

## LCD 연구 개발 동향

이 종 천

광주과학기술원 정보통신공학과

## 요 약

Liquid Crystal의 相轉移와 광학적 異方性이 1888년과 1889년 F. Reinitzer와 O. Lehmann에 의해 Monatsch Chem.과 Z. Physikal. Chem.에 각각 보고된 후 부터 제2차 세계대전이 끝난 뒤인 1950년대까지는 Liquid Crystal을 단지 실험실에서의 기초학문 차원의 연구 대상으로만 다루어 왔다. 1963년 Williams가 Liquid Crystal Device로는 최초로 특허 출원을 하였으며, 1968년 RCA사의 Heilmeyer등은 Nematic 液晶에 低周波 電壓을 인가하면 투명한 액정이 混濁상태로 변화하는 ‘動的散亂’(Dynamic Scattering) 현상을 이용하여 최초의 DSM(Dynamic Scattering Mode) LCD(Liquid Crystal Display)를 발명하였다. 비록 150V 이상의 높은 구동전압과 과소비전력의 특성 때문에 실용화에는 실패하였지만 Guest-Host 효과와 Memory 효과 등을 발견하였다.

1970년대에 이르러 실온에서 안정되게 사용 가능한 액정물질들이 합성되고(H. Kelker에 의해 MBBA, G. Gray에 의한 Cyano-Biphenyl 액정의 합성), CMOS 트랜지스터의 발명, 투명도 전막(ITO), 수은전지등의 주변기술들의 발전으로 인하여 LCD의 상품화가 본격적으로 이루어지게 되었다. 1971년에는 M. Shadt, W. Helfrich, J.L. Fergason 등이 TN(Twisted Nematic) LCD를 발명하여 전자 계산기와 손목시계에 응용되었고, 1970년대 말에는 Sharp에서 Dot Matrix형의 휴대형 컴퓨터를 발매하였다. 이러

한 단순 구동형의 TN LCD는 그래픽 정보를 표시하는 데에는 품질의 한계가 있어 1979년 영국의 Le Comber에 의해 a-Si TFT(amorphous Silicon Thin Film Transistor) LCD의 연구가 시작되었고, 1983년 T.J. Scheffer, J. Nehring, G. Waters에 의해 STN(Super Twisted Nematic) LCD가 창안되었고, 1980년 N. Clark, S. Lagerwall 및 1983년 K.Yossino에 의해 Ferroelectric LCD가 등장하여 LCD의 정보 표시량 증대에 크게 기여하였다. Color화의 진전은 1972년 A.G. Ficher의 셀 외부에 RGB(Red, Green, Blue) filter를 부착하는 방안과, 1981년 T. Uchida 등에 의한 셀 내부에 RGB filter를 부착하는 방법에 의해 상품화가 되었다. 1985년에는 J.L. Fergason에 의해 Polymer Dispersed LCD가 발명되었고, 1980년대 중반에 이르러 動畫像 표시가 가능한 a-Si TFT LCD의 試製品 개발이 이루어지고 1990년부터는 본격적인 양산 시대에 접어들게 되었다. 1990년대 초에는 STN LCD의 Color화 및 大型化 高品質화에 힘입어 Note-Book PC에 LCD가 본격적으로 적용이 되었고, 1990년대 후반에는 TFT LCD의 표시품질 대비 가격경쟁력 확보로 인하여 Note-Book PC 시장을 독점하기에 이르렀다. 이후로는 TFT LCD의 대형화가 중요한 쟁점으로 부각되고 있고, 1995년 삼성전자는 당시 세계최대 크기의 22" TFT LCD를 개발하였다. 또한 LCD의 高精細화를 위해 Poly Si TFT LCD의 개발이 이루어졌고, 디지털타이저 일체형 LCD의 상품화가 그 응용의 폭을 넓혔으며, LCD의 대형화를 위해 1994년 Canon에 의해

14.8", 21" 등의 FLCDD가 개발되었다. 대형화 방안으로 Tiled LCD 기술이 개발되고 있으며, 1995년에 Sharp에 의해 21" 두장의 Panel을 이어 붙인 28" TFT LCD가 전시되었고 1996년에는 21" 4장의 Panel을 이어 붙인 40"급까지의 개발이 시도 되었으며 현재는 LCD의 특성 향상과 생산설비의 성능개선과 안정적인 공정관리기술을 바탕으로 삼성전자에서 단패널 40" TFT LCD가 최근에 개발되었다. Projection용 디스플레이로는 Poly-Si TFT LCD를 이용하여 25"~100" 사이의 배면투사형과 전면투사형 까지 개발되어 대형 TV 시장을 주도하고 있다.

