

기술 특 집

플라스틱 LCD의 기술 및 상용화 동향

김완수 (동아대학교 미디어다바이스 연구센터)

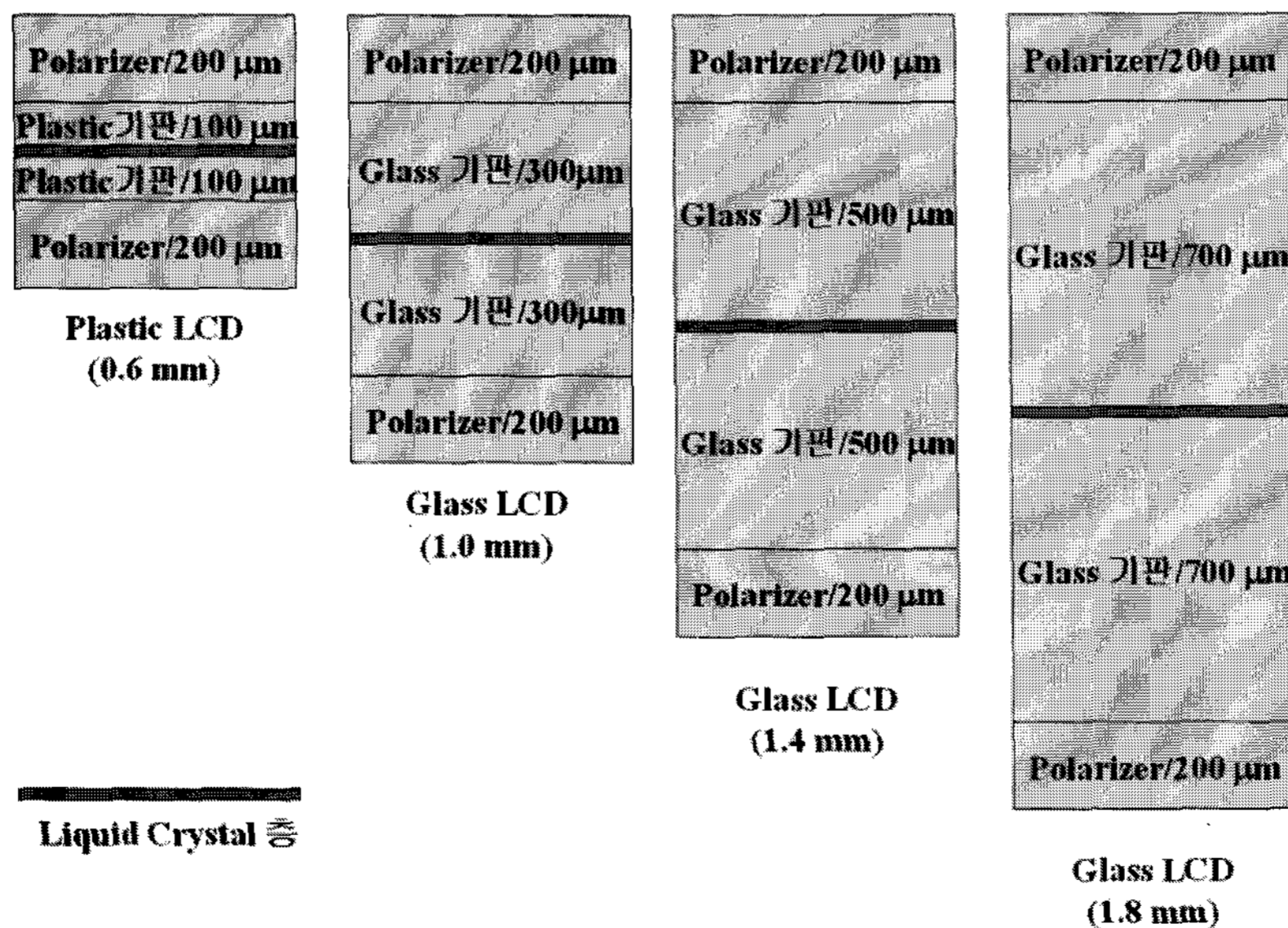
I. 플라스틱 LCD의 기본개념

정보표시소자(Information Display)는 일반적으로 디지털 정보(Digital Information)를 사람의 눈이 인식할 수 있도록 표시하는 매체가 되는 소자(Display Media Device)이다. 오늘날 '기존'의 정보표시소자는 액정표시소자(Liquid Crystal Display/LCD)를 비롯한 평판표시소자(Flat Panel Display/FPD)가 기술(Technology)과 시장(Market) 측면에서 이미 성숙기에 진입해 가고 있는 상태에서, 저가격화 기술(Low Cost Technology)만이 그 양과 질의 발전과 진보를 이끌어 가고 있다. 특히, 1990년대 이후 성취된 LCD 부문에서의 기술적 진보-성능 측면에서 광시야각(Wide Viewing Angle)화 및 고속응답(Fast Response)화, 생산성 측면에서 액정의 적하주입(One Drop Filling/ODF)에 의한 생산시간단축과 대면적화 등-는, 1990년대 중반 이후 LCD를 탑재한 노트(Note) PC, 모니터(Monitor), 및 휴대폰(Mobile Phone)의 대중화는 물론, 2000년대 들

어서, 대형 LCD TV의 상용화를 가능하게 했다.

한편, '다음 세대'의 정보표시소자(Next Generation Information Display)는, '평편한(Flat)' 표시소자를 넘어서, '유연한(Flexible)' 표시소자, 즉 플렉시블 디스플레이(Flexible Display)를 구현하기 위한 기술의 완성과 상용화를 위한 도전으로 나아가고 있다. 이 플렉시블 디스플레이는, 기존의 평판디스플레이에 비하여, 사용공간의 절감과 휴대의 편리성 측면에서 획기적인 돌파구(Breakthrough)를 마련하여, 언제 어디서나 필요한 정보에 접근할 수 있고 정보를 처리하고 교환할 수 있게 해주는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)의 구현에 필요한 강력하고 최적의 정보표시소자 솔루션을 제공할 수 있을 것으로 인식되고 있다.

