

단순 Matrix LCD 기술

이 응 상* · 박 호 영**

(*삼성전관 종합연구소 주임연구원,

**책임연구원)

현대 사회가 정보화 사회로 변천해 감에 따라 정보처리 장치를 많이 사용하게 되었으며 이러한 장치를 사용하기 위해서는 기계와 인간을 연결하는 매체가 필요로 하게 되었습니다. 이러한 매체중의 하나로 부각되어진 것이 영상정보표시장치이며 현재는 다종의 DISPLAY가 사용되고 있다. 이러한 DISPLAY중에서도 현재까지 가장 많이 이용되고 있는 DISPLAY DEVICE는 CRT와 CPT가 있지만 소비전력이 많고 무거우며 부피가 크다는 단점을 가지고 있기 때문에 보다 새로운 DISPLAY DEVICE가 요구되게 되었다.

이러한 요구에 따라 액정 이용한 LCD(LIQUID CRYSTAL DISPLAY)와 3극을 진공관의 원리를 이용한 VFD(VACUUM FLUORESCENT DISPLAY), 형광체에 전장을 인가하여 표시하는 EL(ELECTRO LUMINESCENCE) 및 기체방전을 이용하는 PDP(PLASMA DISPLAY PANEL)등이 개발되었다.

특히 액정표시소자(LCD)는 시야각 및 다량의 영상정보를 처리하는데 약간의 해결해야 하는 문제점을 가지고 있지만 저전압 구동과 저소비전력 및 FULL COLOR가 가능하다는 장점을 가지고 있기때문에 차세대 DISPLAY로서 가장 주목을 받고있다.

1. 액정표시소자의 발전사

액정은 1888년 오스트리아의 식물학자 F.RENIT-

IZER가 CHOLESTERIC 액정상을 발견한 것이 최초의 발견이다. 그후 독일의 식물학자 O, LEH-MANN은 탁한 액체를 편광현미경을 관찰한 결과 복굴절성을 나타냄을 알게 되었으며, 이러한 유동성을 가지는 결정체를 액정이라 명명하였다. 그리고 1920년부터 1930년에 걸쳐서는 양자역학적인 면에서 액정의 연구가 이루어져 오다가 이후 30여년간은 연구 열기가 냉각되었다.

그러나 1958년에 개최된 한 SYMPOSIUM에서 액정이 주제로 선정되면서부터 액정에 대한 연구가 다시 활발히 시작되었으며 WESTING HOUSE RESEARCH LABORATORIES 의 J.L FERGANSON이 액정분자의 분자구조와 광학적인 응용에 대한 연구를 착수한결과 1963년에는 CHOLESTERIC 액정을 이용하여 표면온도 분포에 따른 액정의 색변화를 측정하는 방법을 제안하게 되었다. 한편 1962년에는 영국 HULL 대학의 화학과 교수인 G.W GRAY에 의해 액정에 관한 최초의 영문전문 서적인 "MOLECULAR STRUCTURE AND THE PROPERTIES OF LIQUID CRYSTAL ACADEMIC"이 발간되었다.

한편 2차 세계 대전이 끝나고 전자제품의 방향은 반도체가 그주류를 이루워 가게 되었으며 세계 각국은 각종 반도체를 생산하는 제작 기술을 연구하여 초 LSI를 이용한 많은 DEVICE가 개발되기에 이르렀으며 이러한 활발한 개발은 액정표시소자의 양산화에 지대한 영향을 미치게 되었다. 또한 SnO₂와

In₂O₃ 등의 투명도전막 제조기술의 발달로 드디어 1968년 6월 미국의 RCA사는 최초로 액정표시장치의 개발을 발표하였다. 이후 1969년 2월 일본의 NHK 방송국은 RCA사의 액정개발 현황을 방송하였다. 이 방송은 일본의 전자업계에 액정표시소자에 대한 각종 응용분야 개척과 양산제조 기술에 관한 관심을 갖게하였다.

