

1. 개요

인류가 물에 비친 자기 모습을 본 순간부터 시작된 디스플레이의 역사는 그 후 거울, CRT 등을 거쳐 현재는 평판 디스플레이(Flat Panel Display: FPD)에 이르고 있다. 특히, 정보화 시대를 맞아 FPD는 여러 가지 정보를 눈으로 볼 수 있게 해줌으로써 기계와 인간을 연결시켜주는 가장 중요한 정보소자로 인식되고 있어 다양한 방식의 디스플레이가 개발되고 있다. 표 1에 현재까지 개발된 대표적인 FPD인 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel), 그리고 ELD(Electro Luminescence Display)를 기존의 CRT와 비교하였다. CRT의 경우 표시 능력 면에서는 FPD와 비슷한 특성을 나타내지만 전력소모 및 사이즈면에서는 현격히 떨어짐을 알 수 있다.

FPD 중 LCD는 고해상, 대화면, 경량, 저 소비전력 등의 비교우위를 바탕으로 날로 그 응용 범위가 확대되고 있다. LCD의 역사는 1888년 오스트리아의 라이니츠가 액정상을 최초로 발견하며 시작되었다. 액정(Liquid Crystal)은 액체의 유동성과 고체의 결정과 같은 규칙적인 분자 배열을 동시에 갖는다. 또한, 광학적 이방성을 가지면서 전압이 가해지면 전계의 방향을 따라 액정의 분자 배열이 바뀌는 특성을 가지고 있다. 액정 분자배열의 변화는 유효 굴절률을 변화시켜 입사한 빛의 투과 특성을 변화시킬 수 있다. 이러한 액정의 성질을 이용하여 도형, 문자 또는 그림을 표시하는 장치를 LCD라 한다. 현재와 같은 개념의 디스플레이가 개발된 것은 1968년 미국 RCA사가 디스플레이에 액정을 적용하기 시작하면서부터이다. 초기에는 시계와 전자계산기 등에 적용이 되다가 1990년대에 들

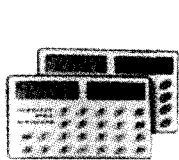
특집 「디스플레이」 I

LCD 원리 및 개발동향

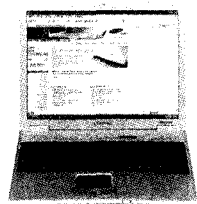
김재훈*, 이승희**

표 1. 디스플레이 성능비교

구분	대용량화	대면적화	고해상도화	Full color화	표시 품질	구동 전압	중량	두께	가격
LCD	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	△
CRT	◎	○	◎	◎	◎	×	×	×	◎
EL	○	△	◎	×	◎	△	○	△	×
PDP	◎	◎	○	△	○	△	△	○	△



1970년대



1990년대 초반



1990년대 후반



2000년대

그림 1. LCD의 발전사

* 한림대학교 물리학과

** 전북대학교 신소재공학부

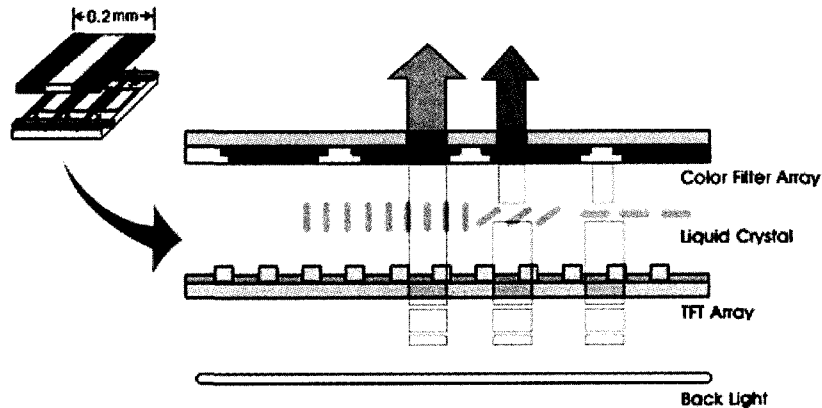


그림 2. LCD의 구동원리

어와서 비로써 10인치대의 LCD가 본격적으로 양산되기 시작하여 노트북 컴퓨터 등에 적용되었다. 그 후 발전을 거듭하여 현재는 모니터 시장을 빠르게 대체해 나가고 있을 뿐만 아니라, 디스플레이의 꽃이라 불리는 TV 시장에도 진입을 시도하고 있다.

본 글에서는 LCD의 구동원리와 현재까지 개발된 주요 기술 그리고 시장전망 및 개발동향 등에 대해 전반적으로 살펴보도록 한다.