'플라스틱' LCD(Plastic LCD)는 기존의 '유리' LCD(Glass LCD)와는 달리, 유리 기판(Glass Substrate)대신에, PES(Poly Ether Sulfone) 또는 PC(Poly Carbonate) 등의 플라스틱 기판(Plastic Substrate)을 사용한다. 플라



[그림 1] 플라스틱 LCD와 유리 LCD의 구조 및 두께

스틱 LCD에 사용되는 플라스틱 기판의 특성은, 플라스틱 LCD 제품 및 그 기술의 특성을 규정한다.

즉, 얇고(Thin/플라스틱 기판의 두께=100~200 μ m, 반면 유리 기판의 두께=300~700 μ m), 가볍고(Light), 유연하고(Flexible), 깨어지지 않고 견고하며(Unbreakable and Rugged), 외각 디자인의 자유도가 있는(Design Free) 플라스틱 기판의 기본적 특성에 기인하여, 플라스틱 LCD는, 종래의 유리 LCD에 비하여, 얇고, 가볍고, 유연하고, 깨어지지 않고 견고하며, 외곽 디자인의 자유도가 있는 특성을 갖는다. 이러한 특성은, 앞에서 언급한 바와 같이, 사용공간의 절감과 휴대의 편리성이라는 유용성과 편리성을 제공하여, 대표적인 '차세대 디스플레이'인 동시에 대표적인 '플렉시블 디스플레이'로서의 위상을 플라스틱 LCD에 부여한다.

그러나, LCD를 제조하는 공정(Process) 중에 반드시 경험하게 되는, 압력(Pressure), 온도(Temperature), 수분(Water) 등의 외부 충격(External Stress)에 대하여, 기존의 유리 기판보다 훨씬 더 민감하게 반응하는 플라스틱 기판의 특성은, 플라스틱 LCD의 공정기술-장비 및 재료 포함-의 확보 측면에서, 그리고, 제품의 특성, 신뢰성, 수명의 확보 측면에서, 나아가서는, 기술의 완성도와 상용화 성취 측면에서, 규명하고 해결해야 할 여러 가지 문제점과 과제를 발생시킨다.

플라스틱 LCD의 유용하고 편리한 특성을 응용제품으로 구현하기 위해서는, 플라스틱 LCD의 구성과 관련된 재료 및 부품은 물론이고, 플라스틱 LCD와 더불어 응용제품에 함께 탑재되는, 재료 및 부품 역시, 얇고 유연한 특성을 보아야 한다는 측면 역시, 플라스틱 LCD의 상용화에 있어서, 중요한 과제 중의 하나가 아닐 수 없다.

또한, 시장측면에서, 플라스틱 LCD의 유용하고 편리한 특성은, 기존의 유리 LCD 시장을 대체할 수 있는 영역을 제공할 뿐만 아니라, 기존의 유리 LCD가 도달하지 못했던

새로운 응용분야를 창출할 가능성을 제공하지만, 이러한 가능성은, 플라스틱 LCD 및 응용제품의 특성에 부합하는 기술적 진보와 더불어, 시장의 창출 및 성숙이라는 조건에서만 상용화 측면에서의 의의를 가진다고 하겠다.

본고에서는, 플라스틱 LCD의 상용화 관점에서, 플라스틱 LCD 기본 개념, 응용, 시장, 기술 개발 및 상용화 동향에 대하여 살펴보기로 한다.

II. 플라스틱 LCD와 다른 디스플레이와의 비교

플라스틱 LCD는 기존의 유리 LCD의 완성되고 성숙한 모든 인프라구조에 기반을 둔다는 측면에서 다른 디스플레이의 플렉시블 또는 플라스틱 버전에 비하여 성능(특성, 신뢰성, 수명), 기술 및 제품개발, 생산, 상용화 측면에서 유리한 위치를 점유하고 있다고 할 수 있다.

발광소자이므로 소비전력이 높다는 문제점-특히, 휴대형 소형기기의 경우에는 심각함-을 갖는 유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode/OLED)의 플렉시블 또는 플라스틱 버전에 비하여, 플라스틱 LCD는, 수광 소자이므로 반사형 모드(Reflective Mode)를 적용하면-백라이트(Back Light)는 선택(Optional)적으로 어두울 때만 사용가능-소비전력상 유리하다.

기본적으로 색의 구현이 제한되어 있고 동영상(Moving Image)의 구현에 대응하기 어려운 전기영동디스플레이(Electro Phoretic Display/EPD)나 전기변색디스플레이(Electro Chromic Display/ECD)의 플렉시블 또는 플라스틱 버전과는 달리, 플라스틱 LCD는, 풀 칼라(Full Color) 및 동영상의 구현에 대응이 가능하다.

[표 1] 다른 디스플레이와의 비교

항 목	LCD(Liquid Crystal Display)	EPD(Electro Phoretic Display)	ECD(Electro Chromic Display)	OLED(Organic Light Emitting Diode)
소비전력	수광소자이므로, 반사형 모드를 적용하면, 소비전력상 유리함	좌동	좌동	발광소자이므로, 소비전력이 높다는 문제점(휴대형 소형기기의 경우에는 심각)
Color	Full Color 가능	색의 구현이 제한됨	색의 구현이 제한됨	Full Color 가능
응답시간	동영상 대응 가능	동영상 대응 불가	동영상 대응 불가	동영상 대응 가능
구 동	PM(TN & STN)/AM (TFT) 가능	AM(TFT) 구동만 가능	PM(TN & STN)/AM(TFT) 가능	PM(TN & STN)/AM (TFT) 가능
신뢰성 및 수명	Glass LCD에서는 양호/Plastic LCD는 소자의 신뢰성 및 수명 문제 해결 필요	재료/소자의 신뢰성 및 수명 문제 해결 필요	재료/소자의 신뢰성 및 수명 문제 해결 필요	재료/소자의 신뢰성 및 수명(5000~10000 시간)문제 해결 필요
양산성	탁월(Glass)/보통(Plastic)	양산 경험 없음	양산 경험 없음	보통
상용화 가능성	탁월	제한	의문	제한

기본적으로 박막트랜지스터(Thin Film Transistor/TFT)와 같은 능동구동(Active Matrix Driving)만 가능한 전기영동디스플레이(Electro Phoretic Display/EPD)의 플렉시블 또는 플라스틱 버전과는 달리, 플라스틱 LCD는 능동구동은 물론, 수동구동(Passive Matrix Driving)이 모두 가능하다.

