

# LCD 부품재료 기술의 동향

최 동 훈, 오 상 준(경희대학교, 영상정보소재연구센터, 환경·응용화학부)

## I. 서 론

LCD를 포함한 상용화된 디스플레이 기술은 반도체에 이어 많은 발전을 거듭하고 있고 2000년대 이후 우리나라의 주력 수출 상품의 하나로 부상하였으며 최근 LCD 산업분야에서는 세계적인 선두 주자로 나서게 되어 차세대 중점 전략 기술 산업으로서의 역량이 기대되고 있다. 현재 TFT-LCD의 경우 삼성전자 및 LG-Philips LCD사가 MODULE 생산 대수에 있어서 세계 1,2위를 점하고 있으나 핵심 부품 및 재료의 상당 부분이 수입에 의존하고 있어 향후 국제경쟁력 유지를 위해서는 대만을 비롯한 후발 국가들에 비해 기술정밀, 가격 경쟁력의 우위 확보가 시급한 문제로 되어 있다.

TFT-LCD의 경우 핵심이 되는 액정 재료는 물론 배향막, 간극자, 봉지제 및 컬러필터 등을 수입에 의존하고 있으며, PDP의 경우는 형광체, 격벽 재료, 전극, 유전체 등 재료는 물론이고 공정 장비 개발 면에서도 경쟁 대상 국인 일본과 비교하여 낮은 수준에 머물고 있다. 특히 다양한 분야에 적용 가능한 전자재료 및 부품이 있지만 현재 국가 전략 산업으로의 발전을 고려할 때 디스플레이 재료 및 부품기술 분야에 관해 집중적으로 연구가 필요하다 할 수 있다.

정보화 사회의 전개와 함께 보급이 크게 증가하고 있는 LCD를 비롯한 디스플레이 기술은 기본적으로 거대한 투자를 요하는 장치산업의 하나인 특징을 가지고 있으며 기술적으로 보면 panel의 설계, 제조 공정, 품질 및 내구성 검사 등 복

잡한 공정 기술을 요하고 있다. 따라서 제품 생산 효율이 우수한 제조 장비 및 공정 기술에 우선하여 신 기능 고기능 디스플레이 개발의 핵심인 디스플레이용 재료 및 부품 기술의 개발은 디스플레이 관련 중소기업 및 대기업의 장기적인 발전 및 국제 경쟁력 확보에 매우 중요하다.

디스플레이 소자의 제조 장비와 구동 회로 등 많은 부분에 있어서 연구가 진행되어 왔음에도 불구하고 국내에서 생산된 부품과 재료에 대한 신뢰성의 결핍으로 말미암아 실제 제품에 적용된 예는 거의 없는 실정이다. 이는 국내 부품 소재를 개발하는 중소기업과 대기업간의 사과의 차이 그리고 그들을 제조하는 입장에서 실제 공정 상에서, 그리고 구동 시 요구되는 많은 요구조건을 인식하지 못하여 일어난 현상으로 설명 할 수 있다. 이로부터 거의 대부분의 부품과 소재들이 수입에 의존하고 있는 실정이다. 특히 기존의 디스플레이에 요구되는 특징을 인식하지 못한 상태에서의 부품과 소재의 개발은 실제 공정 상에서 많은 문제점을 야기 시킬 것이라는 것은 자명한 사실이다. 이는 국내의 대학과 중소기업과 대기업간의 상호작용이 너무나 없었던 데서 기인한다고 생각한다. 산·학·연 공동 연구과제 및 기타 수많은 연구과제들이 디스플레이 분야의 부품 소재개발의 명목으로 이루어져왔으나 이들은 모두 위의 세 부류에서 각각의 사과의 의해 이루어져 그들의 결과를 종합 할 경우 학문적인 분야와 기술적인 분야의 거리감을 좁히지 못하는 현상이 초래되곤 하였다. 그러므로 대기업은 그들을 이해할 수 있는 유망 중소기업을 발굴하여야 하고

대학은 그들에게 필요한 학리적인 정보 및 재교육 그리고 유망 기술의 이전 등이 이루어질 때 비야흐로 부품재료분야의 국내 기술의 발전이 이루어질 것으로 생각한다. 본 고에서는 LCD 부품 재료에 있어서 액정을 제외한 그 외 부품을 중심으로 알아보고 관련 국내 기술 현황 및 문제점을 기술하고자한다.

## II. 액정 디스플레이용 부품 소재

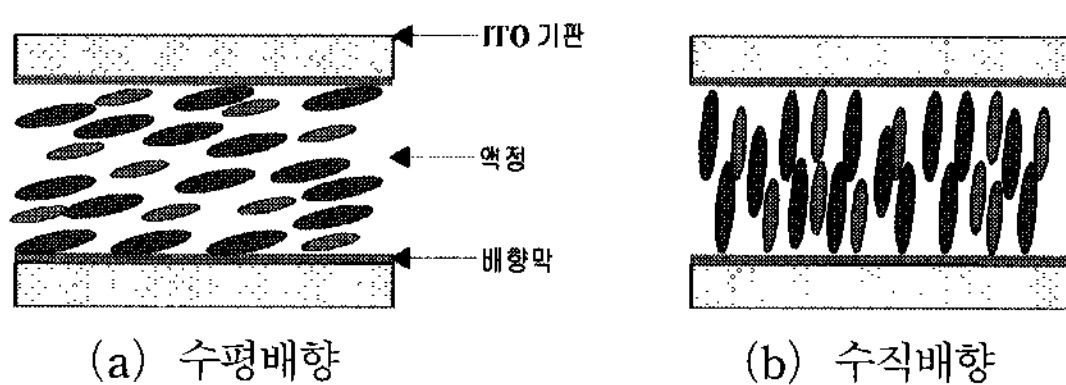
### 1. 액정 배향막

#### 1) 배향막

액정표시소자 패널은 일반적으로 샌드위치형으로, 그 안에 주입되어 봉합된 액정은 기판의 표면 처리법에 의하여 일정한 방향으로 균일하게 배향되어져 있다. 이 때 액정을 균일하게 배향시키기 위해 유리 기판 혹은 전기전도성이 있는 ITO 기판 위에 얇은 유기 고분자막 또는 무기막을 도포하고 여러 가지 방법으로 표면 처리하여 배향된 막을 얻을 수 있으며, 이렇게 배향된 유기 고분자막이나 무기막을 일컬어 배향막(alignment layer)라 한다. 배향막에 요구되는 일반적인 특성으로는 우선, 이온성 불순물이 작아야 하며, 화학적·물리적으로 안정해야 한다. 그리고, 분자량이 안정되고, 저 분자량의 생성물이 없어야하고, 투명하고 무색이어야 한다.

#### 2) 액정 배향 기술

<그림 1>은 비틀림을 주지 않은 Nematic 액정 셀에 있어서의 액정 배향 상태를 나타낸다. (a)는 pre-tilt각을 가진 수평(Homogeneous) 배향을 (b)는 액정의 수직(Homotropic) 배향을 나타낸다.



<그림 1> 액정 배향의 종류

다음은 액정분자의 균일한 배향을 실현하기 위해서 사용되는 여러 가지 방법들이다.

#### (1) 수직배향법

- ① 양친매체분자를 코팅하는 방법 : 공업적으로는 C-F쇄 분자 등을 기판 위에 코팅한다.
- ② SiO<sub>2</sub> 등의 경사증착법
- ③ 고분자의 말단기 또는 측쇄에 지방족 사슬들을 길게 결합시키는 방법
- ④ 광기능성 고분자의 혼합물의 박막을 이용하는 방법

#### (2) 수평배향법

- ① 고분자막의 표면 러빙(rubbing)법

러빙법은 간편하고 배향이 안정하여 실제 생산 공정에 응용되고 있으며, 특히 폴리이미드의 배향막 제조에 가장 많이 사용되고 있다. 러빙의 강약을 나타내는 러빙강도(Rubbing Strength)는 보통 다음과 같이 정의되어진다.

$$RS = NM \left( \frac{2\pi rn}{v} - 1 \right)$$

여기서, N은 러빙한 회수, M은 섬유 표면과 기판과의 접촉 거리, n은 러빙롤러의 회전수, v는 기판의 이동속도, r은 러빙롤러의 반경을 나타낸다.