2. LCD의 구동원리

LCD는 크게 형태와 구동방식에 따라 분류될 수 있다. 즉 디스플레이의 형태에 따라 직시형, 투사형, 반사형 LCD로 구분할 수 있으며, 구동방식에 따라 수동행렬 (Passive Matrix: PM) 또는 능동행렬 (Active Matrix: AM) LCD로 구분할 수 있다.

디스플레이에 요구되는 표시성능에는 고대비비, 고휘도, 고해상도, 계조표시, 색표시성, 고속응답, 광시야각 등이 있다. PMLCD로도 화상이나 문자, 도형 등의 정보를 표시할 수는 있지만 PM방식에서는 위의 특성들이 서로 상충되는 관계에 있다. 즉 한 가지 특성을 좋게 하면 다른 특성들이 나빠지는 관계를 갖게 되므로 전체적으로 고성능화 하기에는 한계가 있다. 그러나 AMLCD는 각 화소마다 스위치 소자를 부가함으로써 표시성능을 향상시킬 수 있다. AMLCD는 단자의 수에 따라 세부 분류가 가능하나,

현재 가장 널리 이용되는 방식은 3단자 소자인 박막 트랜지스터 (Thin Film Transistor: TFT)이기 때문에 AMLCD는 통상 TFT-LCD로 불린다. 그림 2는 직시형의 컬러 TFT-LCD 패널의 구조를 나타낸 것이다.

그 동작원리를 살펴보면 형광램프에서 나온 빛은 반사 및 분산장치에 의해 액정 패널쪽으로 입사된다. 액정패널은 두개의 유리기판 사이에 액정이 약 5 μ m 두께로 채워져 있으며, 빛이 입사된 쪽의 유리기판 위에 TFT 소자가 형성되어 있고 다른 쪽 기판에는 컬러구현을 위한 컬러필터가 형성되어 있다. 그리고 두 장의 유리기판 밖에는 편광판이 부착되어 있다. 두 기판에는 전압을 인가하기 위해 Indium-Tin-Oxide (ITO) 전도막으로 투명전극이 형성되어 있다. 이 투명전극 위에는 액정 분자가 한 방향으로 배열되도록 표면을 rubbing한 수백 Å의 얇은 polyimide 배향막이 입혀져 있다. 일반적으로 액정분자들은 rubbing 방향에 평행하게 배열된다. TFT 소자를 통해 투명전극에 전압을 인가함으로써 개별화소의 액정배열의 변화를 유도할 수 있으며, 이 배열의 변화에 따라 입사된 빛의 투과 특성이 변하게 되어 디스플레이의 구현이 가능하다. 이때 액정층이 빛을 어떻게 이용하는가에 따라 크게 편광변조형, 흡수형, 산란형 액정모드로 구분할 수가 있다. 가장 널리 이용되는 편광변조형 모드인 경우 액정의 배열, 전기장 인가방식, 그리고 액정상에 따라 비틀린 네마틱, 동일평면 스위칭, 수직배향, (반)강유전성 액정모드 등으로의 구분이 가능하다. 다음절에서는 각 모드에 대해 자세히 살펴보기로 한다.

3. 액정모드

3.1. 비틀린 네마틱(Twisted Nematic: TN) 액정모드

오늘날 대부분의 LCD는 TN 혹은 STN(Super TN)의 전기광학 효과를 이용한 것이다. TN LCD의 구성과 기본적인 동작을 그림 3에 나타내었다. 비틀린 네마틱 구조를 유도하기 위해 상하기판의 rubbing 방향은 서로 90도가 되게 배치된다. 전압이 인가되지 않은 경우 액정 분자들의 배열은 상하기판의 배향막에 의해서만 결정되기 때문에 아래쪽 기판에서 위쪽 기판으로 연속적으로 90도가 비틀린 구조를 하게 된다. 이때 상하 편광판은 편광축이 각각

기판의 배향 방향에 평행하도록 기판의 바깥에 부착되어 있다. 위쪽의 편광자로부터 선편광된 빛은 액정의 비틀린 구조를 따라 단계적으로 편광면이 회전하여 아래쪽 편광자의 투과축과 평행하게 편광되어 나오게 된다.

위 아래 전극을 가로질러 3 ~ 5 V를 인가하면 액정 층 가운데 부분의 광축이 전기장에 평행하게 되어 비틀린 구조가 사라지게 된다. 따라서 빛의 편광방향은 더 이상 회전하지 않으며, 시편을 통과한 빛은 두 번째 편광자에 의해 흡수된다. TN 시편과 편광자의 이러한 배열은 디스플레이가 전압이 인가되지 않은 상태에서 밝게 보이기 때문에 normally white 모드라 부른다.

