

TFT-LCD의 동향과 과제

이 춘 삼
 럭키엔지니어링(주)
 설비사업부 / 부장

1. 머리말

액정 Display(LCD)는 고정세, 고휘도, 고품위화 등의 대단한 기술향상을 가져오게 하였다. 시장도 급격히 확대 되었으며, 1991년에 2.5Billion Dollars, 1995년에는 8Billion Dollars, 2000년에는 15Billion Dollars 규모로 성장하는 유망시장으로 예측되고 있다. LCD는 Electronics 분야에서도 가장 중요한 Key-Device의 1개의 분야로 성장되었다.

특히 TFT-LCD는 CRT의 선명도, 미적으로서의 접근, 휴대성으로는 CRT를 능가한다. 나중에는 가격면에서도 동등한 조건에 근접하고 있다. 여기에서는 LCD기술의 발전흐름과, 최근의 TFT-LCD를 중심으로한 상품개발 현황과 금후의 과제에 대하여 개괄적으로 서술하기로 한다.

2. LCD의 발전

LCD 응용에서는 액정의 저소비전력·저전압구동이여야 하는 특징이 있으며, 1973년 전탁시계의 양산개시 이래 게임용, 계측용,

워플, 펜콤용과 순차정보표시 Display 용도를 중심으로 발전되어 왔다. 한편, 1983년 Activematrix 액정(이하 AM-LCD로 칭한다) TV 개발이후 화상표시 Display 시장으로의 진출이 시작되었다.

근래에는 Display의 왕자로 군림하고 있는 CRT의 응용분야의 대체 되어야 함은 21세기 고도정보사회의 필연적요구가 된다. 새로운 상품을 창조하기 위한 중요한 Key-Device로 인식하는 것도 과언이 아니다.

현재의 액정시장은 단순 Matrics형 LCD(대형에서 소형 Matrics를 포함한다)가 견인차적 역할을 함으로써 이 분야의 점유율을 90% 이상 점유하고 있는 것이다. 이것은 그림 1에서 보는바와 같이 기술의 Progress, 즉 TV기술에서부터 STN, DSTN(2층 STN), 그 위에 Film 정상 1층 STN(FSTN)이나 TSTN(3층 STN) 같은 신기술 창출에 크게 기여하게 되었다.

한편 Activematrix형 액정 Display(AM-LCD)는 화상이 매우 양호하다. TV용 Display에 대하여 절대적인 우세를 가져오게 하였던 것이다. CRT에 대항하여 이것을 능가

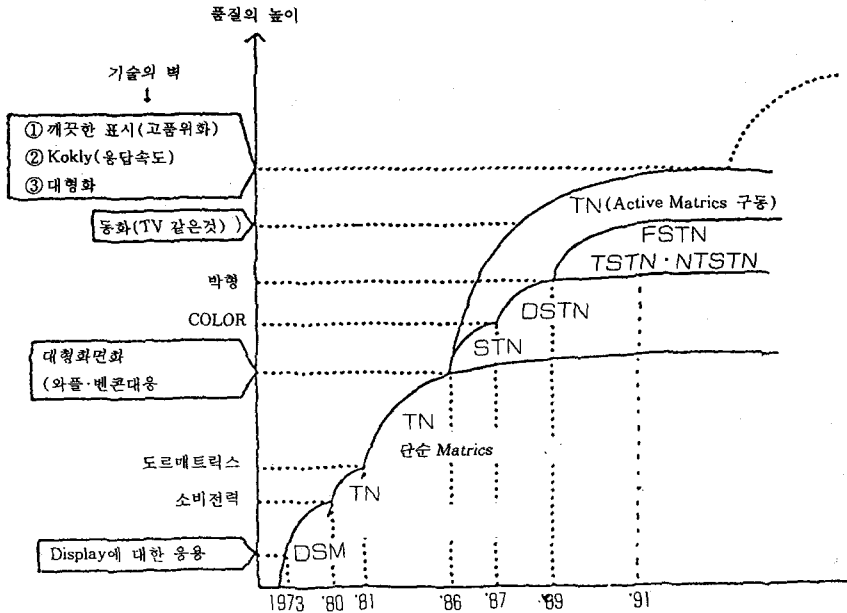


그림 1 액정기술 Progress

하는 최초의 Display장치의 기반을 세우는데 대한 시작이 되었다 1984년에는 최초 2인치 대각 AM Color 액정 TV가 시장에 출현한 이후 대체로 3~5인치 중소형 크기 중심으로 상품화가 진전되어 왔다. 이러한 사이에 반도체 집적회로기술자의 참여, 설비메이커 및 재료 메이커의 본격적인 개입으로 인하여 기술 개발과 생산기술의 축적이 가능하게 됨에 따라 서서히 대형화가 실현되기에 이르렀다. 1991년에는 HDTV에 대응하는 액정 Projection이 발표되었다. 1992년 1월에는 직시형(直視型) 16.5인치 Full Color-TFT-LCD가 시작품으로 발표되었다. 표 1에서 액정의 역사 표 2에서는 액정 Display의 상품전개를 표시하였다.