그후 20여년간 일본에서는 TN MODE를 이용한 액정표시장치가 생산되었으며 1980년대에 들어와서는 TV와 COMPUTER MONITOR 및 WORD PROCESSOR 등 좀더 많은 양의 정보를 요구하는 분야에 응용시켰다. 그 결과 기존의 TN MODE에서는 CROSS-TALK현상이 발생하여 LCD의 표시특성이 저하된다는 것을 알게되었다. 이러한 CROSS TALK 현상을 제거하기 위하여 SMECTIC 액정을 이용한 강유전성 액정표시소자와 상하기판사이에 비선형소자를 형성시키는 ACTIVE MATRIX LCD 및 TWIST ANGLE을 180° 이상으로한 STN(SUPER TWISTED MENATIC) LCD가 연구개발중이다.

2. 액정의 응용물성

액정은 NEMATIC, SMECTIC, CHOLESTERIC, 등으로 분류되며 어떤 액정이라도 분상분자 혹은 판상분자의 집단으로 되어있다. 그리고 액정들은 각각 특유한 규칙적 분자배열을 형성하고 있으며 분자장축이 상호간에 평행하게 배열하고 있는점이 공통점이다. 이와 같이 특수한 분자배열 때문에 액정은 굴절율, 유전율, 자화율, 점도도, 점성율등의 물성치가 그림 1과 같이 분자장축에 평행한 방향과 직각인

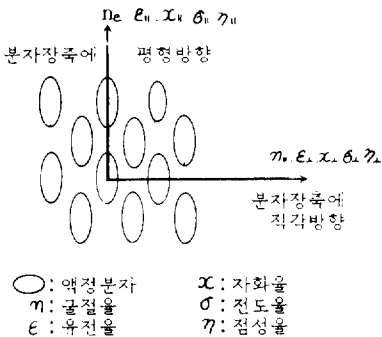
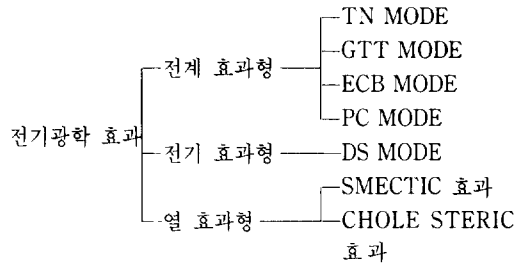


그림 1. 액정분자의 이방성

표 1. 액정의 전기광학효과



방향과 크기가 다른 이방성을 갖는다. 이와 같이 물리적 성질이 이방성을 가지기 때문에 이방성 액체라고 부르는 것이며, 이방성의 성질때문에 전장, 자장, 응력등의 외부장이 인가되었을때 액정은 분자배열을 쉽게 변화하는 특징을 가지고 있다.

3. 액정의 전기광학 효과

액정의 전기광학적 효과는 액정분자의 배열상태가 전장인가에 따른 다른 배열상태로 변화함에 따라 액정 CELL의 광학적 성질이 변화하고 전기적으로 광의 변조가 생기는 현상을 말한다. 이와 같이 전장인가에의해 분자의 배열이 변화하여 광이 변조하게 되는것은 액정이 유전 이방성이나 도전 이방성을 가지고 있기때문이며, 특히 복굴절성에 의해 시광성 광간섭, 광산란등의 특이한 광학적성질을 나타내기 때문이다. 현재까지 알려져있는 전기광학적효과 분류는 표 1과 같다.

1) TWISTED NEMATIC MODE

투명전극을 형성시켜 상하 GLASS 기판사이에 유전이방성이 POSITIVE인 NEMATIC 액정을 주입하여 액정분자 장축이 상하기판 사이에서 90°연속으로 뒤틀리게하면 TWIST된 액정의 PITCH는 가시광선의 파장에 비해 대단히 크기때문에 GLASS기판에 수직으로 입사한 직선 편광의 편광방향은 CELL를 통과하면서 액정분자의 TWIST 배열과 일치하여 90°만큼 회전한다. 따라서 TN CELL에 상하 편광판을 평행하게하면 하측 편광판에 광이 차단되고 직교시키면 광이 투과하게된다. 여기에 일정전압 이상을 인가하면 액정분자들은 TOTAL ENERGY DENSITY를 가장적게 하기 위하여 전장에 평행하게 배열하게된다. 이때 편광판을 평행하게 하면 하측 편