이러한 러빙법은 액정배향의 안정성이 뛰어난 반면에 기판과 섬유 표면과의 접촉으로 인해서 생겨나는 정전기나 먼지 등의 불순물들이 발생하는 단점과 시야각이 좁은 단점이 있어 근래에는 비접촉식 배향법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

- ① 광배향법

앞에서 말한 기계적인 러빙법의 여러 단점들을 보완하기 위해서 광감응성 유기 고분자를 이용한 광배향법이 많이 연구되어지고 있다.

다음에 나타내는 광배향 제어기술의 3가지 방법의 공통점은 조사광원으로 선형 편광 광원을 사용하며 무질서하게 배향하고 있는 고분자들 중

에서 주쇄, 또는 측쇄 중의 편광방향에 평행한 분자가 주로 광을 흡수하여 광반응을 일으켜 그 박막에 광학적 이방성을 유도한다. 따라서 액정의 광배향 제어기술에 필요한 조건은 직선편광등의 방향성을 가진 광을 사용하는 것과 고분자 재료로서는 고분자의 광반응 메카니즘(광이성화, 광중합, 광분해)이 조사된 광의 편광방향과 그 고분자의 사슬의 배향 방향과의 내각에 의해서 제어된다.

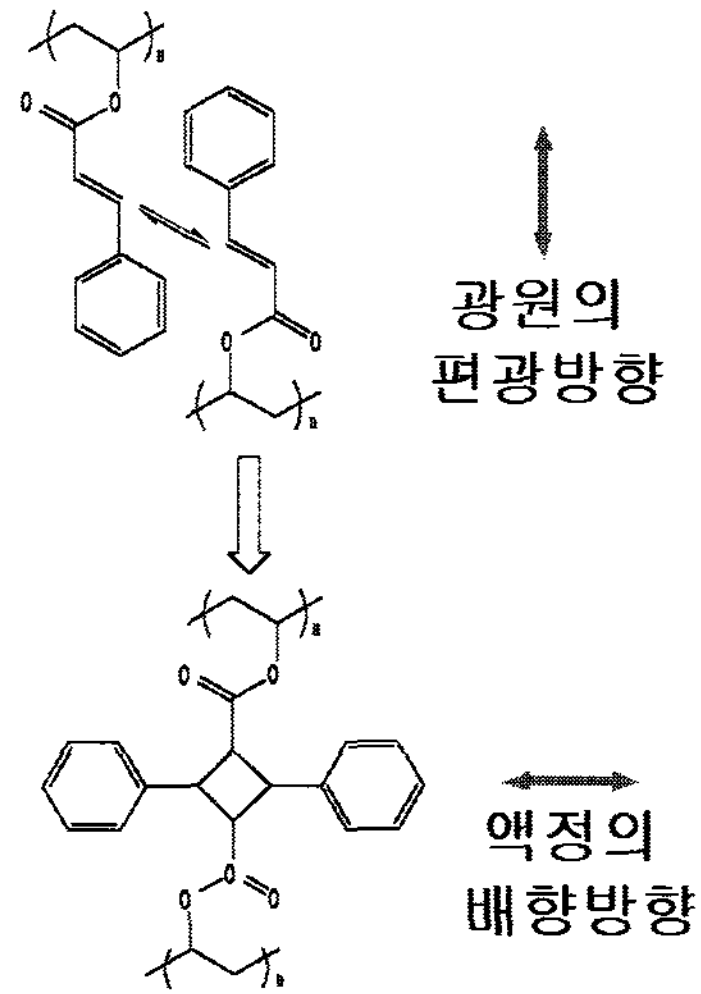
(1) 광이성화 방법

이 방법은 크게 2가지로 나뉘며, 첫째는 광반응성을 나타내는 분자를 고분자에 혼합하여 폴리이미드막을 제조한 후, 편광된 광을 조사시켜 액정분자의 방향을 제어하는 기술이며, 두 번째로는 광이성화 분자를 측쇄에 도입한 고분자막에 직선편광을 조사하여, 특정한 방향으로 배향된 색소 분자만을 광이성화시켜 광학 이방성을 발생시키는 방법이다.

(2) 광중합 방법

이 방법은 광중합 반응성을 나타내는 고분자막에 직선 편광을 조사하여 어떤 특정방향을 향한 분자만을 중합반응시켜 광학 이방성을 발생시키는 방법이다. 예를 들면, negative 감광성 고분자로 잘 알려진 polyvinyl cinnamate(PVCi)를 사용한 광중합 반응 메카니즘은 <그림 2>와 같다. PVCi는 그 측쇄에 스티롤기를 가지고 있으며, 파장 250-280nm 부근의 자외선 영역에서 스티롤기의 광반응에 기여하는 전자 천이의 흡수 피크를 보이므로, 그 파장 영역의 자외선을 PVCi막에 조사하면 <그림 2>와 같은 이중결합 간의 cycloaddition에 의해 광가교 반응이 일어난다.

이 스티롤기에 기인하는 광흡수는 조사광의 편광방향이 스티롤기의 이중결합에 평행한 경우 크고, 역으로 수직인 경우 작아지게 된다. 즉 무질서하게 PVCi분자가 늘어서 있는 박막에 직선 편광 자외선을 조사하면, 그 편광방향에 평행한 측쇄를 가진 PVCi분자에서 우선적으로 광가교



<그림 2> PVCi의 화학구조와 광중합 반응 후의 구조

반응이 일어나고, 박막에 광학 이방성이 발생한다. 그 결과 직선 편광이 조사된 PVCi막은 액정분자를 일정한 방향으로 배향시키는 기능을 가지게 된다.

(3) 광분해법

이 방법은 폴리이미드 등의 고분자막에 직선 편광된 자외선을 조사하여 특정한 방향으로 배향된 분자의 특정 결합을 선택적으로 절단시키는 광분해 반응을 이용하여 광학 이방성을 발생시킨다. 유도되는 이방성에 따라 액정의 방향자가 정렬하게 된다.

3) 액정 배향 메커니즘

(1) Groove 이론

기계적인 러빙 또는 그 외의 가공법에 의해서 일정한 방향으로 미세한 홈이 기판 면에 발생함이 알려져 있다. 그 결과 이 홈에 접하는 액정분자에 발생하는 탄성에너지는 액정분자의 방향자가 홈의 길이방향에 평행일 때 최소로 된다. 그러므로 액정은 가장 안정한 방향으로 즉, 홈이 형성된 방향에 수평으로 배열될 것이다. 이 이론은 폭이 아주 미세할 때 액정 배향에 크게 기여하는 것으로 생각되어 진다.

### (2) 배제 체적 최소 효과

이 효과는 기판 표면 위의 액정분자의 중심을 기준으로 배제체적의 크기에 따라 액정배향에 기여를 알 수 있다. 표면 내에서의 배향성에 기여하는 것 보다 셀 두께방향인 극각 방향에의 기여가 큰 것으로 생각되어진다.

### (3) 이방성 분산력

이것은 반데르발스(Van der Waals)력이라고도 불려진다. 기판이 고분자막일 경우 러빙처리 등에 의하여 굴절율에 이방성(복굴절)이 생기게 되며, 이 결과 면내에서의 회전에 대한 결합력이 발생한다.

### (4) 쌍극자 상호작용

유극성의 액정과 유극성의 배향층과는 쌍극자 상호작용에 의해 흡착되어질 수 있다. 이러한 현상은 네마틱 액정에서도 발생되지만, 강유전성액정의 경우에 많이 기여하는 것으로 생각되어진다.

### (마) 액정분자의 고분자막에의 흡착

등방상태의 액정을 고분자 배향막으로 코팅된 유리판으로 제조한 셀에 주입하여 네마틱액정 상태까지 냉각하면 최초의 네마틱액정 분자의 방향으로 배향 방향의 메모리 작용이 일어나, 네마틱액정분자는 그 방향으로 배열된다. 이것은 네마틱액정 분자의 흡착 또는 고분자막에의 침투로서 설명할 수 있다. 이 침투작용에 의해 주위의 고분자막에 복굴절이 발생한다고 생각할 수 있다.

## 2. 액정 표시소자용 컬러필터

액정 표시소자용 컬러필터는 LCD의 한쪽 기판으로 사용되어 다양한 색을 구현해 주는 부품이다. 이 컬러필터는 그 구조가 유리 기판, 블랙 매트릭스(BM), Red, Green, Blue, 보호막층, 전도성 박막(ITO)층 등으로 구성되어지며, LCD의 종류 및 액정 모드에 따라 그 구조가 바뀌어진다. 일반적인 LCD용 컬러필터의 한 화소는 그 크기가 약 수십에서 수백 미크론 단위의 크기로 사람의 눈으로는 그 구분이 어려워

Micro-Color Filter라고도 불려지고 있다.