표 1. 액정의 역사

1888	Reinitzer	액정물질 상태의 발견
1889	Lehman	액정의 복굴절성의 발견
1922	Friedel	액정상태물질의 분류시행 • 네마텍상 • 코레스티릭상 • 스멕틱상
1958	Ferguson	사드그래피 발명
1968	Heilmair	DSM 모드도 디지털 시계를 시작
1971	Schadt	TN 모드 발견
1972	Fischer	TFT의 제안
1980	Clerk	강유전성 액정의 발견
1985	Scheffer	SBE의 제안

표 2. 액정 Display의 상품전개

발견	1888	오스트리아 식물학자 라이닉스	
탄생	1868	미국 RCA 화일마이아	
상 품 전 개	1973	duty LCD	
		Active LCD	
		전탁 및 손목시계	
		75 세그먼트	
	79 전산기(도트메트릭스)		
	82 계측기		
	83	포켓컴퓨터	포켓칼라 TV(시작품)
	84	차량용 계기	" (2" TFT)
	86	서플(STN)	" (3" TFT)
	87	OHP	비디오 모니터
	88	Lap Top Computer(B/W)	14" CTV(시작품)
89	노트 컴퓨터	비디오 프로젝타	
90	17" TSTN-LCD(B/W)	HDTV 프로젝타·칼라 LT 컴퓨터	
91	FLC Display(시작품)	벽걸이 TV·칼라 Note 컴퓨터	

3. 시장동향

90년대는 ISDN이나 HDTV(고품위 TV) 및 통신위성의 본격적 이용에 따라 나비케이션 시스템 등의 이동체통신의 보급, 컴퓨터 분야에서의 대용량 고속 정보처리화 기술의 진전을 필두로 16MDRAN, ASIC System on chip 화 등이 대표적이며 LSI Device분야의 고집적화, 고밀도화 기술의 진전에 따라 21세기를 향한 Electronics기술의 집대성이 급속히 진전될 것으로 예측된다. 이러한 Michine Interface, 정보기기와의 Interface의 역할은 지금까지 이상으로 중요하다. 현재 컴퓨터에 채용되기 시작한 GUI(Graphical User Interface)는 초심자까지도 Display를 보고 컴퓨

터 조작이 용이하게 Interface에 주목할 필요가 있겠다 하겠다. Color-FPD를 Interface 되어 응용할 금후의 전자기기의 지대한 Trend의 하나인 화상, 음악, 동화(動畫)표시가 가능하며, 그 위에 Interlocktive(대화형) 같은 기능도 추가하여 멀티미디어 대응하는 Display를 갖춘 Potable 기기 종류가 있다. 또한, HDTV에 대응하는 대용량·고정세(高精細)·대화면 Display 시스템도 여기에 가세하고 있는 실정이다.

판콰는 Lap Top형에서 Note Book형에 이르기까지 스탠드아론형에서 퍼스널레벨(Personal Level)의 분산정보처리 시스템으로 전개하는것이 나오고 있다. Key Boardless를 추구한 Pen 입력 Board가 등장하여 새로운

Pointing 방식의 Mouse에서 Track Ball을 사용하여 보다 사용하기 쉬운 것들이 나올 것이다.

Desk Top형에서는 Multi Media의 본격적 상품화가 시작된 이래 금후에는 Lap Top형으로 급속히 옮겨가고 있다. 각 기기의 Down sizing화의 방향으로 진전되고 있으며 특히 입력에서 출력까지 일관된 컬러화 시대로 빠르게 다가올 것으로 예상된다.

4. TFT-LCD기술의 동향

TFT-LCD에 있어서 새로운 수요창출 상품화 상황을 다음에 열거해 본다.