표 2. ECB MODE의 동작원리

MODE	배향방법	동작 원리
DAP	상부기판; 수직배향 하부기판; 수직배향	유전이방성이 NEGATIVE인 NEMATIC액정을 HOMEOTROPIC배열시켜 전압을 인가하지 않았을때는 광이 차단되고 전압을 인가하면 입사광이 복굴절성 때문에 타원편광으로 변화하여 하부편광판을 통과하게 된다
HOMOGE- -NIOUS	상부기판; 수평배향 하부기판; 수평배향	유전이방성이 POSITIVE인 NEMATIC액정을 HOMOGENEOUS배열시켜 전압을 인가하지 않았을때는 흑색이었다가 전장이 THRESHORD이상 인가함에 따라 색상 변화를 발생시킨다
HAN	상부기판; 수직배향 하부기판; 수평배향	유전이방성이 POSITIVE 혹은 NEGATIVE인 NEMATIC 액정을 사용하여 전장인가 유무에 따라 탄성변형(Q)와 유전변형(C)의 합차로 표시한다

광판에서는 광이 투과하게 되고 직교시키면 광이 차단된다.

2) GUEST HOST MODE

분자의 장축방향과 단축방향에서 가시광 흡수량이 다른 이방성을 가지는 이색성염료(GUEST)를 일정 배열된 액정(HOST)에 용해시키면 이색성 염료는 액정분자와 평행하게 배열한다. 따라서 HOST의 액정분자배열에 전장을 인가하여 그 배열상태에 변화를 가하면 이색성염료의 분자배열도 액정의 분자배열 변화와 동일방향으로 변화하기 때문에 염료의 가시광흡수량을 전기적으로 조절할 수 있다.

3) ELECTRIC CONTROLLED BIREFRINGENCE MODE(ECB MODE)

액정의 복굴절을 전장인가에 의해 제어하기 때문에 ECB MODE라고하며 다색 COLOR 액정 표시소자의 동작원리로서 극히 중요한 것이다. 이 ECB MODE는 액정 CELL의 초기분자 배열상태에 따라 DAP MODE, HOMOGENIOUS MODE, HAN MODE로 분류하며 액정의 배향상태와 동작원리는 표 2와 같다.

4) PHASE CHANGE MODE

전장 인가유무에 따라 HELICAL구조의 분자배열을 가지는 CHOLESTERIC 상태로 부터 HOMEOTROPIC 분자배열의 NEMATIC 상으로 상전이를 시키거나 NEMATIC 상에서 CHOLESTERIC상으로 상전이를 시켜 표시하는 MODE이다.

5) DYNAMIC SCATTERING MODE

유기전해질등의 도전성물질을 용해한 NEGATIVE NEMATIC 액정을 HOMOGENOUS 배열시킨

CELL에 주입하여 교류전압을 인가한다. 이때 여기 주파수(F)와 인가전압(V)의 크기를 변화시키면 전도적 TORQUE와 유기적 TORQUE와 탄성 TORQUE가 복합하여 표시된 주기성을 가지는 액정분자의 난류가 발생한다. 이러한 상태를 WILLIAN DOMAIN이라하며 인가 전압을 더욱더 높이면 이난류의 원운동속도가 증가하며 결국 액정분자의 배열은 규칙성을 손실하여 RANDOM한 상태로 변화한다. 이에따라 주변의 배열과 다른 미세한 불균일 영역이 무수히 생겨 그러한 영역의 경계면에서 광이 강하게 산란되는 현상이 발생한다.

6) SMECTIC 효과

HOMEOTROPIC 배열을 시킨 CELL에 SMECTIC 액정을 주입한후 SMECTIC 액정이 등방성 액체상으로되는 온도까지 일단 가열한후 냉각속도에 따라 급냉시킬 경우는 FDCAL CONIC 배열이 되고 서냉시킬 경우는 HOMEOTROPIC 배열이 된다. 이와같이 LASER-BEAM 주사등을 사용하여 온도를 변화시키면서 동시에 전장을 인가 함으로써 독특한 전기광학효과를 얻을 수 있다.

4. 액정분자 배열

액정 CELL를 요하여 표시를 행할 때 CELL내의 액정분자가 가능한한 균일하게 배열되도록 하는 것이 중요한 요인이된다. 그 이유는 액정 CELL 두께가 얇을 때 기판표면과 액정분자의 상호작용에 따라 CELL내 전체의 배열이 결정되기 때문이다. 액정분자배열의 종류는 표 3과 같다.