이 컬러필터 제조 기술은 지난 수십 년 동안 일본을 중심으로 여러 가지 제조기술이 개발되어 왔으며 생산에 적용되고 있다. 현재까지 널리 개발되어 알려져 있고 생산에 적용이 된 제조기술은 염색법, 인쇄법, 전착법, 안료분산법, 필름전사법등이 있으며, 이들 제조방법들은 생산성 및 제조 원가 측면에서 최근까지 경쟁을 통하여 우수한 제조방법이 검증되어져 사용되고 있다. 특히 최근 들어서는 액정 디스플레이의 크기가 커지면서 그 생산성을 높일 목적으로 제조기판 크기가 계속하여 커지고 있는 상황에서 제조기술이 대형기판에 적합 가능 여부도 매우 중요한 요소가 되고 있다.

TFT-LCD의 color 화면의 색의 구성은 backlight에서 나온 백색광이 액정 셀을 통과하면서 투과율이 조절되고 red, green, blue의 color filter(CF)를 통하여 세 개의 화소가 모여서 하나의 컬러화소를 이루며 투과해 나오는 빛의 혼색을 통하여 이루어진다. CF 기판은 셀 사이의 빛을 차단하는 black matrix(BM), 색상을 구현하는 R·G·B 패턴, 액정 셀에 전압을 인가하기 위한 공통전극(ITO)으로 구성되어 진다. 세 개의 화소가 모여서 하나의 컬러화소를 이루며, 박막형 트랜지스터(TFT)는 R·G·B 화소에 각각 연결되어 있기 때문에 SVGA(800×600) 화면 구성의 경우 3×480,000개의 TFT를 필요로 한다.

현재까지 LCD용 컬러필터 생산에 적용된 제조기술들은 크게 PM(passive matrix) LCD 및 AM(active matrix) LCD의 변천사와 연관성을 가진다. 초기의 컬러 LCD는 PM LCD와 STN이 제조 공정이 쉽고 원가적 측면이 우수하여 많이 사용되었으나, 대형화와 Multi Media화되면서 무정형 실리콘(a-Si)을 이용한 TFT의 AM LCD가 주류를 이루고 있다. 컬러필터의 제조기술 역시 초기에는 주로 STN LCD용 컬러필터 제조기술이 주류를 이루어 염색법, 인쇄법, 전착법 등이 발전하였으며, 최근에는 a-Si TFT LCD에 맞는 안료분산법 제조방

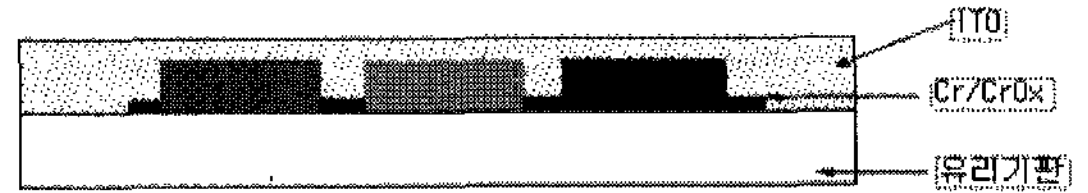
법이 개발되어 널리 적용되어 사용되고 있다.

안료분산법은 안료를 감광성수지인 포토레지스트에 분산시킨 재료를 사용하여 코팅, 노광, 현상, 소성 등의 단계적 공정을 통하여 각 컬러층(R,G,B)을 제작하는 방법으로써, 이 방법은 정교하여 해상도가 매우 높으며, 재현성이 좋아 널리 사용되고 있다. 전착법은 전기화학반응을 이용하여 전극에 컬러필터막을 만드는 방법으로 대면적을 만들 수 있고, 재료 소모량이 적으나 공정이 조금만 달라져도 특성의 차이가 심하므로 아직은 널리 쓰이지 않고 있다. 그러나 앞으로 신호선을 전극으로 쓸 수 있는 passive matrix용의 컬러필터를 만드는 데는 쓰일 전망이다. 염색법은 가염성 수지를 염색하는 방법으로 색특성은 우수하므로 AV용으로 많이 쓰이고 있으나 물이나 자외선과 화학약품에 대한 신뢰성이 떨어지는 문제가 있다.

한편, 새로운 제조공법의 개발로써 아직 제조생산에 적용이 되지는 않았지만, 기술개발이 이루어지고 있는 몇 가지 공법이 알려져 있다. 이러한 방법의 특징은 모두 안료분산법의 긴 공정을 짧게 하고, 높은 생산성과 세 컬러를 한번에 형성하고자 하는데 그 목적을 두고 개발되고 있다. 현재 널리 알려진 기술로는 잉크젯 방식과 열 전사 방법이 알려져 있다. 이러한 기술은 여러 업체에서 연구·개발하고 있으며 아직 생산성이나 특성 면에서 그 수준이 정확히 알려져 있지 않으나, 멀지 않은 미래에 개발될 것으로 예측된다.

1) TFT-LCD용 컬러필터의 일반적인 구조

(1) 단면구조



<일반적인 컬러 필터 구조>

- 유리 기판 : 두께— 0.7mm, 1.1mm
- 블랙매트릭스(BM) : Cr/CrOx 두께—1500~2000 Å
  - 수지 BM 두께—1.0~1.5 μm
  - 선폭—5~25 μm
- 컬러층 : 두께—1.0~2.0 μm
  - 선폭—70~140 μm
- 보호막 : 두께—1.5~3.0 μm
- ITO : 두께—0.1~0.3 μm

(2) 화소배열방식 및 화소수

① 화소수

VGA (Video Graphics Array) :

횡640×RGB×종480

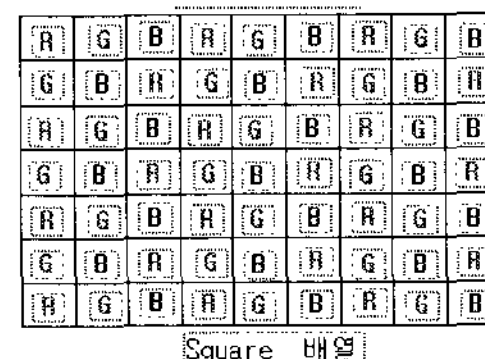
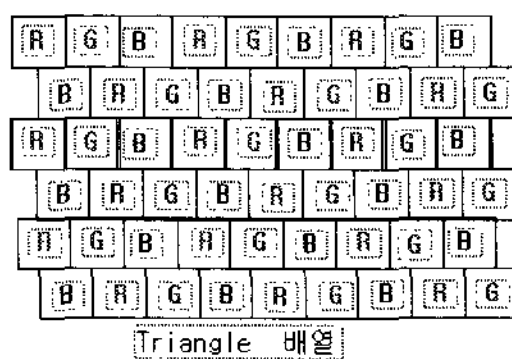
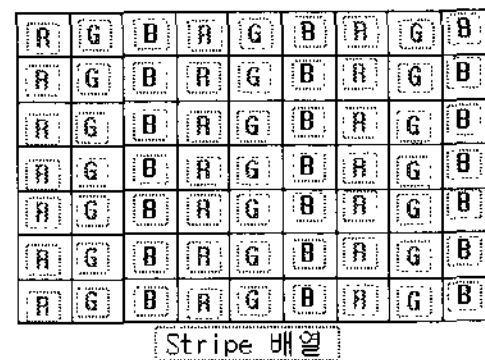
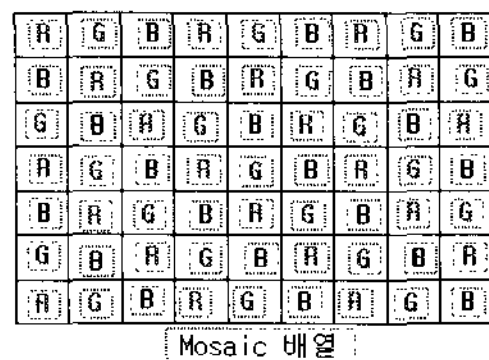
SVGA (Super Video Graphics Array) :

횡800×RGB×종600

XGA (Extended Graphics Array) :