21세기 디지털방송 시대를 맞아 플라즈마디스플레이패널(PDP) TV, 액정표시장치(LCD) TV, 강유전성액정(FLCD) TV 등 2005년에 약 1500만대 규모의 거대 시장을 형성할 것으로 예상되는 이른바 '벽걸이TV'로 불리는 차세대 초박형 TV 시장을 선점하기 위하여 세계 가전업체들이 양산에 총력을 기울이고 있다. 벽걸이 TV 시장이 본격적으로 형성되더라도 PDP TV와 LCD TV가 직접적으로 시장에서 경쟁을 벌이는 일은 별로 없을 것으로 보인다. 향후 디지털TV 시장이 본격적으로 열리면 40인치 이하의 중대형 시장은 LCD TV가 주도하고 40인치 이상 대화면 시장은 PDP TV가 주도할 것으로 보는 시각이 지배적이기 때문이다. 그러나 이러한 직시형 中大型디스플레이는 그 가격이 너무 높아 현재의 브라운관 TV를 代替하기에는 시일이 많이 소요될 것으로 추정되고 있다. 그 代案으로는 비교적 低價格이면서도 고품질의 디지털 화상 구현이 가능한 고해상도 프로젝션 TV가 유력시되고 있다. 이러한 고해상도 프로젝션 TV용으로 DMD(Digital Micro-mirror Display), Poly-Si TFT LCD와 LCOS(Liquid Crystals on Silicon) 등의 상품화가 진행되고 있다.

인터넷과 정보통신 기술의 발달로 휴대형 디스플레이의 시장이 예상 외로 급성장하고 있으며, 요구되는 디스플레이의 품질도 단순한 문자표시에서 그치지 않고 고해상도의 그래픽 동화상 표시와 칼라 표시 및 3차원 화상표시까지 점차로

〈표 1〉 평판디스플레이 시장 예상(단위: 백만불)

용용 제품명	2000년	2005년	2005년 점유%
모니터	\$ 4.474	\$ 17.234	22.6%
노트북 PC	\$ 9.932	\$ 15.227	20.0%
LCD TV/HDTV	\$ 2.276	\$ 15.132	19.9%
휴대폰	\$ 2.640	\$ 14.019	18.4%
기 타	\$ 6.397	\$ 14.601	19.2%
총 계	\$ 25.719	\$ 76.213	100%

자료: MCG Report 2000

그 영역이 넓어지고 있다.

〈표 1〉에서 보여주는 바와 같이 LCD의 시장 규모는 적용분야 별로 지속적인 성장이 예상되며, 새로운 응용분야의 시장도 성장성을 어느 정도 예측할 수 있다. 따라서 LCD 기술의 연구개발 방향은 크게 두가지로 분류할 수 있으며 첫째로는, 현재 양산되고 있는 LCD 상품의 경쟁력 강화를 위하여 原價 節減과 표시품질을 향상시키는 것이며 둘째로는, 새로운 타입의 LCD를 개발하여 기존 상품을 대체하거나 새로운 시장을 창출하는 분야로 나눌 수 있다. 이와 같은 관점에서 현재 진행되고 있는 LCD 기술개발은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 1) 원가 절감
- 2) 특성 향상
- 3) New Type LCD 개발

## I. 원가 절감

가) 생산라인 규격화: ITO Glass의 이용율을 최적화하여 양산 설비를 규격화하면 재료비를 절감할 수 있고, 또한 설비 가격을 낮출 수 있다. 현재 5세대 TFT-LCD 생산라인 규격은 삼성 전자에서는 원판 규격으로 1,100x1,250mm로 정하였고, LG필립스 LCD는 1,000x1,200mm으로 설비투자를 단행했으며 샤프, 산요 등이 이에 동조하고 있다. 주력 상품이 현재의 13.3인치나 14인치에서 20인치 이상의 고부가가치 대형

제품으로 전환하려면 ITO Glass의 이용율을 감안한 전략적인 제품크기의 적절한 결정이 사업의 성공여부를 가름하는 아주 중요한 사안이다.