표 3. 액정분자배열의 종류

종 류	형 태
HOMEOTROPIC 분자배열	전체의 액정분자가 양기판면에 대하여 수직으로 배열되어 있음.
HOMOGENEOUS 분자배열	전체의 액정분자가 양기판에 대하여 평행하게 배열되어 있으며, 또한 동일방향으로 배열되어 있음.
TILTED 분자배열	전체의 액정분자가 양기판면에 대하여 일정 각도로 경사배열되어 있으며 또한 동일방향으로 배열되어 있음.
HYBRID 분자배열	액정분자가 한쪽 기판면에 대해서는 수직이고 다른쪽 기판면에 대해서는 평행하게 배열되어 있으며 양기판사이에서 액정분자는 90°뒤틀려 있음.
TWISTED 분자배열	전체의 액정분자가 양기판면에 대하여 평행하게 배열되어 있지만 그배열방향이 양기판면에 90°적교하고 있음.
PLANAR 분자배열	액정의 나선축이 양기판면에 대하여 수직으로 액정분자가 배열되어 있음.
FOCAL CONIC 분자배열	액정의 나선축이 양기판면에 대하여 평행하게 액정분자가 배열되어 있으나 이 경우 나선축의 방향은 일정하지 않음.

5. STN LCD

TN MODE에서는 전압인가에 따른 광투과곡선의 급준성이 완만하여 HIGH MULTIPLEXING 구동을 할때 CROSS-TALK 현상이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 액정의 TOTAL TWIST ANGLE를 180°이상으로 함으로써 광투과곡선을 급준하게하여 400 DUTY까지구동이 가능하게 하였다.

표 4. STN LCD의 분류

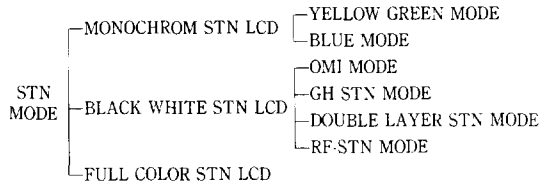


표 5. 강유전성 액정과 NEMATIC 액정의 비교

구 분	NEMATIC 액정	강유전성 액정
액정상	NEMATIC	SMECTIC
MODE	TN MODE STN MODE GH MODE	복굴절 MODE 2 색성색소 TS MODE
전기광학특성	전압극성 의존성 없음 실효치 전압의존	전압 극성 의존성 PULSE 폭, 높이 의존
응답속도	0.5~수 100 msec	수 usec~수 100 usec
MEMORY성	없음	가능 { 표면 MEMORY AC FIELD MEMORY
중간조	가능	곤란
COLOR 化	RGB COLOR FILTER 사용	가능
CELLGAP	5-10 um	2-3 um
$\Delta n \cdot d$	0.5~1.0	0.25

STN MODE는 스위스 BBC에서 처음으로 연구개발 하였으며 현재는 일본 LCD MAKER들이 생산하는 기종의 주류가 되어있다. STN MODE는 표4와 같이 분류되며 처음 개발된것은 BLUE MODE와 YELLOW GREEN MODE이었지만 BLUE MODE와 YELLOW GREEN MODE는 FULL COLOR로 표시가 불가능하므로 현재는 FULL COLOR STN LCD의 중간 단계로 B/W STN LCD가 개발되어 판매 되고 있다.

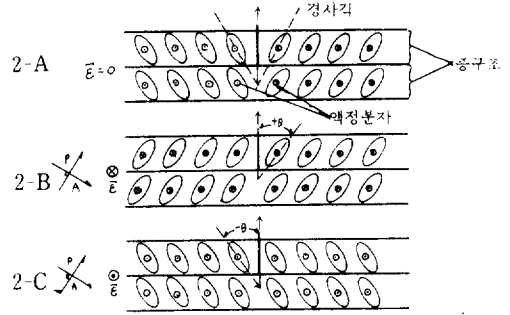


그림 2. 강유전성 LCD의 분자구조

6. 강유전성 LCD

강유전성 액정은 통상 NEMATIC 액정과는 달리 자발분극을 가지고 있다. 강유전성을 나타내는 액정 상으로서는 현재까지 SMC와 SMI 등이 발견되어지고 있다. 이러한 액정들의 공통점은 층구조를 가지고 있다는 것과 분자가 일정방향으로 경사각을 가지

고 있으며, 분자가 CHIRAL 대칭을 하고 있다는 점이다. 이러한 분자는 통상 자발분극과 전계의 상호작용에 의해 CONE 회전을 자유롭게 할 수있다. 강유전성 액정과 NEMATIC 액정과의 차이점은 표 5와 같다.

