

HDTV用 TFT-LCD의 기술 현황



소희섭

LG LCD(주) 안양연구소
경기도 안양시 동안구 호계동 533

1. 서 론

디지털TV(Digital TV, 이하 D-TV)의 기본 규격을 1997년 3월에 미국 FCC(Federal Communications Commission)에서 발표한 이후, 디지털TV 방송이 본격적으로 진행되어가고 있다. 1999년 전반기 중에 미국의 30%에 이르는 지역에서 D-TV를 수신할 수 있게 되고 1999년 하반기까지는 약 미국가정의 70%, 2000년까지는 미국의 모든 지역이 D-TV를 수신할 수 있게되는 계획을 FCC는 제시하고 있으며, 각 방송업체와 전세계의 장비 제조사는 FCC가 제시한 노정표에 따라 관련시장의 선점과 확대에 참여하고 있다.

FCC가 확장한 D-TV는 표준 해상도 TV(Standard Definition TV)와 고해상도 TV(High Definition TV)의 규격을 동시에 만족시키게 하고 있으며, D-TV수신기 시장은 D-TV방송이 미전역에 방송되는 2002년부터 급격히 성장할 것으로 예측된다.

D-TV시장이 성장하기 위해서는 TV수신기가 D-TV의 규격을 충족시켜야 할뿐만 아니라 가정에서 수용 가능한 밝기, 크기, 소비전력 등의 사양을 갖추고, 일반 소비자의 구매력에 적합한 가격조건을 갖춰야 한다.

D-TV 수신화면으로서는 PDP(Plasma Display Panel), PAL(Plasma Addressed Liquid

Crystal), CRT투사방식, LCD배면투사방식(Rear Projection), LCD전면 투사방식(Front Projection), DMD(Digital Micro-mirror Device), AMA(Actuated Miro-mirror Array) 등이 경쟁하고 있다.

본고에서는 LCD 배면투사방식과 LCD 전면투사방식에 대해 LCD 광패브를 중심으로 서술하고자 한다.

2. 디지털TV의 화면규격

기존의 NTSC(National Television System Committee), SECAM, PAL(Phase Alternation Line)방식이나 일본의 MUSE변동방식(일반적으로 Hi-Vision)이 아날로그 송신 방식인데 비해, 디지털TV는 화상신호를 모두 디지털로 송신, 수신 및 저장하는 체계로서 선명하고 잡음이 없으며, 화면의 고해상도의 화질을 구현하는 방식이다.

D-TV는 HDTV와 SDTV 두 가지 방식의 규격을 포함하는데, HDTV규격은 1920×1080 또는 1280×720의 화소 포맷을 가지며, 화면의 종횡비가 16:9이다. 이에 비하여 SDTV규격은 640~704×480의 화소 포맷과 4:3의 화면 종횡비를 가진다.

HDTV의 화소포맷은 방송 송출사에 따라 선택이 다를 수 있으며, 수신기에서는 어느 포맷이나 수신하여 화상을 디스플레이 할 수 있는 멀티싱크 기능을 포함해야 한다.

3. 투사방식-전면투사방식과 배면투사방식

일반적으로 가정용의 LCD투사기는 주로 배면투사 방식(rear projection)을 택한다. 스크린이 투사 시스템에 일체화되어 있어 가정의 실내에 거치 하기가 적당하기 때문이다. 그러나, 회의, 상담, 교육 등의 용도로는 다양한 사용공간과 시청인원, 주어진 투사 스크린에 맞추어 화면의 크기를 자유롭게 조절할 수 있는 전면투사방식(front projection)이 널리 쓰인다.

그림 1에는 전면투사방식과 배면투사방식의 개념을 나타내었다.