1990년대 초까지만 해도 LCD의 주요 응용분야는 노트북 컴퓨터로, 이 경우 정면에서의 적절한 시야각과 저소비 전력을 위한 광효율이 중요하였기 때문에 TN 모드가 적용되었다. 하지만 TFT-LCD의 크기가 모니터 및 TV용으로 대면적화 됨에 따라 다양한 각도에서의 시인성을 향상시킨 광시야각 및 빠른 응답속도가 절대적으로 요구되었다. 시야각은 90년대 중반부터 TN 모드와 광보상 필름을 결합시킨 방법과 동일평면 스위칭 또는 수직배향 액정모드 등과 같은 새로운 액정모드들이 개발됨으로써 획기적인 개선이 이루어져, 현재는 $\pm 170^\circ$ 각도에서 모두 시인성이 양호한 LCD가 모니터 등에 적용되고 있다. 응답속도를 향상시키기 위해서는 기존 네마틱 액정을 사용한 모드에 새로운 구동방법을 적용하려는 방법과 응답특성이 빠른 (반)강유전성 액정 모드를 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 글에서는 액정모드의 관점에서만 이러한 접근방법을 살펴보기로 한다.

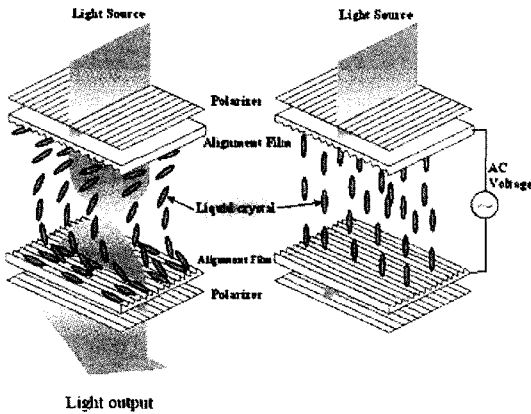


그림 3. TN 액정모드의 구동원리

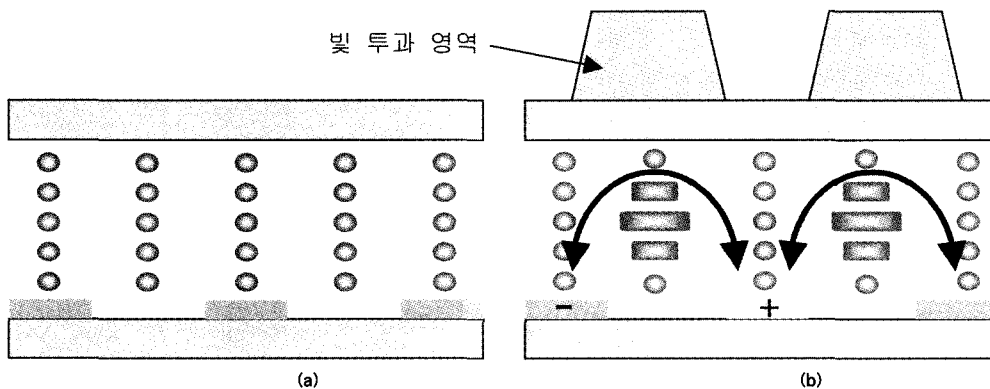


그림 4. IPS 구동원리 (a) 전압인가 전 (b) 전압인가 후

3.2. 동일평면 스위칭(In-Plane Switching: IPS) 액정모드

TN을 이용한 LCD에서는 상하전극에 전압을 인가하여 유리기판에 대해 수직인 방향의 전기장 성분으로 액정분자의 배열을 조절하였다. IPS 모드는 이와 달리 동일 평면상에 두 전극을 형성하여 전압을 인가하는 모드로 1995년 일본의 히타치사에 의해 처음 개발되어 현재는 LG-Philips LCD의 super-IPS, BOE-Hydis의 FFS(Fringe-Field Switching) 모드로 발전하여 모니터 및 TV용 LCD에 적용되고 있다.