① Computer의 Down sizing화를 개인휴대용 제품으로 실현하는 OA Display

② 「개(個)의 시대」를 실현하는 Pocketable TV에서 꿈의 벽걸이형 TV용의 AV용 Display

③ Home Sheata를 실현하는 Projection TV용의 AV용 Projection Display

④ 이동체통신의 신장에 따른 자동차용 Display

⑤ Multimedia 대응 AVCC용 Display
여기서, 구체적인 예로, 표 3에 Sharp사의 TFT-LCD의 최근의 제품상황을 보여준다.

금후에 TFT-LCD 기술의 동향은 아래 항목처럼 중요하다 하겠다.

① 박형화, 저소비전력화, 경량화

② 고정세화·대용량화

③ Multimedia 대응

④ 액정 Projection의 고휘도화, 고정세화, Wide 화면화

표 3. SHARP TFT-LCD 제품상황

		표시 SIZE	화 소 수
영상용 직시형	A V 칼 라	3형(3")	29,796 (234×382) DOT
		4형(4")	37,362 (234×479) "
		5.7형(5.7")	57,600 (249×720) "
		9형(8.6")	145,920 (456×960) "
		16.5형(16.5")	409,400 (480×2559) "
프로용	프 젝 션 용	3형(3")	234×382 (89,50 화소)
		2.8형(2.8")	455×479 (218,880 화소)
		3.6형(마이크로 렌즈부)	480×234 (112,320 화소)
		5.5형(5.5")	1000×1200 (1,200,000 화소)
OA용 라	O A 용 라	10형(10.4")	640×480 (307,200 화소)
		10형(9.8")	640×400 (256,000 화소)
		8.4형(8.4")	640×480 (130,200 화소)
		12형(11.8")	1024×768 (786,432 화소)

각 연구기관, Maker 및 주변산업관련 회사는 이러한 항목, 과제에 대하여 협조 체제로 착실히 마무리하여 나가는 것이 과제라하겠

5. TFT - LCD생산 Process에 있어서 금후의 과제

반도체 Process기술을 기본으로 한 Color TFT - LCD는 1980년대 후반에서 90년대를 지나는 동안 Flat Panel·Display의 원칙으로 인식되었다. 1980년대 후반부터 1990년에 있어서는 대형 Panel Maker 각사의 경영의 Top의 결단으로, 투자를 개시하여 온 시기를 제1기로 볼 수 있으며, 그리고, 1990년부터 1992년에는 각 회사의 기술진들이 「Color 액정의 근본은 TFT」에 있다는 것을 증명하게 되었다.

제1기의 TFT의 Line은 반도체 Process 장치를 대면적화 하였다. 1992년부터 1993년 이르는 제2기 Line은 처리능력의 향상, 1994년 이후의 제3기는 Line은 Process 및 재료를 근본으로 보고 「1994년에 5만엔」의 목표를 이루는 것이 과제였다(표 4). TFT - LCD의 생산기술의 과제는 「저 Cost화」를 향하여 나가기 위한 것은 아래의 각항이 되겠다.

① 박막형성기술(CVD, Sputter) 및 미세 가공기술(노광, Etching)의 균일성개선과 생산처리능력 향상

② Process의 간략화(Mask 매수의 절감)의 개발

③ 자동검사 평가기준 (TFT 기판자동검사 기술, 표시특성 자동검사기술)의 확립

표 4. TFT·LCD 생산 라인의 과제

기	연 대	주요 테마	10인치 가격 (예상)
제1기	1990~1991	수율의 향상	20~30만엔
제2기	1992~1993	처리능력의 향상	10~20만엔
제3기	1994~1995	재료비의 절감	5~10만엔
제1기		<ul style="list-style-type: none"> • 생산설비가 LSI용 설비를 대형화하기 위한 처리능력이 떨어짐. • 수율향상에 주력하여 안정적인 생산을 달성시킬 필요가 있다. 	
제2기		<ul style="list-style-type: none"> • 처리능력을 현재의 1열로 되는 것을 근본적 개선이 필요. 여기서는 <u>생산성 향상</u>과 자동화에 의한 <u>지체시간의 삭감</u>을 동시에 달성할 필요가 있었다. 	
제3기		<ul style="list-style-type: none"> • 재료(Glass, LSI, 실장, 팩크라이트 등)의 철저한 절감식견 필요 (2, 3기는 동시진행이 필요) 동일기관위에서의 교차부위를 없애기 위한 구성등이 검토되고 있으나, 동일기관 위에서의 Short를 떨어뜨리는 방법도 과제이다. 	

④ LCD 및 주변재료의 Cost 절감(Glass, Color Filter 주변의 드라이바, 팩크라이트)

⑤ 고밀도 실장기술의 개발(COG, 모노리직화)

TFT - LCD 각 공정에서의 과제를 표 5에 표시하였다.