횡1024×RGB×종768

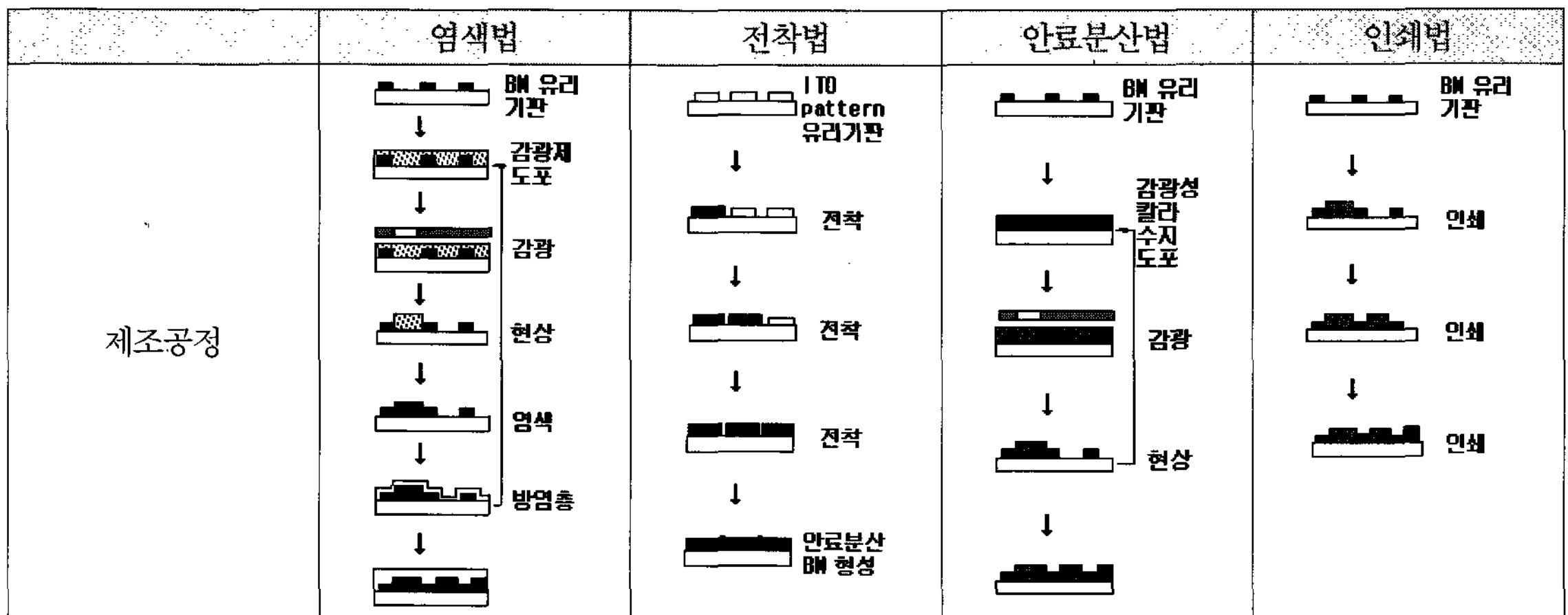
② 화소배열방식



③ TFT-LCD용 컬러필터의 요구특성

요구항목	요구정도	요구목적
분광특성	CRT에 준하는 색특성 및 높은 투과율	CRT에 준하는 색특성 및 높은 투과율
내열성	230°C, 2hr 또는 250°C, 1hr의 고내열성 ( $\Delta E_{ab} < 3$ )	LCD 공정상의 열안정성
내약품성	NMP, IPA, $\gamma$ -GBL 등에 대한 안정성	LCD 공정상의 내약품성 (특히 배향막공정)
내광성	Xe Lamp, 500hr 안정성	백라이트에 대한 안정성
기타신뢰성	고온, 고습, 저온등에 대한 안정성	환경안정성
평탄성	0.2 $\mu$ m 이하	Cell Gap의 영향을 최소화
BM 반사율	5% 이하	저반사 LCD
치수정도	$\pm 2.5 \mu$ m 이하	화소전극과의 맞춤의 문제점
불량	백점, 흑점, 돌기 등의 불량 최소화	불량을 감소

④ 컬러필터의 제조방법



2) 컬러 필터 제작 시 요구되는 특성

컬러필터가 구비해야 할 요건으로는

- 착색농도가 높고 광투과율이 양호하며 외광과 조합된 색재현성이 NTSC 규격에 유사할 것
- 외광(옥외광, 뒷면조명)에 대해 변색, 퇴색이 없을 것
- 전극의 process에 대하여 탈피, 변색, 퇴색이 없을 것
- 마무리시의 치수정도, 박막 등의 생산성이 높고 제조 cost가 낮을 것
- 화학적으로 안정되고 액정재료에 무해할 것

컬러필터의 가장 중요한 특성은 색좌표와 투과율이다. 색좌표와 투과율은 보통 C광원을 기준으로 나타내고, 투과율은 눈의 시각특성을 반영하기 때문에 파란색, 빨간색, 초록색 순으로 값이 크다. 컬러필터를 두껍게 만들면 색특성은 좋아지나 투과율이 떨어지고, 반대로 얇게 만들면 투과율은 좋으나 색특성이 떨어진다. AV용은 색특성을 좋게 하여 넓은 범위의 색을 나타나게 하고, 노트북 컴퓨터와 같은 OA용은 투과율을 좋게 하여 소비전력을 줄인다.

컬러필터의 BM의 빛의 투과도를 나타내는 OD(optical density)는 다음 식과 같다.



$$OD = \log_{10} \frac{1}{T}$$

OA용은 밝은 곳에서 쓰므로 BM에서 반사가 크면 화면이 선명하기 않아, 반사도가 낮게 크롬 산화물과 크롬(CrO<sub>x</sub>/Cr)의 이중막을 입히거나 또는 수지로 만든 막을 쓴다.

3) 컬러 필터의 개발 상황

- 일본의 IDEMITSU KOSAN 회사에서 저 가격대의 color filter를 생산할 수 있는 기술을 개발.
- Tohoku 대학 연구팀이 color filter가 필요 없는 full color LCD를 개발.
- 유기물질 또는 유기물질 성분이 포함된 무기물질을 이용한 컬러 필터가 개발중.

컬러필터를 저 가격 인쇄법으로 제작하려는 연구가 계속되고 있고, 특히 TFT-LCD Array 위에 컬러 필터를 형성하는 기술에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

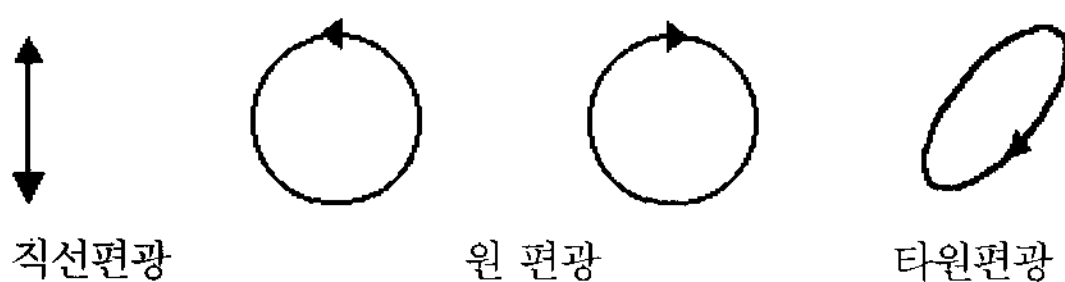
3. 액정 디스플레이용 편광판

1) 편광이란?

일반적으로 인간이 감지하는 백색광은 모든 방향으로 진동하면서 진행한다. 사방으로 진동하면서 진행하던 빛이 전기석 같은 물질을 통과하면 한쪽 방향으로만 진동하는 빛이 된다. 이렇게 한쪽 방향으로만 진동하는 빛을 편광이라고 하며, 편광은 그 치우치는 방식에 따라 직선 편광, 원 편광, 타원 편광 세 종류로 나누어지고 그 편광의 모양은 아래 <그림 3>과 같다.