그림 4는 IPS모드의 셀 구조로 전압인가 유무에 따른 액정분자 배열의 변화 및 빛의 투과영역을 보여준다. 전압이 인가되지 않은 경우 액정분자들은 상하기판 사이에서 rubbing 방향으로 수평배열을 하고 있으며, 상하에 있는 편광판의 투과축 중 하나가 액정분자의 광축과 일치되어 있다. 따라서 전압이 인가되지 않으면 빛의 투과가 없는 black 상태가 된다. 전압을 인가하면 동일 평면상에 형성

되어 있는 두 전극 사이에 있는 액정분자들의 배열이 변하기 시작하여 액정분자의 광축이 편광판 광축과 어긋나면서 빛이 투과되기 시작한다. 이때 액정분자들이 기판에 평행하게 회전하므로 상대적으로 균일한 투과특성을 얻을 수 있다. 즉 IPS 모드에서는 좋은 black 상태와 균일한 white 상태를 얻을 수 있어 넓은 시야각이 얻어진다. 최근에는 특정 시야각 방향에서 발생하는 색땀 문제를 해결하기 위해 한 화소 안에 있는 액정 분자들이 시계 및 반시계 방향으로 서로 다르게 회전하는 쉘기 형태의 전극구조가 개발되어 성능이 향상되고 있다. 또한 응답시간도 재료의 개발로 16ms까지는 달성을 하였다. 그러나 IPS 모드인 경우 장시간 정지화상을 볼 경우 화면이 바뀌어도 그전의 영상이 남아있는 잔상이 존재한다는 단점이 있어 이를 개선하기 위한 연구가 현재 활발히 진행되고 있다.

3.3. 수직배향(Vertically Aligned: VA) 액정모드

VA 모드에 대한 연구는 1997년 후지쯔사에서 MVA (Multi-domain Vertical Alignment) 모드라는 방식을 도입하면서 시작되었다. 모든 VA 모드에 사용되는 액정은 음의 유전이 방성을 갖고 있으며 상하의 유리기판 사이에서 기판에 수직인 방향으로 배열되어 있다. 따라서 정면에서는 완벽한 black 상태를 보여주나 경사방향에서 보면 액정분자들이 기울어져 있는 것처럼 보이기 때문에 편광판을 통과하여 비스듬히 입사된 빛의 경우에는 위상차가 발생하여 빛샘이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 VA 모드에서는 셀과 편광판사이에 부의 위상차 필름을 부착한다. 따라서 상대적으로 고가인 배향제, 액정 및 보상필

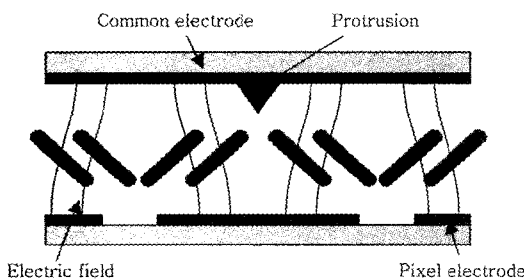


그림 5. MVA 모드의 단면도

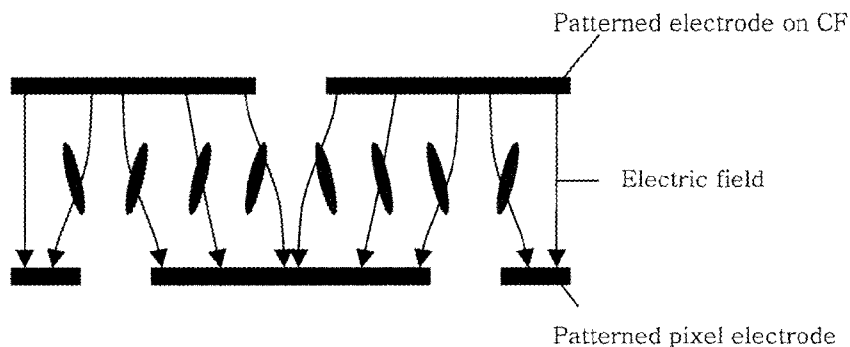


그림 6. PVA 모드의 단면도

를 등을 사용하기 때문에 제조비용이 증가한다는 단점이 있어 경쟁력을 갖추기 위해서는 수율을 높여 생산단가를 낮추어야만 한다. VA모드에서는 액정이 음의 유전 이방성을 갖고 있기 때문에 상하 방향의 전기장이 인가되면 액정 분자들이 전기장에 수직인 방향으로 배열하기 위해 눕게 된다. 이때 시야각의 의존성이 없는 균일한 휘도를 얻기 위해서는 액정분자들이 편광판 축과 45각을 이루면서 네 방향으로 눕는 것이 가장 이상적이다. 이러한 형태를 어떻게 조절하느냐에 따라 MVA, PVA(Patterned VA) 또는 ASV(Advance Super VA) 등으로 구분을 한다. 본 글에서는 VA 모드로 가장 널리 이용되는 MVA 및 PVA 모드에 대해 동작특성을 알아보기로 한다.