다음으로 중요한 과제에 대하여 2~3항목으로 정리할 수 있겠다.

(1) 수율향상의 과제

표 5. AM-LCD 각 공정에서의 과제

공정	과제	방안
TFT Process	고품위·고안정화 기술 고수율·저Cost화 기술	<ul style="list-style-type: none"> • TFT 건조(부가용량방식 축적용량방식) • 어드레스 Line의 저항화(Ta·Cr→Al) • 고이동변화(P-Si TFT) • Mask 매수의 절감 • 용장설계·검사수정기술
LCD Process	<ol style="list-style-type: none"> ① 컬러 필터 ② 고시야 각화기술 ③ 고내구성화(온도·광)기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 저 Color(인쇄방식), 고내구성(Color Filter 기술개발) • 액정재료 표시모드의 검사·최적화 • 후리카래스 구동법개발 • 박형고휘도·고효율 백크라이트 개발
실장 Process	<ol style="list-style-type: none"> ① 미세접속 기술개발 ② 고속 저 Cost 드라이버의 개발 ③ 고품의 구동법 ④ 고효율·균일 백크라이트 	<ul style="list-style-type: none"> • SSTCP COG·드라이버 및 일체화기술개발 • 저전압구동 Digital 드라이버 개발 • 후리카래스 구동법 개발 • 박형고휘도·고효율 백크라이트 개발
평가 Process	<ol style="list-style-type: none"> ① Device Simulation 기술 ② TFT Process 중간 평가기준 ③ Etching 	<ul style="list-style-type: none"> • 설계·해석용 시뮬레이터의 개발 • 각종 수정검사(프로그램 전기광학효과 등)법의 개발 • 표시품위의 자동
제조설비	<ol style="list-style-type: none"> ① 설비의 효율화 ② 성막 Process Particle 제어 ③ 후론체스 세정법 	<ul style="list-style-type: none"> • 반도체적수법·PWB적 수법의 도입 • 신 성막법 (열 CVD법·고주파 CVD법 등)의 개발 • 메카소닉법·수세정법 등의 개발

① 필요 Clean Class

10인치 Panel에서 80%의 수율을 얻기 위한 Clean 환경은 256K DRAM에 90%의 수율을 얻는 Clean 환경에 해당하는 Simulation이 된다 그림 2에 Clean Level과 수율을 Simulation으로 보여준다. 그러나 Glass기판에서 시리카의 용출(容出), 기판에서의 재부

부착이나 분리같은 것도 LCD 특유의 Cleans화 저해요인을 막기위한 일단의 Clean화 대책이 필요하다.

② Mask 매수절감(각 공정에서의 먼지 발생방지와 공정간소화).

2단자소자형이 TFT에 비하여 유리하지만 3단자(TFT, 소자형에도 Mask 수가 2~3매

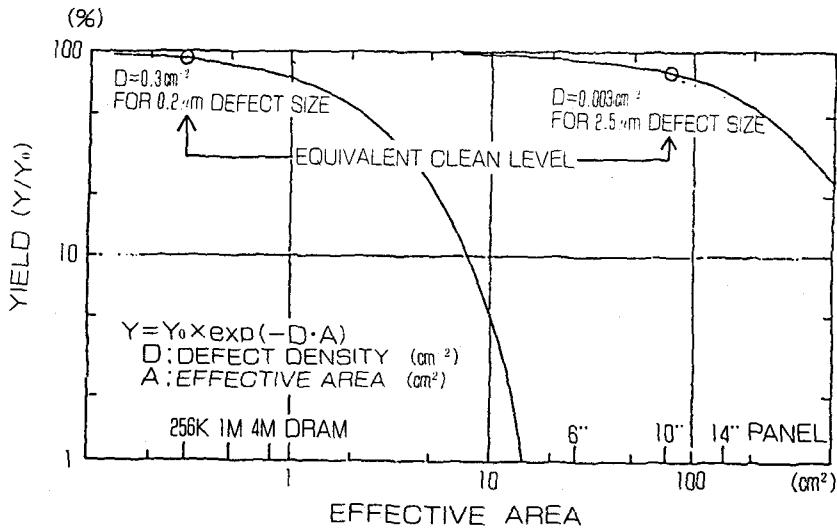


그림 2 Clean Level과 수율의 비교

의 Process도 시도되고 있다. 금후의 계속되는 과제이기도 하다.

