

액정 디스플레이(LCD)용 고분자 재료

진 성 호 · 최 환 재 · 홍 성 규 · 제갈영순

1. 서 론

정보용 디스플레이에 있어서 CRT는 대화면(大畫面), 고정세화(高情細度), full color 등 표시성능, 표시품질에서 우수한 특성을 갖고 있어, 현재 디스플레이로 위치를 굳건히 유지하고 있다. 그러나 중량, 장치공간, 소비전력 등이 크기 때문에 차세대 디스플레이로 본질적인 문제점을 가지고 있다. 1970

년대 전반 전자식 탁상계산기, 손목시계용 표시로서 제품화된 액정 디스플레이(liquid crystal display, LCD)는 현재 워드프로세서, 컴퓨터 등의 그래픽 표시용, 비디오 뷰파인더, portable TV, 벽걸이 TV, 이동통신 단말기 등의 발달과 함께 정보 미디어를 표시하는 가장 유력한 평판 디스플레이로 위치를 구축하고 있다. 즉, 저소비전력, 저전압 구동과 함께 대형화, 高情細畫, full color 표시 등에 있어서



진성호

1988 부산대학교 화학과(학사)
1990 한국과학기술원 화학과(석사)
1993 한국과학기술원 화학과(박사)
1993~1999 삼성종합기술원 선임연구원
1999~현재 부산대학교 과학교육학부 조교수



홍성규

1993 동국대학교 화학공학과(학사)
1996 일본 규슈(九州)대학교 응용화학(석사)
1999 일본 규슈(九州)대학교 재료물성공학과(박사)
1999~2000 일본 규슈(九州)대학교 재료물성공학과 연구원
2000~현재 삼성전자 AMLCD사업부 책임연구원



최환재

1990 인하대학교 화학공학과(학사)
1992 인하대학교 화학공학과(석사)
1993~1996 금호산업/화학 연구소 선임연구원
1996~현재 삼성종합기술원 E-Polymer Lab 전문연구원



제갈영순

1983 경북대학교 화학과(학사)
1985 한국과학기술원 화학과(석사)
1988 한국과학기술원 화학과(박사)
1988~1995 국방과학연구소 고분자복합재료 연구실 선임연구원
1995~현재 경일대학교 교양학부 부교수

Polymeric Materials for Liquid Crystal Display

부산대학교 과학교육학부 및 기능성물질연구소(Sung-Ho Jin, Department of Chemistry Education, and Chemistry Institute for Functional Materials, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea)

삼성종합기술원 E-Polymer 연구실(Hwan-Jae Choi, Samsung Advanced Institute of Technology)

삼성전자 AMLCD사업부(Sung-Kyu Hong, Samsung Electronics, AMLCD Division)

경일대학교 교양학부(Yeong-Soon Gal, Polymer Chemistry Laboratory, Kyungil University, Hayang 712-701, Kyungsangbuk-Do, Korea)

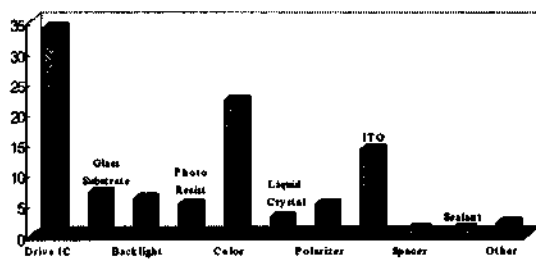


그림 1. LCD module의 부품별 원가 비중.