2) 편광필름의 역할

LCD에 쓰이는 고분자 편광판은 한쪽 방향으



<그림 3> 편광의 종류

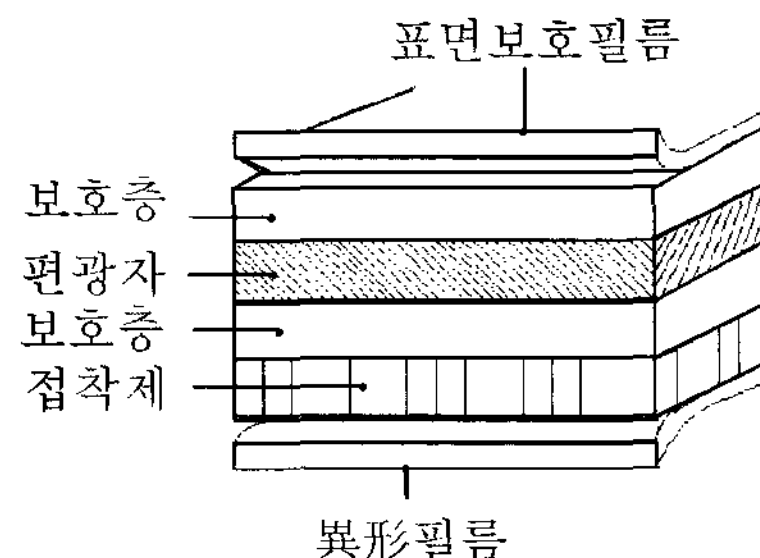
로 늘인 PVA film에 요오드나 이색성 염료를 흡착하여 만든다. PVA 필름의 연신축 방향이 편광판의 흡수축이다. 편광판의 가장 중요한 특성은 평행투과율(parallel transmittance)과 직교투과율(cross transmittance)과 그리고 색상이다. 평행투과율과 직교투과율은 편광판 2장의 투과축을 각각 평행하게 두었을 때와 수직하게 두었을 때의 투과율이다. 편광판의 흡수축이 두꺼울수록 수직투과율과 수평투과율은 작아진다. 수직투과율이 작으면 hkaus의 명암대비는 커지나, 평행투과율이 낮아 화면의 밝기가 떨어진다. 평행투과율과 수직투과율의 특성은 trans-off관계로 액정셀의 편광 투과특성으로부터 최적화해야 한다. 광원에서 나온 빛은 부분 편광된 빛으로, 편광판의 투과축 방향에 따라서 투과율이 다르므로, 직교 및 평행투과율을 잴 때는 90° 차이가 나는 두 방향에서 투과율을 재서 평균한다.

3) 편광필름의 종류

편광필름을 만들기 위하여 이용하는 현상은 이색성, 복굴절, 반사 및 산란 4가지이다. 편광필름 종류는 <표 1>과 같다. 이러한 분류 가운데, 대량 생산에 적합하고, 대면적화가 가능한 재료로서는 고분자 이색성형이 있다. 또한, 이 형태의 편광필름은 흡착시킨 이색성 물질에 따라 <표 2>에서와 같이 네 가지 종류로 나눌 수 있다.

4) TFT-LCD용 편광필름의 구조 및 역할

LCD에 사용되는 편광필름은 <그림 4>에서와 같이 여러 층으로 이루어져 있다.



<그림 4> 편광필름의 구조

〈표 1〉 편광필름의 분류

편광필름의 분류	편광 발생현상과 만드는 방법
반사형	편광각으로 입사시킨 광원의 반사광에 의한 것.
산란형	복굴절성의 결정과 그 주 굴절률의 하나와 같은 굴절률을 갖는 등방체를 조합시킨 것.
굴절형	편광각으로 입사시킨 광원의 굴절광에 의한 것.
복굴절형	입사광선을 보통광선과 이상광선으로 나뉘 이상광선만을 투과시킨 것
다결정 이색성형	헤라파타이트 미결정의 결정축을 일정방향으로 정리하여 초산섬유소 film 중에 배열 고정시킨 것.
고분자 이색성형	Micelle을 일정한 방향으로 배열한 고분자 투명 film의 micelle사이에 이색성 물질을 흡착시킨 것.
단결정 이색성형	단결정의 결정축과 이에 직교하는 방향과의 이색성에 의한 것.

〈표 2〉 고분자 이색성 편광필름의 분류

고분자 이색성 편광필름의 분류	흡착시킨 이색성 물질
Poly halogen polarizer	편광각으로 입사시킨 광원의 반사광에 의한 것.
염료 편광필름	복굴절성의 결정과 그 주 굴절률의 하나와 같은 굴절률을 갖는 등방체를 조합시킨 것.
금속 편광필름	편광각으로 입사시킨 광원의 굴절광에 의한 것.
폴리엔 편광필름	입사광선을 보통광선과 이상광선으로 나뉘 이상광선만을 투과 시킨 것.

입사 광을 편광 시키는 고분자 편광 매질을 중심으로 지지체 TAC(Tri-acetyl-cellulose)를 편광 매질의 양쪽에 사용하고, 접착층은 편광 필름을 보호필름에 접착시키기 위하여 사용한다. 그리고 상층표면에는 저반사층인 AG(Anti-Glare) 혹은 무반사층인 AR(Anti-Reflection)막과 보호막이 있다.

LCD 모듈의 백라이트(backlight)에서 나오는 빛의 진동 방향은 그 진행 방향의 모든 방향으로 같은 확률을 가진다. 편광필름은 이러한 빛 중에서 편광 축과 동일한 방향으로 진동하는 빛만 투과시키고 그 외의 나머지 방향으로 진동하는 빛은 적당한 매질을 이용하여 흡수 또는 반사하여 특정한 한 방향으로 진동하는 빛을 만드는 역할을 할 수 있다. 액정셀의 양면에 편광필름의 편광축이 서로 직교 또는 평행하도록 부착되기 때문에 액정셀을 통과하는 동안 편광축의 회전 정도에 따라 투과광의 세기가 조절되어 black과 white 사이의 gray 표현이 가능하므로 편광필름

은 TN Mode LCD의 필수 부품 중의 하나이다.

#### 5) TFT-LCD용 편광필름의 종류

##### (1) 원형 편광필름(Circular Polarizer)

원형 편광필름은 선형 편광필름과 위상 지연판(retarder)으로 구성되어 있다. 위상 지연판(retarder)의 두 축은 선형 편광 필름 축과 45도를 이룬다. 편광되지 않은 빛이 선형 편광필름을 지나 위상 지연체의 축으로 45도 편광된다.

이 편광된 빛이 위상 지연체(retarder)를 통과할 때 빛의 진동방향은 나선운동을 한다. 반사 필름에서 반사될 때 회전방향은 역전이 되며 위상 지연체(retarder)를 지나게 되면 회전은 정지하게 된다. 빛은 이제 원래 편광면과 90도를 이루고 있는 선형편광 상태이다. 결국 선형 편광 필름에서 흡수되고 통과하는 빛은 없게된다.

##### (2) 보상필름(Compensation film)

액정은 광학적으로 상굴절률(ordinary reflec-



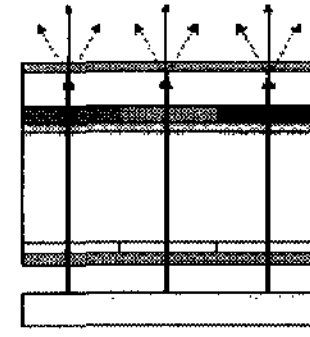
tive index)과 이상굴절률(extraordinary refractive index), 두 개의 굴절률을 갖는 이방성 물질이므로, 입사광의 입사 각도에 따라 빛의 경로와 복굴절률이 변화한다. 이에 따른 LCD의 단점으로 시야각에 따라 상이 얼마나 뚜렷하게 보이는지를 가늠하는 척도인 대비비(contrast ratio)의 변화와 계조반전(gray scale inversion) 현상으로 인해 시인성이 떨어진다는 점이다. 특히 TN(twisted nematic)-셀의 경우, 90도 각도로 액정의 배열이 꼬여진 구조 때문에 필연적으로 상하 시야각이 좁아지게 된다. 백라이트에서 나오는 빛이 패널의 아래쪽 편광 필름에서 선형 편광되어 광학적 이방성을 갖는 액정을 통과하는 경우, 액정셀을 수직으로 통과할 때와 비스듬히 통과할 때 그 위상지연(retardation) 값이 서로 달라 위상차가 발생하고 시야각에 따른 투과광의 특성이 다르게 된다. 이러한 단점은 액정 셀에서 발생하는 광학 위상차를 보상시켜주면 극복이 가능하고, 따라서 시야각을 향상시킬 수 있다. 광학 위상차를 보상시켜 주기 위해 액정의 위상차를 상쇄시키는 음의 위상차를 갖는 고분자 필름을 보상판으로 사용하는 방법이 제안되었다. 원리적으로 보상판은 비틀림 효과를 가지고 있지 않으므로, 보상판을 이용한 완벽한 보상은 불가능하다. 그러나, 여러 개의 보상판을 서로 일정하게 비틀어 배열하면 액정 층과 비슷한 광학적 특성을 가질 수 있는데, 이 방법을 이용하면 우수한 시야각을 갖는 디스플레이를 실현할 수 있다.

