2002년 하반기 생산업체수 증가에 따른 공급 증가로 가격이 급락하였다. 그러나 TFT-LCD 가격의 급락으로 기업들의 채산성은 악화되었지만 다른 한편으로는 브라운관 수요를 액정 디스플레이 장치에 대한 수요로 전환시키는 계기가 되었다. 따라서 2003년에는 액정 디스플레이에 대한 시장 수요는 브라운관 수요를 상회할 것으로 예상되고 있으며, 2005년에는 그 격차가 더욱 확대될 것으로 전망된다.

1998년부터 수요가 폭증하면서 1999년까지 고속 성장을 지속하던 대형 TFT-LCD 시장은 2000년 대만 업체의 TFT-LCD 산업 진출로 시작된 가격하락의 여파로 2001년 전년대비 21%나 하락한 114억 달러 정도의 시장규모를 형성하는데 그쳤다. 그러나 세계적인 경기 침체에도 불구하고 2001년 4분기부터 공급과잉이 해소되면서

2002년 대형 TFT-LCD 세계 시장은 전년대비 무려 54.1%나 성장한 175억 달러를 형성하였다.

세계 소형 액정 디스플레이 장치 시장은 한국의 삼성 SDI, 일본의 세이코엡슨, 샤프, 네덜란드의 필립스 등이 주도하고 있으며 중대형 TFT-LCD 시장은 한국, 일본, 대만의 업체들에 의해 분할되어 있다.

한편 중대형 TFT-LCD 시장에서 한국은 선두그룹을 형성하고 있던 일본 제조업체들보다 과감한 선행투자를 단행하면서 일본 업체들을 추월하였다. LCD 관련 부품,

〈표 4〉 국가별 중대형 LCD 시장 점유율

(단위 : %)

구 분	한국	일본	중국(비오이하이디스)	대 만
2002년 3분기	34.0	28.4	3.1	34.5
4분기	36.3	25.5	3.3	34.9
2003년 1분기	36.4	24.0	3.6	36.0
2분기	40.5	21.5	3.1	34.9

자료 : 디스플레이뱅크

〈표 5〉 2003년 상반기 LCD 모니터 판매량

(단위 : 만대)

구 분	2002년 1분기	2003년 1분기
삼성전자	200	400
LG전자	98	250
이미지퀘스트	11	29

자료 : 해당업체 2003. 7

〈표 6〉 LCD TV용 패널 3사 월평균 출하량

구 분	삼성전자		LG필립스		샤 프	
	(장)	점유율(%)	(장)	점유율(%)	(장)	점유율(%)
2003년 1분기	2만 8600	12.1	4만 6000	19.4	11만 5000	48.5
2분기	5만	18.0	8만	28.9	8만 2000	29.6
(예측) 3분기	7만		12만 1500		12만 5000	

자료 : 디스플레이서치

소재 및 장비산업이 일본에 비해 낙후되었음에도 불구하고 2001년에는 중대형 TFT-LCD 시장의 37%를 점유하여 대만과 일본을 앞서고 있다. 2002년에는 세계 최초로 5세대 TFT-LCD 생산시설을 본격 가동, 가격 급락에 따른 채산성 악화에도 불구하고 중대형 TFT-LCD 생산면에서 최고의 가격경쟁력을 확보하고 있다.

한국의 TFT-LCD 생산 기업들은 2002년 5월과 10월 세계 최초로 5세대 TFT-LCD 생산라인을 가동하였으며 2003년에도 5세대 라인의 증설 투자가 이루어질 것으로 예상되고 있다. 이와 같은 5세대 생산라인의 가동으로 한국의 TFT-LCD 생산 기업들은 대만의 후발 생산 기업들 보다 생산원가 면에서 유리한 위치에 있다.

최근 대만이 5세대 생산라인 투자에 적극적인 자세를 보이면서 한국의 TFT-LCD 생산업체들은 6세대 생산라인 투자를 고려하고 있다. 그러나 6세대 투자의 전제 조건으로 킬러 애플리케이션인 대형 TV 수요와 6세대 라인 건설을 위한 관련 장비의 개발이 선행되어야 할 것으로 판단된다. 왜냐 하면 투자비 회수 측면에서 주력 생산제품의 수요시장 형성은 투자결정의 가장 중요한 요인이며 관련 장비 산업의 기술개발 속도도 실제의 생산라인 건설에서는 현실적인 문제점을 야기시킬 가능성이 많기 때문이다. 이러한 점에서 디스플레이 산업 자체의 발전도 중요하지만 관련 후방 산업의 발전도 중요하다.