III. 플라스틱 LCD의 응용

일반적으로 플라스틱 LCD의 응용영역은 기존의 유리 LCD를 대체할 수 있는 응용영역과 기존의 유리 LCD가 접근할 수 없었던 새로 창출된 응용영역으로 크게 구분할 수 있다.

플라스틱 LCD는, 종래의 유리 LCD에 비하여, 얇고, 가볍고, 유연하고, 깨어지지 않고 견고하며, 외곽 디자인의 자유도가 있는 특성을 갖기 때문에, 기존의 유리 LCD를 대체하여 얻을 수 있는 이익이 존재한다. 박형 경량의 휴대폰(Mobile Phone), 휴대용 개인정보 단말기(Personal Digital Assistants/PDA), 휴대용 TV(Television), 디지털 시계(Digital Watch, [그림 2]) 등 모든 형태의 디지털 휴대형 기기가 이에 해당된다.

한편, 플라스틱 LCD는, 종래의 유리 LCD에 비하여, 얇고, 가볍고, 유연하고, 깨어지지 않고 견고하며, 외곽 디자인의 자유도가 있는 특성을 갖기 때문에, 기존의 유리 LCD가 접근할 수 없었던 새로운 응용영역을 창출하여 유용성과 편리성을 제공할 수 있다. 스마트카드(Smart Card), 전자가격표시라벨(Electronic Shelf Labels/ESL), POP(Point of Purchase), 삼차원 입체 구현 소자(3 Dimensional Stereoscopic Device)-삼차원 시간분할 필터(3-D Spatial Filter) 또는 삼차원 공간분할 필터(3-D Temporal Filter), 전자 종이(Electronic Paper/E-paper), 입을 디스플레이(Wearable Display), 패션 디스플레이(Fashion Display), 벽지 디스플레이(Wallpaper Display) 등이 이에 해당된다.

이 중에서 특히, 플라스틱 LCD의 스마트카드에의 응용 [그림 3]은 플라스틱 LCD가 가장 먼저 제품화를 완성하고



[그림 2] 디지털 시계에 응용된 플라스틱 LCD(마쯔시다)



(a)



(b)

[그림 3] 스마트카드(a)에 응용된 플라스틱 LCD(b) (미디어디바이스 연구센터)

시장에 진입할 응용영역 중의 가장 대표적인 것으로 업계에서 예측되는 것이다. 플라스틱 LCD는 얇은 두께(약 0.8 mm)와 지압 등에 소지하기 위해서 필요한 유연성(Flexibility)이 함께 요구되는 스마트카드의 요구조건을 충족시킬 수 있다. 플라스틱 LCD를 스마트카드에 탑재하여 정보의 디스플레이 기능을 갖는 스마트카드를 구현하면, 카드소지자가 언제 어디서나 잔액, 포인트, 좌석번호, 보안인증암호 등의 정보에 접근할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현할 수 있는 교통카드, 전자화폐, e-Ticket, 보안카드 등으로 활용하여 그 유용성과 편리성을 제공할 수 있다.

한편, 플라스틱 LCD의 대형화 가능성은 있으나, 시장 및 기술의 성숙기까지는 소형의 휴대형 기기가 주된 응용영역이 될 것으로 예상할 수 있다.

IV. 플라스틱 LCD의 시장

플라스틱 LCD의 향후 시장규모는 현재 다양한 방법으로 예측되고 있으며, 주로 소형 디스플레이로의 시장이 형성될 것으로 예상되고 있다. 일반적으로 플라스틱 LCD 시장은 2010년에 약 1~5억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 예측되고 있다. 그러나, 플라스틱 LCD 시장은 아직 시장형성에 있으므로, 디지털 휴대형 기기 시장의 성장, 유비쿼터스 컴퓨팅 시장의 성장, 그리고 플라스틱 LCD만이 제공할 수 있는 가치를 구현한 신규 시장 창출에 의한 시장규모의 확대의 고려가 반드시 필요하다.

미국의 시장조사기관인 아이서플라이(iSuppli)에 의하면,

[표 2] 플렉시블 LCD의 시장규모

플렉시블 디스플레이 및 플라스틱 LCD 시장 (세계) (단위: 억 \$)									
구 분	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
플렉시블 디스플레이*	0.05	0.1	0.15	0.25	0.4	0.8	1.3	2.1	3.4
플렉시블 LCD**	0.025	0.05	0.075	0.125	0.2	0.4	0.65	1.05	1.7

*출처: iSuppli(06/03)

**플렉시블 디스플레이의 50% 점유 가정

[표 3] 플렉시블 LCD의 시장규모

플라스틱 LCD 시장 (세계) (단위: 억 \$)						
구 분		2005	2006	2007	2008	2009
LCD*		493.7	553.6	615.2	662.3	663.1
플라스틱 LCD**	0.5% 대체	2.5	2.8	3.1	3.3	3.3
	1.0% 대체	4.9	5.5	6.2	6.6	6.6
	3.0% 대체	14.8	16.6	18.5	19.9	19.9

*출처: 산업자원부(2005. 7)