3.3.1 MVA 모드

MVA모드는 그림 5와 같이 상판에 형성된 돌기와 하판의 슬릿 형태로 존재하는 전극을 이용하여 액정을 네 방향으로 눕게 하는 방식이다. 전압이 인가되지 않았을 때에는 액정분자들은 상판에 존재하는 돌기 때문에 수직에서 약간 벗어나 배열된다. 하부 기판에는 화소전극이 슬릿형태로 패터닝되어 있어 전압 인가시 수직방향이 아닌 fringe-field가 인가되어 액정 분자들이 서로 다른 방향으로 눕게 된다. 개발 초기에는 상하에 각각 돌기를 두는 방법을 이용하였으나 공정이 증가함에 따라 현재는 하부기판의 돌기를 제거한 그림 5와 같은 형태를 갖는 구조가 LCD 모니터 등에 적용되고 있다.

3.3.2 PVA 모드

PVA모드는 삼성에서 개발된 VA모드의 일종으로 현재 고성능 LCD 모니터 및 TV에 적용이 되고 있다. 이 모드에서는 MVA 모드와는 달리 상하기판의 전극 모두를 슬릿 형태로 만들어 fringe-field를 형성시킴으로써 그림 6에서와 같이 액정을 네 방향으로 눕게 한다. 따라서 슬릿의 형

태를 어떻게 설계하느냐가 중요하다. 이러한 방법은 종래에 IBM과 산요사에 의해 시도되어 산요사가 소형 TFT-LCD분야에서 처음 적용하였다. 삼성은 이러한 개념을 처음으로 대면적으로 응용하여 모니터 및 TV용으로 양산을 하였다. 이 모드의 문제점은 칼라필터 위에서 ITO전극을 정교하게 대면적에서 패터닝하기 어렵다는 것이다. 따라서 ITO 밑에 절연막을 두어 패터닝의 정밀도를 향상시켰다. 또한 MVA모드와 마찬가지로 액정분자의 동작상태를 잘 제어하기 위해서는 상하판의 정교한 합착이 요구된다. 이러한 문제는 대면적 제작시 위치별로 불균일한 투과특성을 보일 수 있기 때문에 이에 대한 보완 구조가 필요하다. 제조비용 관점은 MVA와 마찬가지로이다.

3.4. 강유전성 액정(Ferroelectric Liquid Crystal: FLC) 모드

LCD는 현재 노트북 컴퓨터나 모니터 시장에서의 성공을 바탕으로 TV 시장의 진입을 시도하고 있다. 특히 TV 시장은 그 규모가 매우 커서 LCD 산업의 새로운 도약을 위해서는 그 시장의 진입이 필수적이라 할 수 있다. 그러나 동영상상을 주로 표시하는 TV의 특성을 감안 했을 때, 정지화상에서는 우수한 시인성을 인정받고 있는 네마틱 액정을 이용한 현재의 TFT-LCD가 CRT 수준의 시인성을 확보할 수 있을 지는 의문이다. 기존의 TN, IPS, VA 모드 등과 같이 네마틱 액정을 이용한 모드들은 응답속도가 수십 ms 정도로 TV에 필요한 동영상상을 구현하기에는 무리가 있다. LCD가 TV 시장에서 CRT와 경쟁하기 위해서는 1ms 이하의 응답속도를 달성해야 하는데 현재까지 알려진 유일한 방법은 FLC모드를 적용하는 것이다. 표 2에 각 모드들의 특성을 비교하였다.

FLC가 응답속도가 빠른 이유는 자발분극을 가지고 있어 그림 7과 같이 인가된 전기장의 방향으로 자발분극이

표 2. 대표적인 LCD 모드의 특성

모 드	휘도 (상대비교)	응답속도 (ms)	시야각 (상/하/좌/우, deg.)	구동전압 (V)
TN	1	3 ~ 30	50/35/80/80	3.3
OCB	0.9	3 ~ 10	80/80/80/80	6.0
IPS	0.4	15 ~ 60	80/80/80/80	7.5
VA	0.5	15 ~ 80	80/80/80/80	6.0
FLC	0.7	< 1	80/80/80/80	4.0