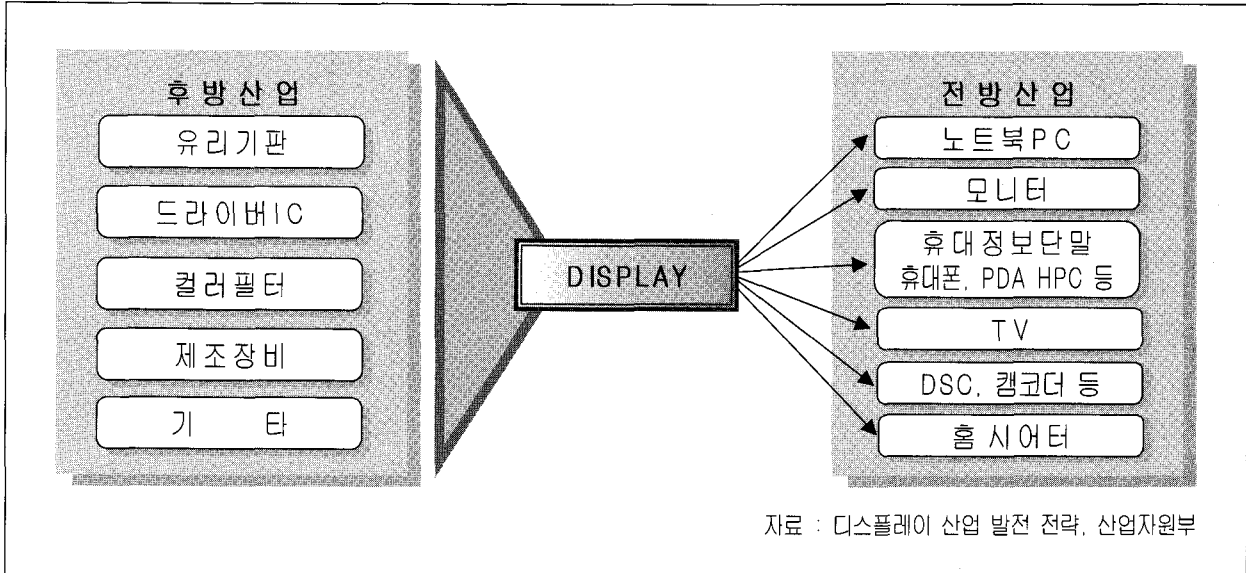
### 5. LCD 부품 산업 동향 및 전망

한국은 중대형 TFT-LCD 부문에서 세계 최대의 시장점유율을 기록하고 있다. 그러나 아직 대부분의 생산 장비는 일본으로부터 수입에 의존하고 있으며 액정 또한 수입에 의존함에 따라 국산화 비율이 낮은 상태에 있다. 유리파편 제거기나 자동편광판 부착기 등의 장비도 최근에 국산화되기 시작하였으며, 그 동안 이들 장비들은 일본의 업체들이 제작·공급하였다.

일본의 선진 TFT-LCD 기술을 토대로 성장한 일본의 장비 제조업체들은 한국이 LCD 패널 제작을 시작하면서 한국에 대부분의 장비를 공급하였으며 대만, 중국으로 시장을 확대하고 있다. 최근 세계 LCD 산업에서 소형분야는 일본의 시장지배력이 높고 중대형 분야에서는 한국의 시장점유율 우위현상이 유지될 가능성이 많아 보인다.

따라서 한국은 LCD 제조 장비 분야의 성장 가능성도 비례적으로 높은 것으로 판단된다. 최근 TFT-LCD 가격이 안정세를 보이고 동 제품에 대한 수요가 늘어나면서 관련 부품업체에 대한 투자자들의 관심이 높아지고 있다. 특히 TFT-LCD 디스플레이 가격의 20% 가량을 차지하는 백라이트 유닛 생산업체들의 영업이익 호전 가능성이 부각되고 있다.

백라이트 유닛은 광원으로 사용되는 냉음극형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp), 도광판(Light



〈그림 2〉 디스플레이의 전·후방 산업 현황

Guide Plate), 프리즘시트(Prism Sheet), 확산시트(Diffusion Sheet), 반사시트(Reflection Sheet) 프레임(Frame) 등의 부품으로 구성된다. 그런데 최근 TFT-LCD 기관의 크기는 빠른 속도로 확대되고 있으며 이는 휘도를 저하시키는 요인으로 작용한다.

따라서 대형화에 따른 휘도저하 문제를 해결하기 위한 기술개발이 예상된다. 그러나 크게 늘어나는 LCD 패널

의 수요에 비해 LCD 패널의 생산에 필요한 글라스, 백라이트용 램프, 도광판에 사용되는 아크릴판 등의 부품 공급 애로가 예상되고 있다. 특히 투자에서 양산까지 많은 시간이 소요되는 글라스의 경우 더욱 공급 부족에 대한 우려감이 크다. 아울러 백라이트용 램프 등도 공급 부족의 가능성이 있어 LCD 부품생산 분야에 대한 벤처기업들의 참여 확대도 예상된다. ❏

〈참고문헌〉

- (1) 장태성, 디스플레이 산업 동향과 전망, 한국전자부품연구원, 2002.
- (2) 생활산업발전전략기획단, 2010 생활산업 비전과 발전전략, 2002.
- (3) 신성문, 대형 TFT-LCD 시장 공급 과잉 논란, 정보통신정책, 정보통신정책연구원, 2003.
- (4) 신찬훈, 21세기 평판 디스플레이 산업 비전과 발전 방향, 한국전자부품연구원, 2002.
- (5) Quarterly Worldwide Flat Panel Forecast Report, Display Search, Q2'03, 2003.
- (6) 신성문, 정보통신 산업동향 중 제2장 정보통신기기, 제3절 TFT-LCD, 2003. 6.
- (7) LCD 시장통계, 한국전자부품연구원, 2003.
- (8) 이한규, FPD의 산업동향, 한국전자부품연구원, 2003. 7.