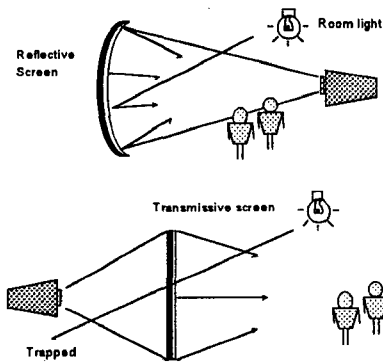


그림 1. 전면투사방식(위)과 배면투사방식(아래)

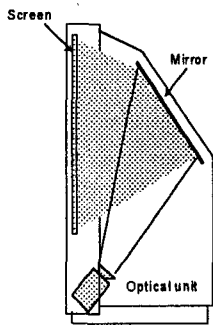


그림 2. 거치식 적당한 배면투사 시스템의 개념도

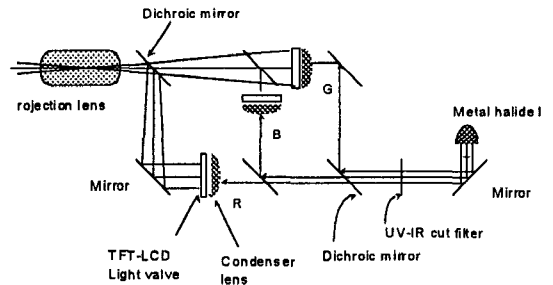
전면투사방식은 휴대성이 뛰어나나, 사용할 때마다 스크린을 설치하고 화상을 조정하는 불편이 있으며, 그림 1에 나타난 바와 같이 외광이 반사형 스크린에서 산란되어 화면의 콘트라스트 비가 낮아질 수 있다. 이와 달리 배면투사방식은 스크린이 일체화되어 거치식 수상기로서 적절하며, 외광은 투과형 스크린

내부로 입사되므로 외부의 배경광에 대해 상대적으로 유리한 점이 있다. 그리고 스크린은 효율적인 반사와 유효한 각도로의 광분산을 위해 설계된다. 특히 배면투사용 투과형 스크린은 fresnel 렌즈와 lenticular 렌즈가 조합된 구조로 fresnel 렌즈는 광학계에서 출발한 확대된 빛을 시청위치에 모아주는 구실을 하며 lenticular 렌즈는 각 부분의 빛이 적당히 방사각을 가지도록하여 시야각을 넓히는 구실을 한다. (그림 1)

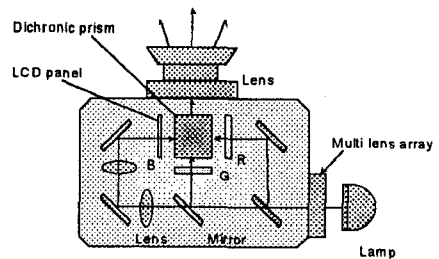
가정용 거치방식에 적당한 배면투사 시스템의 개념도를 그림 2에 예시하였다. 60인치의 화면을 구현하기 위해 시스템의 두께를 약 60cm 정도로 설계할 수 있다.

4. 투사광학계

투사광학계는 반사형과 투과형으로 구분할 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. 투사형 광학계의 2가지 예

그림 3-(a)는 이색성 반사경(dichroic mirror)를 사용하여 적록청 3색을 분리하여 각각 분리된 LCD로 변조시킨 후 이색성 반사경으로 이를 다시 합쳐주는 방식의 투사광학계를 보여주고 있으며, 그림 3-(b)는 이색반사경으로 색분리를 하고 LCD로 변조한

후 이색성 프리즘을 사용하여 각각의 빛을 합쳐주는 투사광학계를 나타낸 것이다.