(3) 확산필름(Diffusion film)

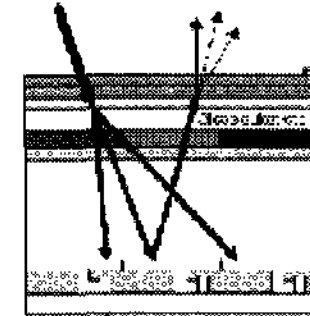
확산필름은 시야각 향상을 위한 중요한 역할을 하고 있다. 투과형 또는 반사형 확산필름(〈그림 5〉, 〈그림 6〉)을 이용하여 시야각을 향상시킬 수 있고 목적에 따라서 〈Wide angle, low gain〉, 〈Narrow angle, high gain〉, 〈Off-axis viewing cone〉 등의 여러 가지 확산필름을 제작할 수 있다.

6) 편광필름의 용도 및 연구개발 방향

편광필름의 용도로는 OA 기기, PDP, 액정



〈그림 5〉 투과형 확산필름



〈그림 6〉 반사형 확산필름

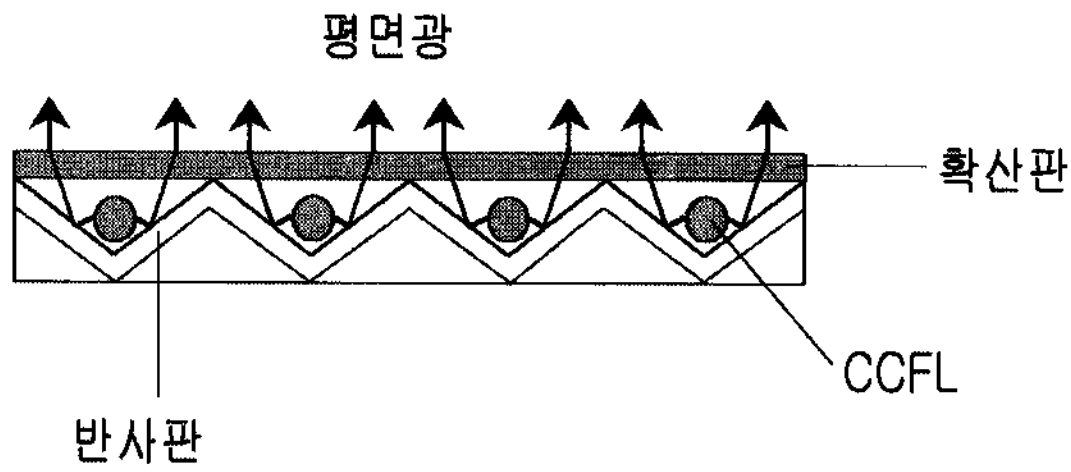
TV, 유기 EL, 액정프로젝터 등에 적용되고 있다. 종류로는 고분자합성, 가공기술, 연산기술 및 염료기술 등에 따라 편광필름과 위상차 필름이 있으며, 각각의 단품 또는 집합품의 형태로 사용되며, 대화면 LCD 및 광폭 제품에도 적용 가능하다.

앞으로 LCD에 사용되는 편광필름의 연구개발 방향은 평평하며 결점이 없는 대형 편광판의 제조, 표면반사를 감소시키는 기술을 포함한 투과율 향상, 편광도의 향상, 대전방지를 위한 먼저항감소 등이 앞으로 연구 개발해야 할 사항이며 시야각(viewing angle)을 향상시키는 각종 기능성 필름들의 개발이 중점적으로 이루어질 전망이다.

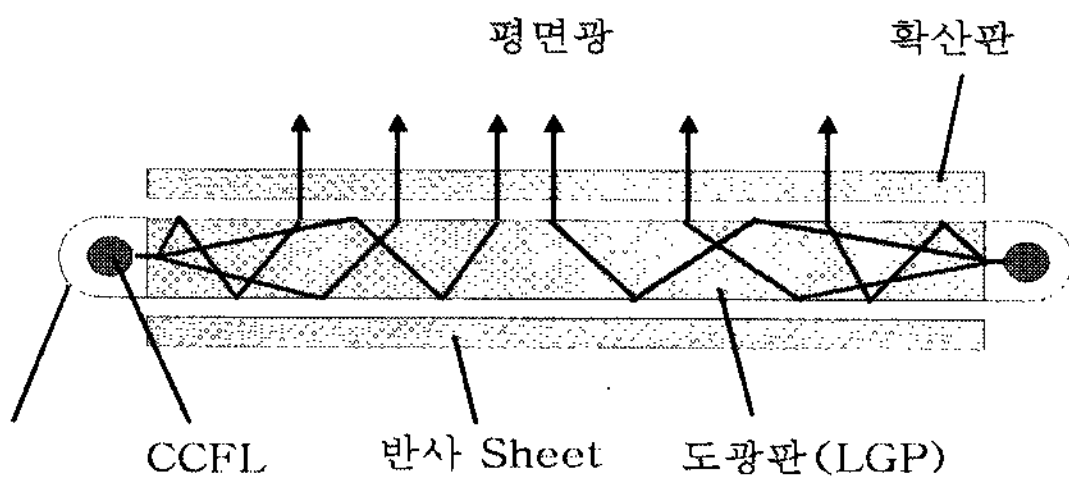
4. 액정 디스플레이용 백라이트(Backlight)

LCD 광원으로 사용되는 백라이트는 형광 램프를 이용하여 밝기가 균일한 면광원을 형성하는 구조로 되어있다. 형광 램프는 소형이면서 고휘도 발광이 가능한 냉음극관(cold cathode fluorescent lamp: CCFL)을 주로 사용하며 냉음극관의 설치 방법에 따라 〈그림 7〉과 같이 램프가 도광판(Light Guiding Plate)의 아래쪽에 위치하는 직하방식과 〈그림 8〉과 같이 측면에 위치하는 모서리(edge) 방식이 있다.

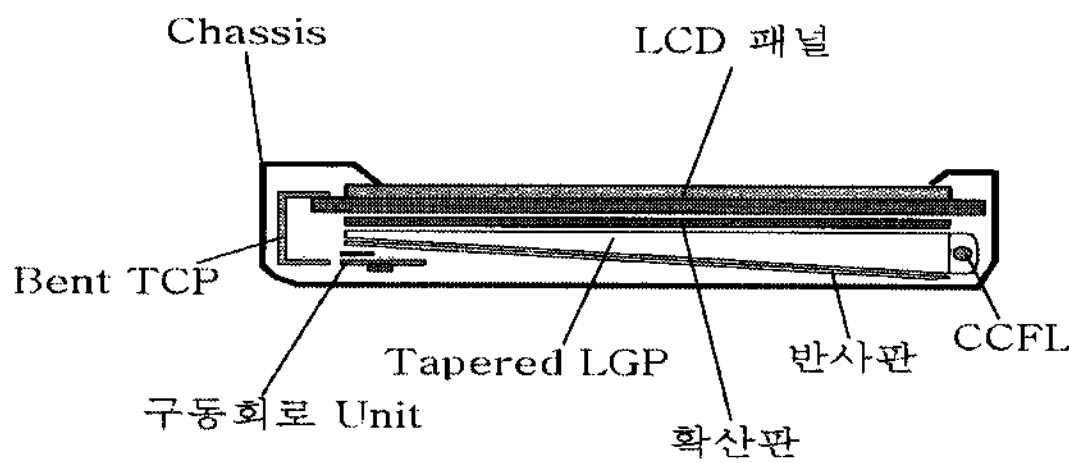
모듈의 두께 및 무게는 백라이트 부분의 두께와 형태에 의해 크게 좌우된다. 소형 LCD 및 노