- ③ TFT-LCD 구조설계(각피 발생원인)
- ④ 용장성부가

점각피(고차부위) 대책으로 1화소에 2개 TFT를 설치하는 방법, 화소를 복수의 Serve·화소로 구성하는 방법등이 있으나, 표 6에 각종 용장방식에서의 이해특성을 보여준다.

⑤ 검사·수정

각종 결합검사법에 따라, 짧은시간에 결함을 검출하여, Laser등에 따라 Busline이나 TFT의 보수를 할 필요가 있다. 당면한 수율 향상책도 중요하다. 현재 목시검사에 의존하는 TEST 항목의 자동화를 하는 것을 빨리 할 필요가 있는것도 큰 과제이다.

(2) 대형화 고정세, 대용량화 기술에서의 과제

① 개구율

고정세화에는 Busline선수를 증가시키기 위해 개구율 향상이 필요하다. 현재 3~10인치 Class의 AM·LCD에도 3~4%(편광판 2매, 약 36%, Color Filter 20~25%, 개구율 40~45%)보다 적게 하기 위하여 품위향상, 성전력을 위해서도 기술개발이 바람직하다 하겠다.

투사형에서는 특히, 빛(光)이용 효율이 중요하다. 대책으로는 반사형이나 편고아판에 있지 않은 PDLCD등의 개발이 시작되고 있으나, 재료, 광학계등의 과제가 크다.

② 저저항 배선재료

대형의 고정세화 되기 위해서는 게이트바스라인 등의 시정수가 크게되는 문제와 표시전극에서의 표식되는 시간이 짧게 되는 문제이다. 이러한 대책과 Ta계·배선재의 합금화, 2층화등이 검토되고 있으나, A1의 양극산화법의 개발에 의한 실마리가 보인다. 그러나

표 6. 각종 용장방식과 이에 따른 이해 손실 방법

방 법	해 설	장 점	단 점
(1) 복수 TFT	1화소에 대응으로 복수의 TFT를 설치, TFT ON 불량으로 인한 점교차의 발생을 억제한다.	▷공정수의 증가는 없다 ▷수정불필요	▷TFT Leak에 의한 단점 발생을 증가 ▷개구율저하
(2) 예비 TFT	1화소에 있어서는 복수의 회소에 대하여 1개의 TFT를 설치, TFT에 의한 회소결합이 생기는 경우에 이것을 접속한다.	▷TFT 공정수의 증가는 없다 ▷On 불량, Off불량 TFT의 교체접속 가능	▷TFT의 절단, 접속공정필요 ▷개구율저하
(3) 복수바스·라인	1회소에 대한 바스·라인이 2본 있어서는 2회소에 대하여 3본으로 합침. 바스라인을 복수설치, 바스라인 단선을 제어한다.	▷공정수의 증가는 없다. ▷수정불필요	▷개구율저하 ▷바스·라인간 Laek의 발생을 증가
(4) 바스·라인 예비 배선	소자 영역내에 예비배선을 설치 바스라인의 단선이 생기는 경우 바스라인 화소부근에 예비배선의 접속을 한다. 단선을 구제한다.	▷TFT공정수의 증가는 없다. ▷개구율의 저하가 안된다	▷예비배선접속공정필요
(5) 바스·라인 다중배선	바스·라인을 복수의 층으로 구성한다. 단선을 억제한다.	▷개구율의 저하가 안됨 ▷수정불필요	▷공정이 증가하는 경우가 있다
(6) 회소분할	1회소 복수로 분할한다. 여러곳에 TFT를 설치한다.여기에 따라서 결합을 볼 수 있도록 한다.	▷공정수의 증가는 없다. ▷수정불필요	▷개구율저하

이런 내식성, 내 편/홀성의 크게되는 재료개발이 필요하다.

③ P-Si-TFT-LCD

비디오카메라의 뷰화인더 용기나 소형

Projecter 방식 TV용에 고온 Process P-Si-TFT-LCD가 실용화 되었다. 이것은 소형화에 유리, 광감도는 나쁘지 않으며, 본체 이동도가 크며, 구동, 회로는 TFT어레이는 공

통동일기판위에 형성되는 특징이 있다. 그런, Process의 온도가 현재는 약 1000°C의 고온이다. 대형화를 위해서는 Glass기판 사용할 때 600°C 이하의 저온 P-Si Process 개발이 필요하다 하겠다.