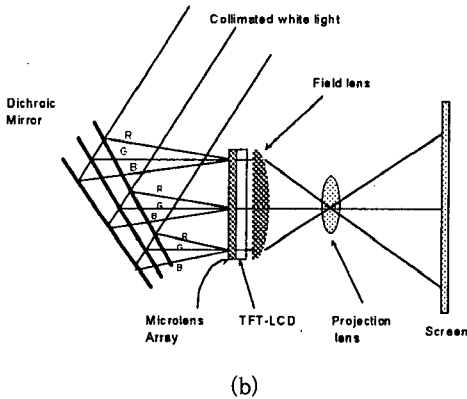
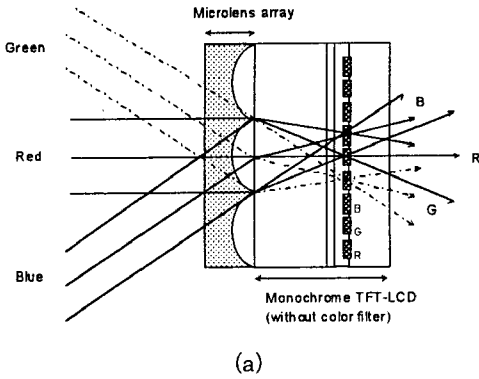


그림 4. 마이크로 렌즈 array 방식

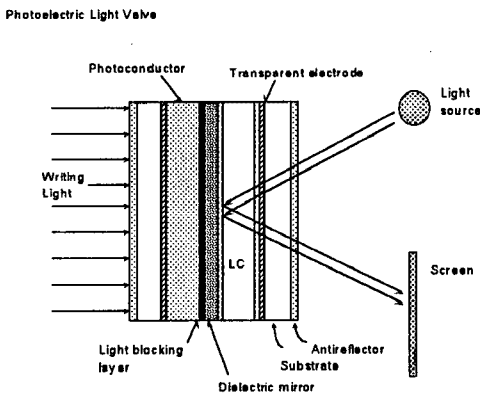


그림 5. 광도전성 반도체를 이용한 반사형 방식

LCD 투사 광학계는 시스템의 코스트에 가장 큰

부분을 차지할 뿐 아니라 시스템의 사양과 성능에도 매우 큰 영향을 주는 부분이다. 투사광학계에 사용되는 광밸브를 적록청(R,G,B) 별로 각각 한 개씩 사용하는 것이 일반적이지만, 저가격, 소형의 시스템 경우에는 투과형 LCD패널 1개를 사용하기도 한다. 이런 경우에는 LCD 광밸브 내에 화소별로 적록청의 마이크로 컬러필터를 내장한다. 일본의 Sharp사에서는 마이크로 렌즈 어레이와 tilted dichroic mirror를 사용하여 LCD panel 1개를 사용하면서 높은 휘도와 해상도를 구현하는 기술을 발표하였다. (1995, IDRC)

5. LCD 광밸브

표 1에 대표적인 LCD 광밸브의 방식등을 나타내었다. 그림2의 투사광학계의 개념도에서 보듯이 일반적으로 3개의 LCD 광밸브를 사용하고 있다. 3개의 LCD 광밸브를 사용함에 따라, LCD 광밸브의 비용뿐 아니라 투사광학계의 제조비용이 높아지게 된다. 이에 따라 얇아형의 소형 LCD투사 시스템에는 노트북PC의 LCD화면처럼 적록청의 컬러필터를 LCD내에 구비한 LCD 광밸브를 한 개만 사용하기도 한다. 이 경우에 이색성 반사경 등의 고가부품이 필요치 않으므로 크기가 작아지고, 제조비용이 낮아지게 되나, 광효율이 3배이상 떨어지고 화면의 밝기와 해상도에 한계가 있다. 그림 4에 이러한 단점을 해결하는 마이크로 렌즈 어레이 방식이 고안되어 발표되었다.

표 1. 대표적인 광valve방식별 비교

LCD 방식	Active matrix	기관	액정모드	비고
반사형	CdS광소자	석영기관	Tilted homeotropic	대형화면등록수용도
	CMOS	Si Wafer	PDLC	
투과형	CMOS (SOI)	유리	TN	Epitaxial film을 glass에 진사
	고온 poly-Si	석영기관	TN, VA	현재
	저온 poly-Si	유리	TN, VA	상용화기술
	CGS TFT	석영기관	TN	Sharp社

마이크로 렌즈 어레이 방식은 광효율이 3배 방식과 동일하되 3색 분리과 결합이 필요 없게 되어 있어 광학계가 간단해지는 장점이 있다. 한편 TFT 소자를 사용하지 않고 CdS 등의 광도전성 반도체를 이용한 방식을 그림 5에 도시하였다.