나) 재료비 절감 및 생산성 향상 : 생산성 향상을 위하여 1990년도의 1세대로부터 최근의 5세대까지 점차로 투입 Glass의 크기를 늘려왔다. 생산 설비의 공정 자동화로 먼지관리를 효율적으로 하며, 각 샘플의 전체적인 공정 및 사후 이력관리를 통하여 불량 요인을 파악 처리하는 등 생산성과 수율향상을 꾀하고 있다. 또한 LCD Module에 소요되는 부품수를 줄임으로서 원가 절감과 공정관리의 단순화를 통한 불량을 최소화할 추진하고 있다. Poly-Si TFT LCD의 공정온도를 450°C 정도로 낮추어서 대형 유리기판을 적용하는 연구도 지속적으로 진행되고 있다.

다) 고부가가치 상품화 : LCD의 특성을 살려서 IMT-2000용 단말기를 비롯한 휴대형 정보통신 기기용의 디스플레이, 고해상도 디지털 TV용 LCD, 3차원 디스플레이 등의 고가격이면서도 상대적으로 경쟁력이 있는 제품에 적용하는 것도 상대적으로 원가절감 방안이다.

## II. 특성 향상

가) 시야각 개선 : LCD의 대형화와 더불어서 아직도 가장 중요한 개발 항목 중의 하나이며, 현재 In Plane Switching, Multi-Domain VA (Vertically Aligned) Mode, Hybrid aligned nematic compensator, FLC와 AFLC (Antiferroelectric LC) 그리고 Bistable Nematic LC나 Cholesteric LC Mode 등의 Memory Type LC Mode를 사용하여 시야각 개선과 반응속도 개선등을 추진하고 있다.

나) 경량화 : ITO Glass 기판의 두께가 1.1mm에서 0.7mm 그리고 0.5mm까지 점점 얇아지고 있으며, 0.4mm의 유리나 硬化플라스틱 기판이 적용되기도 한다. 또한 한 장의 유리기판 위에 PDLC 필름을 형성하는 새로운 방법이 연

구되고 있으며, 0.1mm 두께의 Flexible Plastic 기판을 적용하는 방법도 상품화가 시도되고 있다.

다) 밝기 : Backlight가 장착된 LCD는 투과형 Cholesteric color filter나 광배향된 Micro-Corrugated 광학필름을 사용하여 밝기와 시야각을 개선하는 방안이 연구되고 있으며, Frontlight를 적용하는 LCD는 효율적인 광학필름을 개발하고 있다. 프로젝션에서는 안정적인 수명과 고효율의 광원 개발이 추진되고 있으며, 일반적으로 사용되고 있는 UHP(Ultra High Pressure) 수은등의 경우 arc-gap과 반사모듈의 최적화를 통한 광이용율의 향상과 열특성 분석을 통한 수명향상 등이 연구되고 있다.

라) 低전력소모 : Bistable LC Modes나 低전압 구동의 액정물질의 적용으로 구동회로의 전력소비를 절감하는 방안과, 반사형 Cholesteric LC Mode나 Frontlight를 적용하여 Backlight의 전력소모를 줄이는 방안 등이 강구되고 있다. 또한 고효율 dc-dc convertor를 사용한 Low-Power IC를 적용하거나 각 화소에 static memory를 형성하여 저소비전력을 가진 폴리-Si TFT LCD의 개발이 추진되고 있다.

〈표 2〉 주요 평판디스플레이의 종류별 특징

구분	TFT-LCD	PDP	OELD*
장점	-경박 -저소비전력	-경박 -대면적	-경박 -고선명·고속
단점	-소형 -좁은 시야각	-고가격 -고소비전력	-소형 -저수명
크기	40인치 이하	40~70인치	20인치 이하
개발 단계	양산중	양산초기	개발중, 시험생산
적용 분야	-노트북PC, -PC모니터, -TV -IMT-2000, -Car Navigation 등	-벽걸이 TV	-IMT-2000, -Car Navigation 등