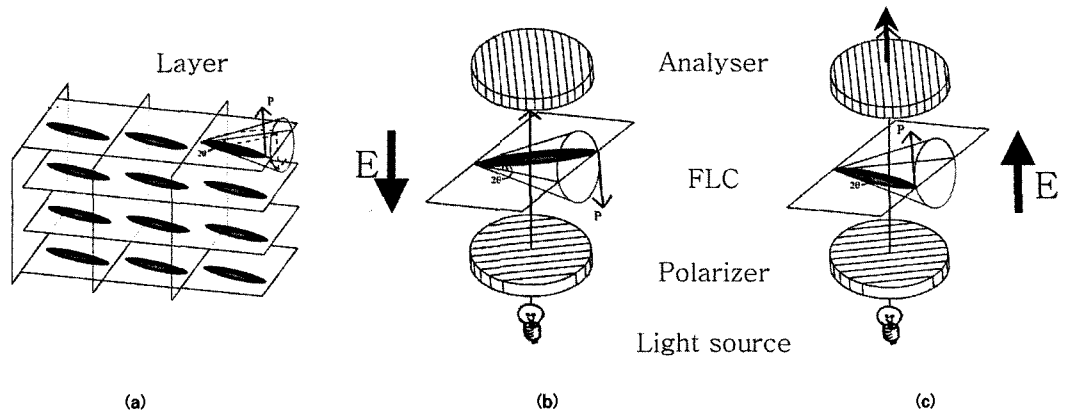


그림 7. FLC 구조구조 (a) FLC의 층구조, (b) black state, (c) white state

배열하려는 특성이 있기 때문이다. 또한 IPS 모드와 마찬가지로 전극에 평행한 평면 내에서 액정분자가 구동되기 때문에 광보상 없이 넓은 시야각을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 FLC는 층구조를 하고 있기 때문에 액정분자의 배향이 네마틱 액정에 비해 어렵다는 단점이 있다. 특히 FLC의 층구조는 외부 충격에 의해 쉽게 변형되어 원상태로의 회복이 힘들기 때문에 배향의 안정성 확보는 매우 중요하다. 실제로 LCD는 제조과정 및 유통, 사용과정에서 여러 형태의 외부충격이 가해지기 때문에 배향 안정성의 확보는 필수불가결한 요소이다. 특히 TV용 LCD는 대면적화 되어야 하기 때문에 이러한 배향문제는 더욱 중요한 이슈가 된다. 이러한 문제점에도 불구하고 FLC가 갖는 고속응답 특성은 향후 LCD가 TV 시장에 진출하기 위해서는 필수적이기 때문에 문제점을 해결하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

4. 시장현황

LCD 시장은 지난 10여년 동안 몇 번의 공급과 수요에 주기적인 불균형이 있었음에도 불구하고 고속성장을 거듭해왔고 향후 10년 동안에도 계속해서 성장할 것으로 보고 있다. 이와 더불어 LCD 기술도 비용 절감과 수익률 향상을 위한 절대적인 요구에 의해 해마다 발전하고 있다. 또한 최근 급속히 떠오르고 있는 PDP나 유기 LED와 같은 타 FPD와의 경쟁에서 살아 남기 위해서 LCD기술 개발에 각 업체들이 박차를 가하고 있다.

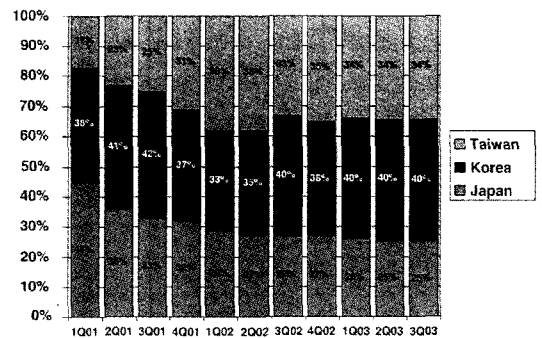


그림 8. 2001-2003년 동안 지역별 TFT-LCD 시장 점유율
* 참고문헌 : Information Display Feb., 2003.

시장동향을 보면 1990년에서 1995년까지 세계 LCD시장은 18억불에서 72억불로 4배 정도 증가되었고 2000년도에는 224억불로 지난 5년 동안에 약 3배가 증가되었다. iSupply/Stanford Resources 기관은 2000년에 2005까지는 두 배정도 증가할 것으로 보고 금액으로는 460억 달러에 이를 것으로 예측하고 있다. 일부 공급자들은 2010년에 LCD 시장이 1000억 불 정도로 성장할 것으로 기대하기도 한다. 이러한 성장은 최근 설립되고 있는 6세대, 7세대 또는 그 이상 크기의 공장에 대한 투자와 LCD의 응용시장을 TV와 새로운 모빌 제품 등으로 확대를 통해 달성될 예정이다.