적색~적외선 파장의 단색광 CRT로 만든 화상을 광전도층에 결상시키면, 광전도층(CdS등)/dichroic mirror/LC의 양단에 인가된 구동전압이 빛을 받은 광전도층의 전기저항에 따라 액정층에 다르게 인가된다. 이에 따라 액정의 배열상태가 달라지고, 광학계를 통하여 입사된 편광상태의 빛이 변조되어 스크린에 투영되는 것이다. 이 방식은 다층의 박막 적층에 따른 생산성과 수율의 한계성에 의해 초대형 화면을 필요로 하는 일부 특수용도에 한정되어 사용되고 있다.

미국의 경우 다양한 고객의 수요를 만족시키기 위해 CMOS wafer 반사형 광밸브를 이용한 데이터 프로젝터를 출시하고 있다.

6. 액티브 어레이 기술

CMOS 어레이나 poly-Si TFT 어레이는 주변 회로부를 LCD내부에 집적화 할 수 있다. 회로부의 내장에 따라 구동IC 등이 절감될 뿐만 아니라 접속부의 신뢰성이 향상되고 접속영역이 줄어들어 따라 광학계 설계도 용이하여 진다.

그림 6에 poly-Si TFT 패널이 구성도를 개념적으로 보였다.

6-1. CMOS array

실리콘웨이퍼 위에 형성된 CMOS 회로를 사용하는 방법이므로 광밸브의 제조상 문제는 거의 없으며, 주변회로를 일체화시키는 이점이 있다. PDL(Polymer Dispersed Liquid Crystal ; 고분자분산액정) 또는 NCAP의 액정을 사용하여 반사방식으로 설계된 투사광학계를 필요로 한다. 광학계는 Schlieren 렌즈를 사용하며, 상대적으로 협소한 반사각 범위의 빛을 이용하므로 광효율의 개선은 크지 않다. 데이터 프로젝터 등 소형의 회의용 투사 시스템으로 개발되고 있다.

6-2. 단결정 TFT array

단결정 TFT array에는 SOI(Silicon on Insulator) 기술을 이용하여 단결정 TFT array와 주변 구동회로를 형성한 다음, 석영기판이나 유리기판에 접착하여 SOI의 기판(일반적으로 Si wafer)부분을 연마/식각하여 SOI의 에피택시층만을 석영기판 또는 유리기판에 남겨서 제작한다. 이렇게 제작한 TFT array기판은 제조공법과 제조비용, 수율에서 어려움이 예상된다. 사용하는 epitaxy층은 1~2 μ m의 두께를 가지며 ZMR(Zone Melting Recrystallization) 방법으로 형성시킨다.

6-3. 고온 poly-Si TFT LCD

일반적으로 고온 poly-Si TFT는 석영기판을 이용하여 제조한다. 반도체 장비를 이용하는 장점이 있으며, 공정도 반도체공정을 공유한다. 반도체 장비를 사용하여 다음에 서술하는 저온 poly-Si TFT보다 정밀한 설계규칙(design rule)을 사용하므로 소형 고밀도 LCD에 적합하다. 현재 상용화가 되어

있는 기술이며, projection용 광밸브 뿐만 아니라 캠코더의 viewfinder, HMD(Head Mount Display)등에도 사용되는 기술이다.