\* 1) OELD : Organic Electro Luminescent Display

〈표 3〉 주요 Microdisplay의 특성 비교

	DMD	p-si TFT	LCOS
T/R	Reflective	Transmission	Reflective
Switching	Mechanical Mirror Switching	Polarized Light LC Switching	Polarized Light LC Switching
구조	SRAM B/P Hinge Mechanical Mirror	TFT B/P LC Color Filter ITO Glass	SRAM B/P LC Color Filter ITO Glass
목표가격(720P HDTV)	\$ 500	\$ 300	\$ 120
최대해상도	1280x1024	1600x1200	2560x2048

마) 고해상도화: 정보의 디지털화 및 화면의 대형화와 더불어 기존의 800-1024 라인의 HD TV급을 뛰어 넘어 반사형 LCOS등을 이용한 1900-2048 라인의 초고해상도 디스플레이의 상품화가 추진되고 있다.

### III. New Type LCD 개발

가) Microdisplay: 휴대형 정보통신기기의 급속한 성장으로 초소형, 저전력소모, 고품위의 디스플레이 수요가 급증하고 있다. 이에 대한 가장 유력한 후보로는 투과형 LCOS가 캠코더용으로 적용되고 있으며, 고해상도의 프로젝션 디스플레이와 Near to Eye용으로는 반사형 LCOS가 개발되고 있다.

나) Flexible LCD: 휴대형 전자기기는 輕量化와 耐충격성이 우수해야하고, 공간의 제약을 최소화하기 위해서는 유연성이 좋은 플라스틱 기판을 사용한 LCD가 필요하다. 현재 2cm $\phi$ 로 구부릴 수 있는 Plastic 기판을 사용한 샘플이 개발되고 있으며, 평탄도, UV 硬化층, 박막 및 필름 접착력 강화, 열적 안정성, 광투과율, 耐화학성 등과 관련한 플라스틱 기판 특성들의 개선이 진행되고 있다.

다) 반사형 LCD: 디스플레이의 전력소모를 최소화하기 위해서는 Backlight를 사용하지 않

는 반사형 Mode의 TN이나 STN LCD를 사용하지만 편광판의 사용이 필수적이기 때문에 화면이 어둡게 보이는게 단점이다. 편광판을 사용하지 않는 Cholesteric Texture LCD의 개발이 활발하고 현재는 16 Grey scale, STN LCD Driver를 사용할 수 있도록 Low Voltage Driving이 가능하고, 구동속도가 1ms/Line 이내로 개선되고 있다. Contrast 개선을 위해 Dichroic dye를 섞은 Polymer Stabilized Cholesteric Texture Mode나 구동전압을 낮추기 위해 수직 배향된 Dyed Cholesteric LC Mode 등이 연구되어지고 있다. 또한 어두운 환경에서도 반사형 LCD를 볼 수 있도록 Frontlights를 적용하기도 한다. Smartcard나 신용카드 등에 정보를 표시할 수 있도록 Cholesteric Texture LCD, Zenithal Bistable LCD와 더불어 열과 전기적으로 입력과 삭제를 할 수 있는 Rewritable LCP 디스플레이의 연구도 진행되고 있다. Zenithal Bistable LCD는 기존 STN Driver를 사용하고 200dpi의 해상도와 반사율 30% 반사형 모드로 Contrast 9:1의 특성을 얻고 있다.

라) 기타: Bistable SSFLCD(Surface Stabilized FLCD)와 PSFLCD(Polymer Stabilized FLCD) 등이 지속적으로 연구되고 있으며, half-wave 또는 integer-wave retardation film을 사용하여 투과율 33%와 Contrast 120:1의 특성을 갖는 Compensated Bistable TN LCD가 개발되고 있다.

## 저자 소개



李鍾千

1981년 2월 전북대학교 물리학과 학사 1983년 8월 전북대학교 물리학과 석사, 1990년 5월 미국 오하이오 켄트주립대 물리학 박사, 1990년 6월~1998년 4월 : 삼성SDI 종합연구소, 삼성종합기술원 수석연구원, 1998년 5월~1999년 7월 : 에스아이텍 대표, 1999년 8월~2000년 1월 : 세종대학교 물리학과 겸임교수, 2000년 2월~2002년 6월 現在 : 광주과학기술원 정보통신공학과 연구부교수, <주관심 분야 : Flat Panal Displays, Optical Devices>