강유전성 액정의 PITCH가 CELL두께 보다도 큰 강유전성 액정을 주입하면 그림 2-A와 같이 두개의

표 6. COLOR LCD의 종류

방식	형식	기본원리	분자배열	액정	편광판
ECB MODE	DAP	액정의 복굴절 광의 간섭	HOMEOTROPIC	Nn	2매
	HOMOGENEOUS		HOMOGENEOUS	Np	
	HAN		HYBRID	Nn, Np	
PLEOCHROIC MODE	2색성 액정	액정의 2색성	HOMEOTROPIC HOMOGENEOUS	유색 Nn 유색 Np	1매
	GUEST HOST	염료의 2색성	HOMOGENEOUS	염료를 첨가한 Np	1매
			HOMEOTROPIC	Nn, Sp	
			FOCAL CONIC	CHn CHp	
TN MODE STN MODE	복굴절성 FILM	FILM의 복굴절	90° TWIST	Np	2매
	COLOR FILTER형	COLOR FILTER에 의한 광의 간섭			1매
	CHOLESTERIC FILM형	FILM의 선택산란			1매
CHOLESTERIC MODE	선광 분산형	선광분산	변형 STRIPE상	CHp	2매
	선택 산란형	선택산란	PLANER FOCAL CONIC	CHn, CHp	
	원편광 2색성	원편광 2색성	HOMOGENEOUS	Np	

영역을 갖는 상태가 된다. 이때 안에서 밖으로 전계를 인가하면 영구쌍극자 MOMENT는 전부 전계방향을 향하게되며 그림 2-B와 같이 분자가 전부 $+θ$ 의 경사각을 갖는 상태가 된다. 이와같은 상태에 편광자(P)의 주축방향을 분자 장축방향에, 검광자(A)의 주축방향을 분자의 단축 방향에 평행하게 하면 편광자(P)를 통과한 직선 편광은 복굴절을 일으키지 않은 상태로 통과하여 검광자(A)에 도달하여 어두운 상태를 얻을 수 있다.

한편 전계를 역방향으로 인가하면 그림 2-C와 같이 분자가 전부 $-θ$ 의 경사각을 갖는 상태가 되며, 편광자(P)를 통과한 직선 편광은 복굴절 효과에 의해 검광자(A)를 통과하여 밝은 상태를 얻을 수 있게 된다. 이렇게하여 전계의 정부에 의해 명암의 상태를 각각 얻을 수 있다.

7. COLOR LCD

COLOR 액정표시 방법에는 ECB MODE와 PLEOCHROIC MODE, TN MODE, STN MODE, CHOLESTERIC MODE 등으로 분류할 수 있으며 기본 원리와 주요 광학적 성질은 표 6과 같다.

ECB MODE를 이용한 COLOR LCD는 색상 분리가 어렵고 명도가 낮으며 색얼굴 및 온도의존성이 크다는 단점을 가지고 있지만 색퍼짐이 전혀 없으며 FULL COLOR 표시가 가능하다는 장점이 있다. 한편 TN MODE와 STN MODE를 이용한 COLOR LCD는 주로 COLOR FILTER를 이용하여 FULL COLOR를 실현시키고 있으며 향후 가장 기대되어지는 방식들이다.

한편 PLEOCHROIC 방식은 시간과 온도 및 CELL 두께에 많은 영향을 받지 않는다는 장점이 있으나 액정 및 염료가 전기 화학적 노화 및 퇴색성이 있다는 단점을 가지고 있다.

8. 향후 전망

현재까지는 각종 LCD의 60% 이상을 일본에서 생산하고 있지만 최근에 들어와서는 극동 아시아 국가들의 비율이 점점 높아지고 있다. 그리고 생산하는 기종들은 1985까지만 해도 WATCH와 CALCULATOR 용도의 LCD가 주류를 이루었지만 최근에

들어와서는 계측기를 비롯하여 OA용 LCD의 비율이 점점 높아지고 있다. 사용 용도에 따른 각종 LCD 비율은 표 8과 같다.