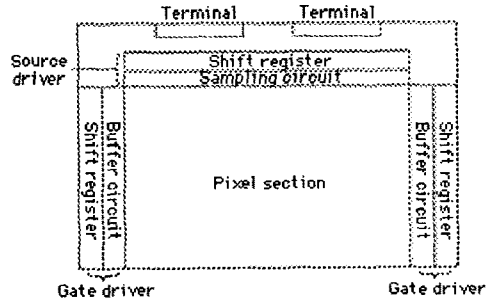


그림 6. poly-Si TFT 패널이 구성도

일반적으로 TN액정 기술을 많이 사용하고 있으나, TN의 반응속도가 50msec정도로 약간 느린 점과 화소경계에서 disclination이 발생하는 것을 black matrix로 차단하여야 함에 따른 개구율 감소 등의 고해상도화를 저해하는 점이 있다. LG전자에서는 VA(Vertical Alignment)모드의 액정을 사용함으로써 두 가지 제약을 동시에 해결한 1920x1080 화소를 갖는 HDTV규격의 투과형 LCD모듈을 개발한 바 있다. (1998년)

6-4. 저온 poly-Si TFT LCD

저온 poly-Si TFT는 일반적으로 최고 600 $^{\circ}$ C이하의 공정온도에서 제작하는 TFT기술을 일컫는다. 그것은 유리기판을 사용할 수 있는지의 여부를 결정하는 인자이기 때문이다.

저온 poly-Si 기술은 SPC(Solid Phase Crystallization)법, Ar laser 등의 연속발진 laser beam의 고속 scanning에 의한 재결정화 방법, UN(Ultra-violet)파장을 내는 excimer laser pulse를 조사하여 재결정화하는 방법, MIC(Metal Induced Crystallization) 또는 MILC(Metal Induced Lateral Crystallization) 등의 방법들이 있다. 현재 주로 excimer laser를 사용하는 저온 poly-Si TFT가 상용화단계에 와있으며, 앞으로는 MIC, MILC 등의 기술들이 주목받고 있다.

그러나 유리기판의 제조상의 이점은 그 기판재료비와 함께 대면적 기판을 사용하는 것인데, 대면적 기판화에 따른 패턴 미세화의 한계와 패턴간의 정렬오차 한계는 당분간 직시형 LCD모듈에만 응용하게 되는 이유가 된다. 현재의 주요 응용제품은 3"이상의 디지털 카메라용 LCD, 휴대용 TV, 미니노트북 PC용 LCD(8"~10")에 주로 집중되어 있으나, 생산기술이 개선되어감에 따라 비정질 규소 TFT LCD뿐만 아니라 투사용 LCD모듈까지 그 적용범위의 확대를 예견할 수 있다.

6-5. CGS TFT LCD

유리기판에 제조하여 TFT의 전하 이동도를 $300\text{cm}^2/\text{Vsec}$ 까지 구현하였다고 발표된 CGS(Continuous Grain Silicon) 기술은 그 구체적인 방법과 원리에 대해서는 알려진 바가 없다.

7. HDTV용 시스템

머지 않아 다가오는 HDTV시대의 수상기는 화면의 크기와 화소 수가 HDTV 포맷을 만족시키고 시스템의 두께가 일반가정의 거실에 수용할 수 있는 정

도가 되어야 한다. 밝기나 소비전력도 적당해야 하지만 무엇보다 가격이 충분히 낮아야만 시장이 확대될 수 있다. 이러한 요구 조건을 가장 가까이 만족시키는 기술은 LCD 배면 투사방식의 수상기로 생각되며, LCD투사방식의 핵심은 LCD광벨브로써 주변회로를 내장시킬 수 있는 poly-TFT 기술이 그 핵심이다. 저렴한 제조비용으로 보다 신뢰성 있고 고집적화된 TFT-LCD를 구현하기 위해서는 세계의 각 연구소들이 경쟁적으로 개발 중이다.

TFT-LCD기술이 궁극적인 비전은 유리기판 위에 단결성 소자를 구현하여 시스템을 집적화하는 SOG(Silicon on Glass)기술일 것이다.