<그림 7> 직하방식 Backlight Unit



<그림 8> Edge-Light 방식 Backlight Unit



<그림 9> Bent TCP를 이용한 고밀도 실장 구조

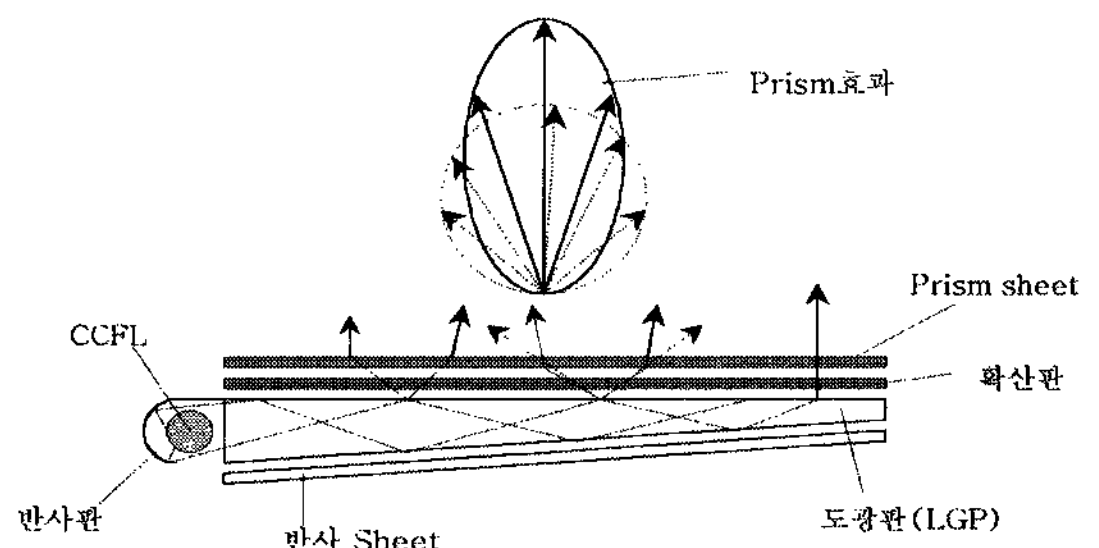
트북 PC용 LCD에서는 <그림 9>의 구조와 같이 한 개의 냉음극관이 도광판의 측면에 위치하는 single edge light 방식이 사용된다. 이러한 구조는 직하방식보다 광효율이 상대적으로 우수하고 구조상 LCD제품의 경량화와 박형화가 가능하기 때문에 휴대성이 강조되는 노트북 PC용 LCD에 주로 사용된다.

LCD 모듈의 소비전력은 모듈 전체 소비전력의 75% 이상을 사용하는 backlight unit의 광효율에 크게 좌우되기 때문에 저 소비전력이 요구되는 휴대용 제품의 경우에 고효율 백라이트 기술은 매우 중요하다. 냉음극성관에서 나온 빛은 반사판을 이용하여 도광판의 측면으로 빛이 입사되도록 하며 광효율을 향상시키기 위하여 반사판 표면에 은 코팅을 하기도 한다.

도광판은 투명한 아크릴 수지로 되어있으며 측면을 통하여 빛이 입사된 후 임계각 이하에서는 연속적인 전반사가 일어나도록 설계되어있다. 입사된 빛은 도광판의 이러한 성격과 확산판에 의하여 균일한 면광원을 형성한다. 또한 전반사 특성을 고려하고 균일한 면광원 특성을 가지도록 도광판의 하측 표면에는 램프로부터 거리에 비례한 정반사 특성을 갖도록 크기와 밀도가 다른 점(dot) 형태의 반사패턴이 인쇄되어 있다. LCD 모듈의 무게를 감소시키기 위하여 한 개의 냉음극성관을 사용하고 도광판은 사출 기술을 이용하여 램프의 반대쪽 부분의 두께를 최소화한 점감(taper) 형태의 단면이 되도록 제작한다.

도광판의 뒷면에는 반사면이 사용되며 도광판과 반사판의 간극에 상호반사에 의한 광효율 감소를 최소화하기 위하여 확산성이 가미된 반사특성을 가진 물질을 사용한다. 확산판은 도광판 표면으로 나온 빛을 각 방향으로 확산되도록 하여 도광판의 인쇄패턴이 LCD 전면에서 보이지 않도록 하는 역할을 한다. 컬러 TFT-LCD 패널의 빛투과율은 통상적으로 10% 이하이고 backlight unit에서의 광 이용효율이 매우 낮기 때문에 소비전력을 줄이거나 같은 소비전력에서 밝은 화면을 얻기 위해서는 광 이용효율을 극대화해야 한다. 프리즘 sheet는 <그림 10>과 같이 확산판에서 출사된 빛을 굴절시켜 낮은 각도로 입사되는 빛을 정면 쪽으로 집중시켜 유효 시야 각 범위에서 LCD의 밝기를 향상 시켜주는 역할을 한다.

프리즘 sheet는 통상적으로 두 장이 사용되어 상하 좌우 각 방향의 빛을 굴절시켜 그 효과를



<그림 10> Prism Sheet를 이용한 Backlight의 휘도 증가

극대화한다. 또한 냉음극선관에 사용되는 형광물질에 의해 결정되는 램프의 방출 파장대역과 분포가 RGB 컬러필터의 광학특성을 잘 일치시키는 기법도 광효율 증대에서 매우 중요하다.

### 5. TFT-LCD assembly용 패널 봉지제

액정의 분자량이 적은 것은 200여개의 저 분자량 화합물의 혼합물이고 통상은 유기 용매와 많은 공통 물성을 가진다. 패널 봉지제는 이러한 액정과 패널 내에서 서로 접촉하고 있는 부분이다. 액정 봉지제는 박막형 트랜지스터와 컬러필터의 두 유리기판 사이에서 액정셀을 제조하여 액정을 외부의 환경으로부터 보호하기 위해서 사용된다.

액정 봉지제는 그 외에도 패널간의 간격을 일정하게 유지하고 습기, 오염으로부터 보호하는 등의 중요한 역할을 맡고 있다. 초기에는 fleet seal이라고 불리는 저 융점 유리가 이용되었었다. 현재는 경화온도가 아주 낮고 비교적 고온에서도 기구적 경도, 접착강도가 크며 가교도(架橋度)가 높은 열경화성(Thermosetting) 수지가 이용되고 있다. 열경화성 수지로써는 epoxy, phenol 수지 등이 실제로 이용되고 있다.

열경화성 수지를 사용하는 경우, 박막형 트랜지스터와 컬러필터 유리기판을 정확하게 봉지 및 접착하기 위해서는 기판 계면에서의 봉지제의 열팽창을 최소화해야 하는데 이를 위해서 사용하는 수지는 낮은 온도에서 경화가 가능해야 한다. 열경화성 수지의 단점을 보완하기 위하여 자외선 경화형 수지를 사용하는 경우, 자외선이 수지층 내로의 광의 침투 깊이가 낮아 봉지제의 전 체적 내에서 경화시키지 못하는 결점이 있어 자외선 경화후 열경화를 동반하는 혼합형 이관능성 봉지제가 사용되곤 한다.

에폭시 화합물이 봉지제로 사용될 때의 경화 반응은 경화제의 투입이 필요한데 그 종류로는 amine, 카르복시산, 산무수물 등 여러 종류가 있다. 위의 경화제 하에서는 일반적으로 열처리에 의해 반응이 진행되는데 반응의 진행과 함께 매질 내에 가교점이 형성되고 보통 점성이 있는 액체상태에서 고체상태로 변화하여 불용·불용 수

지가 생성된다. 에폭시화합물에는 반응에 직접 관여하는 성분 외에 첨가제가 여러 가지 목적으로 이용된다. 액정 봉지제에 주로 이용되어지는 에폭시 수지는 2액형(Binary Type)과 1액형(Single-liquid)으로 분류된다. 2액형은 주제, 경화제로 불리는 성분을 각각 제작하여 사용 직전에 혼합한다. 사용 가능 시간은 2~3시간으로 매우 짧다. 대형 기판을 맞춤형 표시마크를 보면서 정렬하여 접착한다. 한편 1액형은 미분말 경화제를 액상의 에폭시제와 혼합한 것으로 저온에서 보관하면 수개월까지도 보존이 가능하다. 위의 혼합물을 가열하면 경화제는 용융되어 확산되며 에폭시 화합물과 화학적으로 접촉하여 반응을 시작한다. 액정 봉지제는 셀간극 제어를 위해 간극자(spacer)를 배합하여 주사기로 투입하거나 프린팅 하여 인쇄하고 다음에 용제분을 제거하기 위해 비교적 낮은 온도에서 1차 건조시킨다. 최후에 균일하게 제어된 온도, 압력으로 기판을 압착하여 경화 반응을 진행시킨다.