**산업자원부 자료에 근거하여 예측

[표 4] 디스플레이를 탑재한 보안용 카드 응용에 대한 시장규모

디스플레이 탑재한 보안용 카드 [국내 및 세계 시장]						
시 기		2006년	2008년	2010년	2012년	
보안용 단말기	국 내	3,000억원*	3,600억원**	4,320억원**	5,184억원**	
	세 계***	3 조원	3조 6,000억원	4조 3,200억원	5조 1,840억원	
디스플레이를 탑재한 카드형 보안용 단말기****	국내	점유율 5%	150억원	180억원	216억원	259억원
		10%	300억원	360억원	432억원	518억원
		20%	600억원	720억원	864억원	1,037억원
	세계	점유율 5%	1,500억원	1,800억원	2,160억원	2,592억원
		10%	3,000억원	3,600억원	4,320억원	5,184억원
		20%	6,000억원	7,200억원	8,640억원	1조 368억원

[출처] *국내 보안용 단말기 업계 예측[보안용 단말기 단가*국내인터넷뱅킹 전체가입자=15,000원/대*2,000만명=3,000억원]

**20%/2년 성장 가정

***국내의 10배 가정

****기타 미디어 디바이스 연구센터 자체 산정

플렉시블 디스플레이 세계시장은, 2006년 500만 \$에서, 2013년 3억 3900만 \$로 성장할 것으로 예측되고 있다. 이것은, 83.5%의 연평균 성장률에 해당된다. 만일, 플라스틱 LCD가 플렉시블 디스플레이의 50%를 점유한다고 가정하면, 플라스틱 LCD 세계시장은 2013년에 1억 6950만 \$로 성장하는 것으로 예측할 수 있다[표 2]. 한편, 산업자원부에 의하면, 2009년, LCD 세계시장은 663.1억 \$으로 예측되고 있는데, 이 중에서, 플라스틱 LCD가 0.5%를 대체한다고 가정했을 때, 2009년 플라스틱 LCD 시장은 약 3.3억 \$로 예측될 수 있다[표 3].

한편, 플라스틱 LCD의 유력한 응용분야 중의 하나인 디스플레이를 탑재한 보안용 카드의 국내 및 세계 시장은, 2010년, 각각, 864억 원 및 8,640억 원으로 예측될 수 있다

[표 4].

플라스틱 LCD가 특히, 기존의 유리 LCD가 접근할 수 없었던 영역에 응용되는 경우에는 플라스틱 LCD는 기존 유리 LCD와 경쟁의 대상이 아니며, 유리 LCD 대비, 수배의 가격경쟁력을 가질 것으로 예측할 수 있다.

V. 플라스틱 LCD의 기술개발 동향

플라스틱 필름 기판(Plastic Film Substrate)을 사용하는 플라스틱 LCD는 유리 기판을 사용한 기존의 유리 LCD에 비하여 더 얇고, 더 가볍고, 깨지지 않고 유연한 성질을 가지기 때문에, 대표적인 차세대 디스플레이로서 연구되고

개발되어 왔다¹¹⁻¹⁷.

플라스틱 LCD가 유리 LCD의 완성되고 성숙한 인프라 모두를 이어받지 못하고, 유리 LCD에는 없는 플라스틱 LCD에서만 발생하는 모든 기술적 이슈(Technical Issues)-일반적으로는 기술뿐만 아니라, 생산을 포함한 모든 이슈들-들은 본질적으로, 플라스틱 LCD에 사용되는 플라스틱 필름 기판(Plastic Film Substrate)의 고유한 특성에 기인한다. 이러한 기술적 이슈들을 해결해가는 도전들은, 플라스틱 기판 자체의 특성을 개선하려는 노력과 병행하여, 플라스틱 기판의 특수한 성질에도 불구하고 플라스틱 기판을 사용하여 제조한 플라스틱 LCD가 성능(특성, 신뢰성, 수명), 생산성 및 공정 수율(Process Yield)을 확보할 수 있도록, 플라스틱 LCD의 제품 및 제조와 연관된 모든 사항-재료, 설계, 공정, 장비 등-들에 대한 해결(Solution)방안을 확보하고 조건(Condition)들을 최적화(Optimization)하는 과정이다.

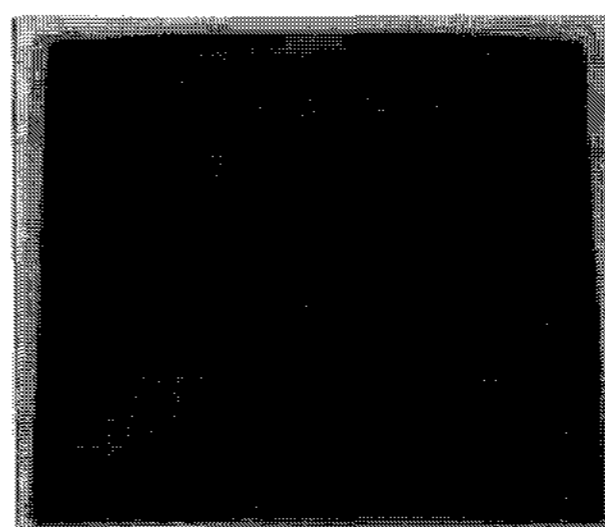
플라스틱 기판의 열팽창계수(Thermal Expansion Coefficient)는 유리 기판의 열팽창계수보다 10배 이상 큰 반면에, 플라스틱 기판의 영률(Young's Modulus)은 유리 기판의 영률보다 10배 이상 작다. 일반적으로 플라스틱 기판은 흡습성(Hygroscopic Property)을 갖으며, 대개 180°C 미만의 낮은 유리전이온도(Glass Transition Temperature)를 갖는다. 더욱이, 플라스틱 기판은 상대적으로 큰 광학적 이방성(Optical Anisotropy)을 갖는다. 특히, 플라스틱 기판은 일반적으로 수분의 흡수에 의하여 팽창되며, 열에 의해 수축된다. 그러므로, 유리 기판에 비하여, 플라스틱 기판은 열적 스트레스(Thermal Stress)나 열적 부하(Thermal Load), 수분의 흡수(Water Absorption)나 수증기의 침투(Water Vapor Permeation), 또는 기계적 스트레스(Mechanical Stress) 등에 기인하여, 보다 쉽게 변형되고 훼손될 수 있다.