1990년에서 1995년까지의 LCD성장은 휴대용 컴퓨터 시장때문이라고 볼 수 있다. 이 시장의 LCD산업은 1990년대 31%에서 1995년 66%로 증가했고 시장점유율은 2000년도에 41%로 감소했지만 아직까지는 LCD사업의

주 제품이라고 볼 수 있었다. 하지만 휴대용 컴퓨터 시장의 시장 점유율은 2005년에는 21% 정도로 감소할 것으로 예상된다.

LCD의 데스크탑 모니터의 응용은 90년대 후반부터 그 중요성이 인식되기 시작했다. 비록 97년에는 총 LCD 판매액의 2.5% 만을 점유하였지만 2000년도에는 시장점유율이 21% 이상이 될 정도로 급성장을 하였다. 2005년에는 총 LCD 판매액의 약 40% 정도를 차지할 것으로 예상되고 있다. 데스크탑 모니터와 비교해서 LCD TV는 2000년도 판매액이 총액의 2% 미만을 차지할 정도로 미미하다. 그러나 업체들은 LCD TV가 미래의 주요 수익원이 되기를 기대하고 있으며 이는 2010년경 이루어 질 것으로 예상되고 있다.

시장동향 마지막으로 향후 세계 LCD시장을 어떤 업체 및 나라가 주도할 것인가를 알아보기로 한다. 주목할 만한 점은 국내 업체인 LG-Phillips와 삼성전자가 시장 점유율 1, 2위를 차지하고 있으며, 이로 인해서 국내에는 제조업체가 3개사임에도 불구하고(대만 5개사) 현재 세계 시장 점유율이 약 40%로 1위라는 점이다(그림 8 참조). 이는 현 정보화 시대의 '산업의 쌀'로 일컬어 지는 반도체 산업의 뒤를 이어 '산업의 창'인 디스플레이 산업이 우리나라 21세기 신성장을 위한 촉매제가 되고 있음을 의미한다.

5. 현 개발동향 및 미래 전망

LCD의 응용분야 별로 현재 진행되고 있는 기술 개발동향 및 미래에 대해 개괄적으로 살펴본다.

- 노트북 컴퓨터용 LCD

현재 노트북 컴퓨터용 LCD는 크게 두 방향으로 개발되고 있다. 하나는 크기의 확대이고 다른 한 방향은 화질의 개선이다. 노트북 시장에서는 크기가 15"급이나 그 이상의 크기로 이동할 것으로 예측된다. 2005년에는 15"가 시장의 주를 이룰 것으로 예상되고 일부 공급자들은 17" wide형 디스플레이도 고려하고 있다. 시장은 또한 UXGA와 같은 고정세, 고휘도(200 nits), 좀 더 넓은 시야각을 갖는 디스플레이 형태로 이동할 것으로 본다. 2005년 즈음에는 노트북 컴퓨터의 80% 이상이 SXGA+(1400×1050

pixels)가 될 것으로 보고 있고 대면적으로 이동은 2006년께 UXGA 형태가 주가 될 것으로 본다. 최근 각사는 화질을 향상시키기 위해 지금까지는 모니터용 LCD에 적용하였던 VA나 IPS모드를 적용하려는 시도를 보이고 있다. 이와 같은 추세로 볼 때 수년후의 노트북은 표 3에서 보는 바와 같이 화질부분에서도 크게 향상되고 대면적화 될 것으로 예상된다.

- 모니터용 LCD

모니터용 LCD 역시 종래 15"에서 17"-19"로 대형화 추세이며, 동시에 픽셀수도 현재의 XGA급에서 SXGA로 바뀌고 하이-엔드용에서는 UXGA로 바뀔 것으로 본다. 2005년까지는 17" 및 그 이상의 크기가 모니터 시장의 50% 이상을 차지할 것으로 예측된다. 결과적으로 모니터용 LCD도 고정세, 광시야각, 고휘도 제품으로 갈 예정이다. 시야각 향상을 위해 적용된 기술도 현재 17"급은 보상 필름을 적용하지만 18", 19"가 거의 100% IPS, MVA, PVA, ASV, FFS 기술 등 광시야각 기술을 채용하고 있어 17"급도 미래에는 좀더 좋은 화질을 보여주는 액정 모드를 채용할 것으로 예측된다.