한편, 향후 기대되어지는 LCD에는 크게 세가지로 분류할 수 있다. 첫째는 a-Si과 poly-Si, DIODE, MIM 등 비선형소자를 이용한 ACTIVE MATRIX LCD로서 차세대 벽걸이 액정 TV에 응용될 가능성이 높으며, 둘째는 강유전성 LCD로서 CELL-GAP 조절이 어렵고, 배향조건이 불완전하다는 문제점을 가지고 있지만 현재까지 개발된 LCD MODE 중에서는 응답속도가 가장 빠르며 광투과 급준성이 좋아 최대 HIGE MULTIPLEX 구동이 가능하므로 초대형 LCD의 응용이 기대된다. 셋째로 1986년에 처음 판매되었던 YELLOW-GREEN MODE 및 BLUE MODE STN LCD는 현재 1120×800 DOT까지 개발되어 있으며, BLACK WHITE STN LCD 중에서는 보상 CELL를 이용한 DOUBLE LAYER STN과 위상차판을 이용한 RF STN이 가장 유력하다.

DOUBLE LAYER STN LCD는 SEIKO-EPSON, SHARP, HITACHI, MATSUSHITA, OPTREX 등이 개발에 참여하고 있으며 CONTRAST와 시야각은 좋으나 생산 COST가 높다는 단점을 가지고 있다. 한편 RF STN LCD는 SEIKO-EPSON, MATSUSHITA, TOSHIBA, SHARP 등이 참여하고 있으나 완전한 BLACK WHITE표시가 없으므로 아직 해결해야하는 과제도 남아있다. STN의 COLOR화는 SEIKO-EPSON이 DOUBLE LAYER STN을 이용하여 16계조의 MULTI-COLOR STN이 개발하였으나 FULL COLOR STN LCD는 1990년에 개발될 것으로 예상된다.

한편 국내에서는 삼성전관, 한독, 서통, 금성사등

표 7. 지역별 LCD 생산량 (백만개)

지역 \ 년도	1984	1985	1986	1987
JAPAN	500	540	545	585
EUROPE	12	14	14	20
FAR EAST	180	230	280	280
USA/CANADA	8	6	6	5
WORLD	700	790	845	890

표 8. 응용분야별 LCD 시장

(백만개)

APPLICATION \ YEAR	'85	'86	'87	'88	'90 FORECAST
WATCHES	440	500	510	523	550
CALCULATOR	200	140	145	150	160
CLOCKS	25	33	35	38	44
GAMES	6	8	9	9	10
CONSUMER PRODUCTS	15	20	23	25	30
THERMOMETERS	20	22	24	26	30
CAMERAS	5	7	8	9	12
THLEPHONES	6	10	12	16	26
INSTRUMENTS	25	32	35	39	48
CARS	12	15	19	22	31
OFFICE EQUIPMENT	15	22	25	27	32
PERSONAL COMPUTERS	0.4	0.7	1.0	1.4	3
PORTABLE TV'S	1	1.5	1.6	3	10
INFORMATION BOARDS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
ALL OTHERS	20	34	42	52	44
TOTAL	790	845	890	940	1030

에서 개발에 참여하고 있으며 생산 기종의 주류가 소형 TN MODE LCD에 불과하다.

참 고 문 헌

- [1] H. M. Gibbs, Appl. Lett., 41, 221, 1982.
- [2] J. Nehring, A. R. Kmetz, T. J. Scheffer, J. Appl. Phys., 47, 850, 1976.
- [3] D. W. Berreman, J. Opt. Soc. Am., 63, 1374, 1973.
- [4] D. W. Berreman, J. Opt. Soc. Am., 62, 502, 1972.
- [5] T. J. Scheffer, J. Appl. Phys., 54, 4966, 1983.
- [6] R. N. Thuston, J. Appl. Phys., 54, 4966, 1983.
- [7] J. A. Martin-Pereda, Mo a. Muriel, Optical Bistability 2., p. 143. Plenum Press, New York and London, 1984.
- [8] 内田龍男, 和田正信, 應用物理, 47, 530, 1980.
- [9] R. Bucher, Green Book. 10, 1988.