플라스틱 기판을 사용한 플라스틱 LCD의 생산 공정 및 소자 설계는 이러한 플라스틱 LCD의 특성을 충분히 고려하여 수행되어야 한다. 특히, 플라스틱 기판을 사용한 플라스틱 LCD의 생산 공정 조건-열, 수분, 압력과 관련된 가열공정(Heating), 세정공정(Cleaning), 가압공정(Pressing) 등-은, 유리 기판을 사용한 기존의 유리 LCD의 공정에 비하여 섬세하게 다루어져야 한다. 그렇지 않으면, 플라스틱 LCD의 디스플레이 품질이나 성능(Display Quality and Performance)을 저하시키는 바람직하지 않은 결함(Undesirable Defect)이 플라스틱 LCD내에 발생하는 데, 이것은, 열적 스트레스와 열적 부하, 수분의 흡수와 수증기의 침투, 기계적인 스트레스에 의해 유발된 플라스틱 기판의 변형 또는 손상에 기인한 것이다.

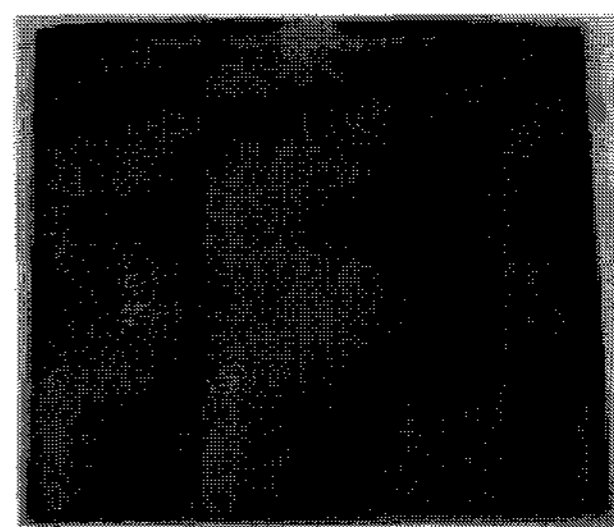
흑점(Dark Spot, [그림 4])은 플라스틱 LCD의 신뢰성과 수명을 결정하는 가장 중요한 결함 중의 하나로서, 플라스틱 기판의 고유한 특성 기인하여 유발된다¹⁸⁻¹⁴. 그러나, 흑점 결함은, 강한 빛의 오랜 조사 하에서, 고온 폴리 실리콘(High Temperature Poly Silicon/HTPS) TFT LCD와 같은 프로젝션 타입의 마이크로 디스플레이(Projection Type Microdisplay)에서도 역시 관측되어 온 것이기도 하다¹⁵⁻¹⁶.



(a)



(b)



(c)

[그림 4] 플라스틱 LCD에서 발생된 여러 가지 흑점 결함

따라서, 흑점 결함의 발생 기작에 대한 깊이 있는 이해는 플라스틱 LCD에서 실제적인 응용뿐만 아니라 기초 물리학 측면에서도 근본적인 중요성을 가진다. 그러나, 흑점에 대한 연구는 몇몇 연구 그룹에 의해 보고되었으나, 흑점의 발생 기작에 대한 깊이 있는 이해와 흑점발생에 영향을 미치는 키 팩터(Key Factor), 그리고 그것에 바탕을 둔 흑점의 제어에 대한 연구는 아직 충분하지 않다.

오히려, 플라스틱 LCD를 상용화시키기 위한 기술개발은, 흑점 결함의 발생기작을 규명하려는 데 보다는, 흑점 결함을 발생시키지 않는 방법에 대한 기술개발에 집중되어 왔다.

흑점 결함을 발생시키지 않는 기술개발의 초보적인 접근 방법은, 플라스틱 LCD의 기본 구조는 변경시키지 않고, 흑점 결함이 최소화 되도록, 플라스틱 LCD의 공정조건-스페이서 산포(Spacer Spraying), 액정 주입(Liquid Crystal Filling), 주입구 봉지(End Sealing) 공정 등-을 최적화하거나, 공정재료-플라스틱 기판, 실런트(Sealant), 스페이서(Spacer), 편광판(Polarizing Sheet) 등-를 최적 선정하는 방법인데, 이 방법은 플라스틱 LCD가 가혹한 변형을 경험하지 않는 응용에서는 현상적으로 효과가 있는 방법이나, 본격적인 유연성이 요구되는 응용에서는 근본적인 한계-플라스틱 LCD는 휘었을 때, 흑점 결함뿐만 아니라, 밝기, 색상 등이 위치에 따라 변함-가 있다¹³.

보다 근본적인 접근방법으로서는, 플라스틱 LCD가 가혹한 변형을 경험하였을 때에도, 플라스틱 LCD의 셀 갭(Cell Gap)을 일정하게 유지시킬 목적으로, 플라스틱 LCD내에 인공적인 고분자 격벽(Polymer Wall)을 형성하거나 또는, 기존의 스페이서 대신에 고착성 스페이서를 사용하는 방법으로서, 상하의 기판에 고착되어 형성된 격벽 또는 스페이서에 의하여 플라스틱 LCD의 셀갭이 일정하게 유지되어, 가

혹한 변형을 경험하거나 휘었을 때조차 흑점불량이나 밝기 또는 색상의 변화를 근본적으로 저감시킬 수 있는 가능성을 제시하는 방법으로서, 현재에는 상용화를 위한 양산성의 확보가 과제로 남아 있다¹⁷⁻¹⁸⁾.