- TV용 LCD

현재 각 업체들이 생산공장을 경쟁적으로 증설하고 있는 상황에서 과잉공급과 그에 따른 가격하락이 예상된다. 이에 따라 패널 공급자들은 좀 더 저렴한 가격에 팔도록 강요되고 있고 또한 새로운 시장을 찾지 않으면 안 되는 상황에 직면하였다. 이러한 흐름이 특히 2005년과 2006년 동안에 액정 TV시장을 개척하도록 유도할 것으로 본다. 최근 개발자들은 타 디스플레이 비해 동영상 구현이 부족한 약점을 극복하기 위해 응답시간을 25-30ms에서 15ms 이하로 낮추기 위해 열심히 노력하고 있다. 일부 제조업체에서는 이미 overdriving 방법 등을 통해 11ms의 응답시간을 구현했고 미래에 10ms의 벽을 넘기를 희망하고 있다.

2001년에 대형 LCD TV는 약 70만대를 간신히 넘는 정도였고 15"급 이상의 시장에서 약 3%만을 차지하였다. 다음 5년 이내에 LCD-TV시장은 성장을 계속할 것이고, 2005년에는 대부분 20"급 크기로 시장의 63%를 차지하고 15"급시장보다 클 것으로 기대된다. 제조업체들은 이미

표 3. LCD 응용분야별 개발 목표치

Application	Feature	2002	2005-2006
Notebook (15-in)	Weight (g)	550-650	≤450
	Thickness (mm)	6-7	5
	Power consumption (W)	4.5-5.5	≤4
	Pixel format (mainstream)	XGA	UXGA
Monitor	Brightness (nits)	< 300	450
	Viewing angle (deg.)	≤150	≥170
	Pixel format	XGA	≥SXGA
TV	Brightness (nits)	500	700
	Contrast ratio	500:1	1000:1
	Response time (msec)	< 15	< 7
	Color gamut (compared to CRT TV)	70%	90%

40", 42", 46", 54", 55" LCD-TV 시제품을 선보였다. 화면 비율은 wide 형태이고 화소수는 모델에 따라 다르지만 XGA급이고, 명암대비율 500:1, 응답시간 12ms 이하 정도의 사양을 보여주고 있어 가까운 미래에는 현재 개발되고 있는 새로운 기술들이 적용되어 큰 화질의 향상이 있을 것으로 예측된다. 화질의 이슈 외에도 현재는 대형 LCD-TV가 가격이 PDP나 프로젝션 TV보다 비싸다는 약점이 있는데 판넬 제조 비용도 생산이 6세대나 7세대 라인으로 옮겨감에 따라 떨어질 것으로 기대된다.

6. 맺음말

본 글에서는 현재 LCD에 적용되고 있는 액정모드들에 대해 살펴보았다. 액정모드는 LCD의 성능, 제조공정, 제

조단가 등을 결정하는 핵심요소이기 때문에 오랜 시간에 걸쳐 다양한 모드가 개발되어 왔다. 현재까지는 각 모드별로 장단점이 있어 우열을 가리기 힘든 상태지만 미래에는 저소비 전력, 고화질과 더불어 저렴한 가격을 실현시킬 수 있는 제품만이 살아남을 것이기 때문에 각 업체들은 이를 만족시킬 수 있는 액정모드를 개발하기 위해 많은 비용과 인력을 투입하고 있다. 국내의 LCD 생산규모는 일본, 대만 등을 앞서 부동의 세계 1위를 점유하고 있고, 그 기술 수준도 일본과의 격차를 많이 줄였다고는 하지만 아직까지 액정모드에 대한 기초기술은 많이 부족한 실정이다. 21세기에도 국내 LCD 산업이 지속적으로 성장해 '반도체 코리아'에 이은 '디스플레이 코리아'의 역사가 다시 한번 창출되기 위해서는 국가의 전폭적인 지지를 바탕으로, 산·학·연의 유기적 결합을 통한 액정모드 관련 신 기술의 개발과 기술인력 양성 등이 필요한 시점이다.

약 령



김재훈

2000. 9. - 현재: 한림대학교 물리학과 조교수
 1999 - 2000: 삼성전자 AMLCD 사업부 책임연구원
 1996 - 1999: Research Associate, Liquid crystal Institute, Kent State University, OH, USA
 1996: 서강대학교 물리학과 이학박사
 1989: University of Oregon, 이학석사
 1987: 서강대학교 물리학과 이학사
 E-mail: jhkim@hallym.ac.kr



이승희

2001.09 - 현재: 전북대학교 신소재 공학부 조교수
 1985. 3. - 1989. 2.: 전북대학교 물리학과, 전북.
 1991. 5. - 1994. 12: 이학박사(물리학), Kent State University, OH, USA
 1995.03 - 1998.12: 현대전자 LCD 사업본부 선임 연구원
 1999.01 - 2001.08: Hyundai Display Technology 책임 연구원
 E-mail: lsh1@moak.chonbuk.ac.kr