최근에는 열경화 수지의 단점을 개선하는 새로운 재료로써 자외선 경화형(UV-Curing) 수지가 검토되고 있으며 대형 패널 봉지에 적용이 유력시되고 있다. 이 재료는 비교적 저온에서 압착할 수 있어 대형 기판에도 열팽창에 의한 차질이 적고, 접합정도도 향상시킬 수 있다는 특징을 가지고 있다. 기판이 대면적화 고정세화 되는 액정 디스플레이에 있어서 기대가 모아지는 새로운 수지를 이용한 액정 봉지제이다.

액정 주입이 완료된 셀의 주입구에 액정이 흘러나오지 않게 막아주는 마무리 봉지공정(end-seal)이 있다. 일반적으로 상온에서 자외선 경화 수지를 도포한 후에 자외선을 조사하여 액정 주입구를 막아준다. 일정한 수의 셀을 적층시켜 봉지 공정을 진행하는데, 셀간극 형성 마감 공정이므로 경화성 수지의 주입에 가해주는 압력 분포를 균일하게 유지해야 한다. 또한, 액정과 폴리이미드 액정 배향막이 자외선에 의한 광반응에 의해 변질될 수 있으므로 광조사 되는 부분 이외에는 자외선이 조사되지 않게 차단하는 공정이 필요하게 된다. 액정이 주입된 상태에서 주입구에

접촉이 일어나면 오염에의 불량이 발생할 수 있으므로 셀 이동이나 공정 진행 시 외부 접촉이 일어나지 않도록 주의가 필요하며, 외부에 오래 방치되지 않도록 해야 한다.

액정 봉지제의 종류로는 크게 무기 봉지제와 유기 봉지제로 구분할 수 있다.

1) 무기 액정 봉지제

Glass Frit Seal이 대표적인 무기 봉지제이며 이는 Glass 기판과 동일한 재질을 사용한 봉지제로써, 초기 액정 표시소자에서 사용되었다. 초기 액정 표시소자에서 액정 재료로 사용된 시프계 액정은 화학적으로 불안정하여 물을 흡수하면 가수분해를 일으키므로 이의 방지를 위해 Glass Frit Seal이 사용되었다. 이후, 액정 재료의 개량 및 다양화에 의해 더 이상 사용되지 않고 유기 봉지제로 대체되었다.

2) 유기 액정 봉지제

유기 액정 봉지제로는 에폭시계 수지, 페놀계 수지, 아크릴계 수지가 사용되고 있다. 수지형 봉지제는 각각에 주제와 경화제를 혼합하여 사용하

는 2액성 Type과 주제와 경화제가 합쳐져 있는 1액성 Type이 있다. 또한 경화시키는 방법에 따라, 열에 의해 경화되어지는 열 경화형과 자외선에 의해 경화되어지는 자외선 경화형 Seal재가 있다. 물론 자외선에 의해 경화되는 혼합물인 경우에는 광개시제등이 투입되게 된다.

액정 봉지제의 요구특성으로써는 액정 표시소자에서의 높은 신뢰성 확보를 위해 강한 패널 접착강도, 낮은 열팽창계수, 경화 전후의 적은 부피수축률, 낮은 이온 불순물 등의 조건이 요구되어진다. 또한 컬러 필터를 사용하는 컬러 액정 표시소자에서는 컬러필터의 내열성 문제로 인해, 봉지제의 열경화 시 경화 온도의 저온화와 경화시간의 단축화 등이 요구되어지고 있다.

Ⅲ. 국내 기술 현황 및 문제점

현재 디스플레이 산업은 알려진 바와 같이 한국, 일본, 대만 3개국에서 전세계 시장을 주도해 나가고 있는 바 그에 대한 연구와 기술력은 아시아에 집결되어 있다고 해도 과언이 아니다. 현실적으로 기술개발 및 연구성과 면에서는 일본과의

<표 3> 국내 LCD 부품 재료 해당 분야의 주요 산업체 동향

취급/생산품목	업체명	기타
반도체 또는 컬러필터용 Photoresist	한국후지필름아치 동우화인켐(주) 동진세미켐(주)	현상액, 반도체용PR Stripper 반도체용PR, AR coating액, stripper developer
편광필름	신화오플라(주) 에이스디지텍(주)	광학 filter, film 터치패널용PR
LCD용 Backlight	(주)테크자인 (주)우영 (주)이라이콤 (주)지엘디 (주)태산 LCD	라이트패널 connector(통신, 전자) EL lamp 백라이트용 Inverter
기판유리	삼성코닝정밀유리(주) 알파디스플레이	ITO 기판
기타	삼성화학페인트 (주)새한 (주)씨씨텍	UV, 광소재용 수지 display, 반도체관련 재료, 분리막 광섬유 coating제, UV 경화수지

경쟁을 직시해야하는데 현재의 제품 생산력을 고려하여 만족한다면 국내의 부품재료 기술이 없을 경우 향후의 국가 제품 경쟁력에도 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

특히 LCD 관련 부품소재 개발과 생산을 하는 산업체는 매우 제한되어 있는 상태이다.

다만 <표 3>에서 볼 수 있듯이 기존의 전통 산업에서 접근 할 수 있는 분야에서만 적은 부분이나마 몇몇 중소기업체에 의해 LCD 관련 부품소재에 관한 연구와 개발이 진행되고 있다. 메모리 분야의 발전으로 거둬낸 photoresist를 생산하던 업체는 역시 LCD 분야의 컬러필터 제조공정등에 요구되는 기능성 소재를 생산하고 있다. 그리고 가장 많이 접근하고 있는 분야는 LCD의 backlight unit(BLU) 분야이다. 그러나 이는 최근 들어 plasma backlight unit과 어울어져 많은 발전이 기대되고 있다. 국내에는 기존의 고분자 film 제조업체들이 존재한다. 이를 바탕으로 고품질의 고분자 박막을 압출하고 이를 연신하여 투명 필름, 이방성 필름 등을 제조할 수 있는 기술을 가지고 있다. 이를 바탕으로 몇 업체에서 편광 필름, 보상필름 등으로의 개발이 많이 이루어 졌다.

그러나 결정적으로 LCD 분야에서도 가장 중요한 액정에 관한 접근은 거의 이루어져 있지 않고 대학 차원에서 고성능 액정을 개발하더라도 국내의 중소기업과의 연결문제가 대두되고 있다.

또한 액정과 소자 성능이 다할 때까지 접촉하고 있는 부분으로서 액정 배향막과 패널 봉지제를 들 수 있는데 이는 액정 셀 외부에 장착되는 많은 부분보다도 매우 정밀한 기술이 요구되는 부분이다. 이는 기존의 모듈 업체에서 감당하기에는 제품으로부터의 매출이 너무 작고 이는 산업구조상 중소기업에서 담당하여야하는데 디스플

레이 소자 개념의 부족과 그에 대한 연구능력과 기술이 바탕이 되어있지 않기 때문에 전자공학, 화학분야와 정밀화학, 소재과학 분야의 전문 인력들의 연구와 기술의 상호 교류가 원활히 이루어질 때 비로소 풀 수 있는 문제라 생각한다.

#### IV. 액정 디스플레이 부품 및 소재 부분의 향후 전망

LCD 표시 소자는 평판 표시 소자 부문에서 이미 국제적 경쟁력을 확보하고 많은 부분 시장을 점유하고 있는 실정이다. 지난 몇 년간 많은 기술의 발전과 투자로 말미암아 생산품의 신뢰성을 바탕으로 국제경쟁력을 확보하였다. 기존의 기술을 바탕으로 앞으로 제품의 선진화를 위해 나아가기 위해서는 부품 및 재료의 저 가격화, 고정세화, 고 효율화가 이루어져야 한다. 부품의 저 가격화를 이루기 위해서는 국내 기술로 개발된 기능 소재를 이용하여야 하는데 현재 관련 산업, 연구소, 학계에서 관련된 원재료 및 부품의 제조 기술에 대한 원천 기술의 부족으로 인해 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 현재 국내에서 액정 표시 소자의 고 효율화를 위해 개발되고 있는 동향을 원재료 및 부품의 측면에서 보면, 편광판 및 백라이트의 개발과 함께 원천 기술 부문에서 어느 정도의 수준에 도달해있다. 그러나 액정 디스플레이에서 액정과 접촉하고 있는 액정 배향막, 그리고 봉지제등에 관한 기술은 컬러 필터소재, 편광판과 비교하여 많은 기술의 축적이 요구되며 연구가 필요한 부분이며 모든 부품에 있어서 국산화가 이루어질 때 비로소 제품의 저 가격화가 이루어지고 동시에 국내 관련 중소기업의 발전도 영위하게 될 것이다.