이와 같이, 셀갭 안정화 기술개발은, 플라스틱 LCD가 휘었을 때 조차 성능(특성, 신뢰성, 수명)과 양산성(수율, 생산량)을 갖도록 하기 위한 가장 중요한 플라스틱 LCD의 상용화 기술개발 중의 하나로서, 플라스틱 LCD가 본격적인 플렉시블 디스플레이로서의 위치를 확고히 하기 위해서는 반드시 이 기술을 완성하고 양산에 성공해야 할 중요성을 갖는다.

VI. 플라스틱 LCD의 사업화 추진 제품개발 동향

플라스틱 LCD의 제품개발 동향을 살펴보기 전에 먼저 플라스틱 LCD 사업의 특징을 살펴보자. 플라스틱 LCD 사업은 국내에서 아직까지는 경쟁이 심하지 않은 블루오션(Blue Ocean) 사업이라고 할 수 있겠다. 국내에서, 플라스틱 LCD의 본격적인 상용화 사업을 전개하고 있는 곳은 삼성전자(플라스틱 AM LCD), 소프트픽셀(플라스틱 PM LCD), 및 동아대학교 미디어디바이스 연구센터(Plastic PM LCD) 등 세 곳이나, 예를 들면 다른 차세대 디스플레이인 OLED의 경우는, 국내 경쟁사가 10여 개로, 경쟁이 매우 심하다.

한편, 플라스틱 LCD는 핵심 원부자재의 공급이 비배타적이다. 즉, 플라스틱 LCD의 핵심 원부자재는 전문업체를 통하여 공급이 가능하며, 성능, 품질, 가격 경쟁력 확보상 후발주자의 불리함이 적은 반면에, OLED의 경우에는, 일부 핵심 원부자재는, 선발 업체에서 직접 개발하여 독점 사용하므로, 성능, 품질, 가격 경쟁력 면에서, 후발주자가 불리하다.

또한, 플라스틱 LCD는 투자규모-플라스틱 AM LCD는 총 수천억원 대 이상의 투자가 필요하지만, 플라스틱 PM LCD는 총 수백억원 대의 투자가 필요함-의 선택의 폭이 존재하여, 전략적 선택이 가능하다.

그러나, 플라스틱 LCD는 높은 진입장벽으로 핵심기술력의 확보여부가 중요하여, 플라스틱 LCD 핵심기술의 확보여부에 따라, 시행착오, 자원 및 시간의 낭비의 여부가 상당히 달라져서, 핵심기술의 보유 시에만, 자원, 기간의 낭비의 저감이 가능하다. 또한, 대표적인 차세대 디스플레이로서의 시장 잠재력을 가진다는 특징을 언급할 수 있다.

다음으로, 플라스틱 LCD의 사업화 추진 및 제품개발 동향을 국내의 경우를 중심으로 살펴보자.

소프트픽셀은, 2000년 4월 설립된 플라스틱 PM LCD 전문 벤처 기업으로서, 2001년 4월에 Pilot Line을 준공하여, 소량생산 수준의 Line-up을 완료하였으며, 2006년 4월에는 양산 Line을 준공하여, 현재 대량 생산 수준의 Line-up을 준비 중인 것으로 알려져 있다. 소프트픽셀의 현재의 개발단계는, E/S(Engineering Sample) 및 소량 생산 단계로서,

디지털 시계, 스마트카드 등을 개발한 것으로 알려져 있다. 현재, 소프트픽셀의 당면과제는 양산 Line의 성공적인 구축, 상용화 수준의 제품 개발, 상품기획 및 Marketing을 기반으로 가동률 및 매출향상, 매출에 의한 경영정상화까지의 운영비확보 등으로 예상될 수 있다. 소프트픽셀은, 긴 개발기간 및 앞선 개발 단계, 기반 시설 구축(소량생산 및 양산) 및 기술 축적, 상대적으로 많은 자원투입(설비 및 인력) 등 선발 주자로서의 강점을 가지고 있다.

삼성전자는, 플라스틱 AM LCD 개발에 주력하여, 현재까지, 5" QSVGA 플라스틱 투과형 a-Si TFT-LCD(2005년 1월 발표), 7" VGA 플라스틱 투과형 a-Si TFT-LCD(2005년 11월 발표) 등을 개발하였으며, 현재는, 2"급의 휴대폰용 TFT-LCD를 개발 중인 것으로 알려져 있다.

한편, 동아대학교 미디어디바이스 연구센터에서는, 2005년 6월에 플라스틱 LCD를 포함한 플렉시블 디스플레이 전용 클린룸(100평, Class 1000 수준)을 준공하였으며, 2005년 12월까지 플라스틱 LCD전용 장비를 도입하여, 2006년 4월경에 Working Sample(W/S) 개발 및 제작 수준의 Line-up[그림 5]을 하였다. 특히, 플라스틱 LCD에 있어서는 플라스틱 기판의 공정장비에의 진공 고정, 플라스틱 기판의 저감된 두께에의 대응, 플라스틱 기판 및 플라스틱 LCD의 절단 등에 기인하여, 기존의 유리 LCD의 공정장비를 그대로 사용할 수 없으므로, 플라스틱 LCD 전용의 공정장비가 반