(3) AM-LCD용 생산기술·제조기술상의 과제

반도체 제조기술을 기본으로 한 AM-TFT-LCD의 TFT-LCD Process는 수율을 좌우하는 최대요소이다. 여기에 사용하는 Design 규정은 2~3μm이나 기판 크기는 갈륨비소웨이퍼에 비해서 4~6배 정도 큰 면적이다. 강도면에서도 마찬가지이다. 또한 면적에 따른 단가 및 성능은 LSI의 수분의 1이다.

표 7. 액정 Display 기술개발과제 (용도별기술개발과제)

구 분		현 상 제 품	금후의 과제	목 표 치
단 순 메 트 릭 스	L C D	OA용 LT-PC/WP용 Note-PC/WP용 EWS용	고속화 고화질화 고시야각화	새로운 모드의 개발 • SSFLC (Surface Stabilized Ferroelectric LC) • SH (Super-homeotropic LC)
	액 티 브 메 트 릭 스	OA용	고정세화 대화면화 Full Color화 고효율화 저Cost화	640 × 400 ~ 480 → 1152 × 900 ~ 1280 × 960 9" ~ 10" → 12" ~ 15" 16단계 4096색 → 64개조 26만색이상 저역치·소전력 → 구동회로 일체화 고수율·MASK 매수저감 2단자·3단자의 사용(결용)
		T	직시형 소·중화면 TV (화면 Size 3" ~ 6")	대화면화 고정세화 고신뢰화 저Cost화
용	V 투사형	NTSC~S·VHS 10~30만화소 3매 Panel사용	고정세화 소형고밀도화 고정세화	• NTSC-VHS → ED-HDTV (10~30만화소) (30~150만화소) • 3매 a-Si 3" ~ 5" → 1~3매 P-Si 소형화 • TN·고개구율화 ← 신모일(PDLC) 편광판 없는 방법

다. 이러하기 위해서는 AM-LCD의 생산기술은 대형면적에서의 무거운 Glass 기판을 마이크론 단위의 정도로 취급되어 지지 않으면 안된다. 고속(3층 STN은 LSI 장치의 수배가 필요)으로 처리하는 것이 크나큰 과제라 아니할 수 없다. 또한 재료사용량을 얼마나 압축 절감하느냐 하는 것도 당면 과제이다.

이러한 문제에 대응하기 위해서는 단순히 반도체제조 Process 기술의 연장선상으로 보면 곤란한 사고이다. 새로운 발상에 의한 생산기술·생산설비의 개발과 함께 Glass 기판 Display 크기 등의 표준화가 급후 큰 과제가 아니될 수 없다. 표 7에서 용도별로 본 LCD의 과제를 보여준다.

6. 맺음말

LCD는 21세기에서는, LSI와 같은 시장규모로 활성화 되는 것이 기대된다.

LSI는 20년간 IC, LSI, VLSI와 함께 순차적으로 다가오면서 Micro Electronics기술을,

LCD에서는 이의 약 반분의 기간에 IC Level에서 직접 VLSI Level로 도달하는 것이 필요하다. 이를 위해 자이언트 마이크로 일렉트로닉스와 신개념에 따라 Process·재료·설비의 개발을 같은 기본으로 삼고 표준화의 과제를 국제협의를 통하여 중점적으로 하지 않으면 안되므로 이것도 또 하나의 큰 과제라 아니할 수 없다. 그러므로 지금까지 TFT-LCD의 전망, 동향 그리고 문제점 등을 서술하였다. 보다 신개념을 도입하여 반도체 Process 연장선상에서의 개념을 탈피하여 보다 나은 Process 개발을 위하여 이웃 일본을 비롯하여 선진국에서 상상을 초월할 정도 연구개발이 지금 이시간에도 진행되고 있다. 우리는 적어도 신기술의 입지가 얼마나 지대한 영향을 시장경제와 주변환경에 영향을 끼치고 있는가를 십분 이해하지 않으면 안될 것으로 사료된다. 끝으로 이 글을 보는 모든이에게 조금이나마 현업에 도움이 되었으면 더없는 기쁨으로 여기겠습니다.

뉴스

☐ 환경오염 예방일환으로 청정기술상 제정

한국과학기술연구원(KIST) 환경오염 사전예방연구회는 청정기술의 개발과 도입을 전산업체에 파급시키기 위해 「청정기술상」을 제정했다고 26일 밝혔다.

산업현장에 적용, 경제적이의를 거둔 청정기술을 대상으로 이를 개발한 개인이나 연구팀을 선정, 시상하게 된다. 수상대상자의 응모마감은 내달 31일까지이다.