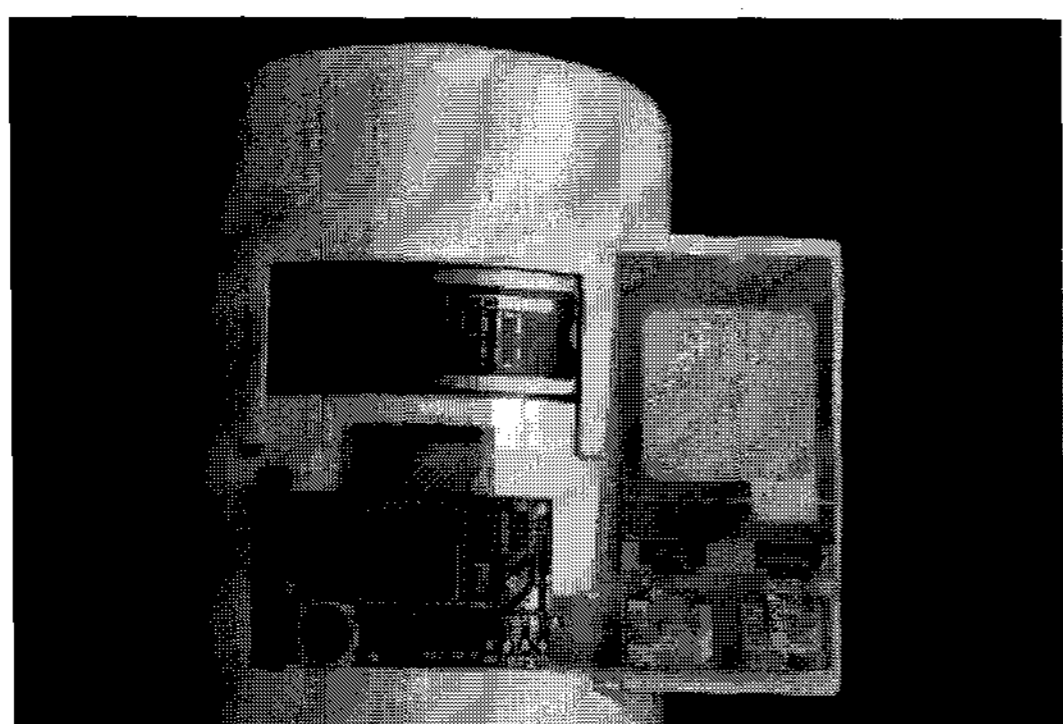


(a) 플라스틱 LCD의 투명전극 Patterning 공정 장비

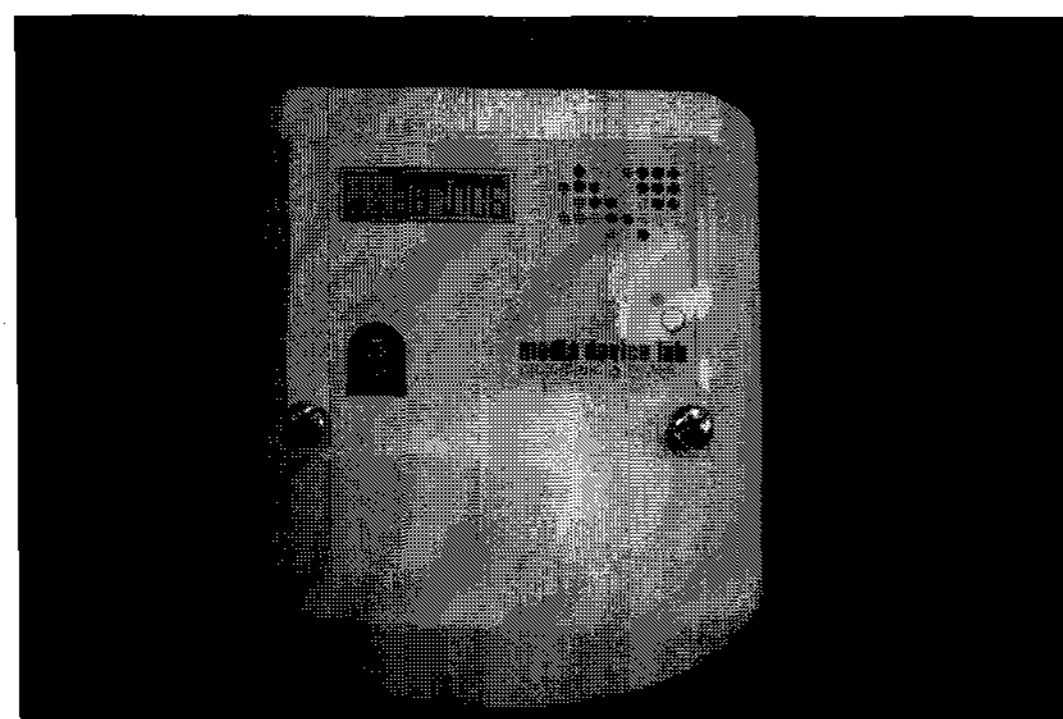


(b) 플라스틱 LCD의 상하 기판의 조립을 위한 공정 장비

[그림 5] 플라스틱 LCD 전용 공정 장비 (미디어디바이스 연구센터의 사례)



(a) 스마트카드 용 플라스틱 LCD



(b) 플라스틱 LCD를 탑재한 스마트카드



(c) IT 테크노마트 출품

[그림 6] 스마트카드용 플라스틱 LCD W/S 개발(미디어디바이스 연구센터)

드시 필요하다. 미디어디바이스 연구센터의 개발단계는 W/S 단계로서, 2005년 6월 디스플레이 스마트카드용 플라스틱 LCD W/S 및, 플라스틱 LCD가 탑재된 스마트카드 W/S를 개발하였으며, SEK/IT테크노마트/ITRC포럼 2006에 출품하였다([그림 3] 및 [그림 6]). 미디어디바이스 연구센터는 플라스틱 LCD의 후발주자이나, 플라스틱 LCD 개발의 경험을 갖고 있는 인력이 사업을 착수하여, 시행착오와 시간 및 자원 소모의 최소화가 가능한 강점을 가지고 있다. 상용화 수준의 플라스틱 LCD 제품을 개발하고 양산하여 상용화하기 위해서는, 투자 재원의 확보, 상용화 수준의 제품 개발이 가능한 Pilot Line-up, 상용화 수준의 제품 개발, 양

산 Line-up 등의 당면과제를 가지고 있다.

VII. 결 론

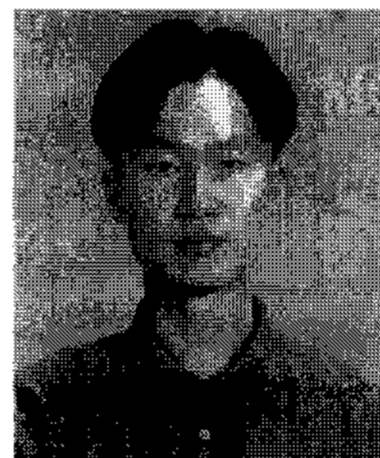
지금까지, 플라스틱 LCD의 기본개념, 응용, 시장, 기술개발동향, 사업화 및 제품개발동향을 살펴보았다. 결론적으로, 플라스틱 LCD는, 대표적인 차세대 디스플레이, 대표적인 플렉시블 디스플레이로서, 아직까지는 경쟁이 치열하지 않는 블루오션 사업이라고 할 수 있다. 플렉시블 LCD는 핵심기술력을 확보한 상태에서 사업을 추진하는 경우에는, 후발주자의 불리함 없이, 오히려, 선발주자가 경험한 시행착오나 자원 및 시간의 낭비없이 경쟁력을 갖출 수 있다. 상용화를 위한 기술의 완성, 생산성의 확보와 더불어, 응용제품 시장의 창출 및 성숙이 전개됨에 따라, 플렉시블 LCD는 궁극적으로 유비쿼터스 컴퓨팅을 가능하게 해주는 중요한 디스플레이 솔루션중의 하나가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] P. A. Penz, K. Surtani, W. Y. Wen, M. R. Johnson, D. Kane, L. W. Sanders, R. G. Culley, and J. G. Fish, "Plastic Substrate LCD", Proc. of Soc. for Information Display, 116 (1981).
- [2] P. Mach, S. J. Rodriguez, R. Nortup, P. Wiltzius, and J. A. Rogers, Appl. Phys. Lett. 78, 3592 (2001).
- [3] H. Sato, H. Fujikake, H. Kikuchi, Y. Iino, M. Kawakita, and Y. Tsuchiya, "Fluorinated Polymer Alignment Layers Formed at Low Temperature for Plastic-Substrate-Based Liquid Crystal Devices", Jpn. J. Appl. Phys., 40, L53 (2001).
- [4] H. Sato, H. Fujikake, Y. Iino, M. Kawakita, and H. Kikuchi, "Flexible Grayscale Ferroelectric Liquid Crystal Device Containing Polymer Walls and Networks", Jpn. J. of App. Phys., 41, 5302 (2002).
- [5] C. D. Sheraw, L. Zhou, J. R. Huang, D. J. Gundlach, T. N. Jackson, M. G. Kane, I. G. Hill, M. S. Hammond, J. Campi, B. K. Greening, J. Francl and J. West, "Organic thin-film transistor-driven polymer-dispersed liquid crystal displays on flexible polymeric substrates", Appl. Phys. Lett., 80, 1088 (2002).
- [6] J.-Y. Kim, E.-R. Kim, Y.-K. Han, K.-H. Nam, and D.-W. Ihm, "Highly Transparent Tin Oxide Films Prepared by DC Magnetron Sputtering and Its Liquid Crystal Display Application", Jpn. J. Appl. Phys. 41, 237 (2002).
- [7] Y. H. Kim, S. K. Park, D. G. Moon, W. K. Kim and

- J. I. Han, "Organic Thin Film Transistor-Driven Liquid Crystal Displays on Flexible Polymer Substrate", Jpn. J. of Appl. Phys., 43, 3605 (2004).
- [8] J. Hoshikawa, Y. Iwashita, "Display panel having an inner and an outer seal and process for the production thereof", Issued US Patent, 4, 640, 583 (1987, Seiko Epson).
- [9] H. Takanashi, S. Fukuchi, K. Misono, and M. Iwamoto, "Method of producing liquid crystal display device including degassing substrates before forming electrode, sealing, or injecting liquid crystal", Issued US Patent, 5, 313, 322 (1994).
- [10] S. Hinata, and Y. Ono, "Method of removing a bubble from a liquid crystal display element", Issued US Patent, 5, 687, 465 (1997, Seiko Epson).
- [11] Y. Imazeki, S. Hinata, "Method for packaging a liquid crystal panel and a liquid crystal panel package", Issued US Patent, 5, 847, 782 (1998).
- [12] S. Hinata, "Liquid crystal display device with elastic layer", Issued US Patent, 6, 369, 865 (2002).
- [13] S.-K. Park, K.-S. Min, M.-S. Choi, J.-S. Im, S.-I. Woo, and S.-B. Kwon, "Investigation of Dark Spots Occurred in Plastic LCDs", Proc. of International Meeting on Information Display, 223 (2003).
- [14] H. Niiya, and I. Inou, "Liquid crystal display element and manufacturing method thereof", Issued US Patent, 6, 674, 503 (2004).
- [15] Y. Hayashi, H. Hayashi, Y. Suzuki, and T. Urabe, "A 0.7-In. Fully Integrated Poly-Si CMOS LCD with Redundancy", Proc. of International Display Research Conference, 60 (1990).
- [16] J. Karasawa, H. Sakata, M. Sakaguchi, H. Yamada, and J. Nakamura, "50-in. HD Rear Projection Monitor", Proc. of International Display Research Conference, 1275 (2001).
- [17] Jong-Wook Jung, et al., "Pixel-Isolated Liquid Crystal Mode for Plastic Liquid Crystal Displays", Proc. of Soc. for Information Display, 1362 (2006).
- [18] Woojae Lee, et al., "Transmissive 7" VGA a-Si TFT Plastic LCD Using Low Temperature Process and Holding Spacer", Proc. of Soc. for Information Display, 1362 (2006).

저 자 소 개



김 완 수

1989 : 고려대학교 물리학과 (학사),
 1991 : 고려대학교 물리학과 (석사),
 2000 : 서강대학교 물리학과 (박사),
 1991~2002 : LG Philips LCD (책임연구원),
 2002~2003 : ILJIN Display (HTPS 액정공정기술팀장),
 2003~2004 : SoftPixel (Plastic LCD 기술개발팀장),
 2005~현재 : 동아대학교 미디어디바이스 연구센터 (플렉시블LCD팀장, 연구교수)