CRT와 대등한 표시품질을 나타내고 있다. 이러한 진전에는 많은 액정 표시방식, 구동방식의 새로운 제안과 함께 액정 디스플레이를 구성하는 유리기판, 투명전극, 배향막, 스페이스, 편광판, 액정, 칼라필터, 백라이트, 구동 IC 등의 주변재료 및 부품의 개발이 함께 이루어져 왔다. 한국을 비롯한 LCD 제조업체들의 파잉투자로 인해서 생산량이 급격히 증가하면서 경쟁력을 갖추기 위해서 제조단가를 낮추는 등 재료에 관한 관심이 점차 높아지고 있다. LCD의 부품별 원가 비중을 살펴보면 드라이브 IC가 비중이 가장 높은 것으로 나타났다. 전자재료 부분에 있어서는 칼라필터가 약 27%를 차지하고 있으며 액정은 3% 정도이고 backlight unit 역시 6% 정도 차지하고 있다(그림 1). LCD에 적용되는 재료 부분은 대부분 고분자 관련된 제품으로 현재 외국에서 거의 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 LCD 사업이 국제적인 경쟁력을 확보하기 위해서는 재료 부분에서 국산화로의 전환이 매우 중요하며 이러한 관점에서 LCD의 주요 부품별 요구 성능과 기능을 살펴보는 것은 매우 중요하다고 생각된다. 따라서 본 총설에서는 주로 고분자 재료가 적용되고 있는 backlight unit, 배향막, 칼라필터 그리고 편광판 등의 성능에 관해서 살펴보기로 하겠다.

2. Backlight Unit

LCD는 그 자체가 발광하지 않는 비발광형이므로 외부로부터 광원이 필요하다. 자연광이나 실내 조명광을 이용하는 반사형 액정은 특별한 조명장치가 필요 없지만 어두운 조사광의 환경에서는 표시품질이 극히 나빠지게 된다. 따라서 보기 쉽고 어두운 곳에서도 사용 가능하게 하기 위해서는 LCD panel 배면 혹은 측면에 전용 backlight unit를 필요로 하는

표 1. LCD용 Backlight의 요구조건.

항 목	요 구 조 건
광학특성 및 전기특성	면회도 균일성
	고휘도화(Color CRT 이상) 균일화
	색 재현성 높은 색 재현성
	조광성 연속 조광 가능
	온도 특성 저온에서의 휘도 안정성
기 타	효율 고효율 광원, 고변환효율 점등장치
	소비전력 저소비 전력
	외관·크기 소형·경량·박형화
	수 명 장수명 휘도 저하가 적을 것

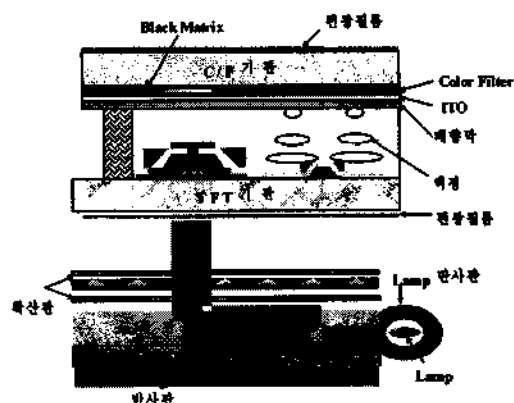


그림 2. TFT-LCD와 backlight unit의 수직구조.

투과형 LCD가 있다. LCD용 backlight의 요구 조건을 표 1에 요약하였다.

그림 2는 TFT-LCD의 구조와 backlight unit를 간단히 나타낸 것이다.

Backlight unit는 LCD panel의 배면으로부터 조사되는 광원으로는 냉음극관, 열음극관 방식의 형광관이 사용되어지고 있다. Lamp의 위치에 따라 直下형과 side light edge형이 있으며 도광판, lamp 및 housing 등으로 구성되어 있다. 直下형은 LCD panel의 밑면에 광원을 두어 panel 전면을 직접 조광하는 방식이며 양산화가 용이하며 경량화를 기대할 수 있고 고휘도를 얻을 수 있다. 광원으로는 EL, FL관이 사용된다. 直下형 backlight는 일반적으로 광이용 효율이 높고, 간단하며 표시면의 크기에 제한이 없고 경량, 분광특성이 변하지 않는 특징이 있다. Side light edge형은 LCD panel의 한측면 또는 양측면에 광원을 놓고 도광판 및 반사판에 광선을 반사, 확산하는 조명기구로서 주로 광원으로는 냉, 열 음극관, 형광 등을 사용하고 있다. 이 방식은 直下형과 비교하면 경량화에 불리하며 단가가 높은

반면, 휘도 光指向 조절이 용이하고 panel 대형화에 유리하고 내구 수명도 장점이 있어 color TFT-LCD를 제조하는 대형 LCD panel maker에서 주로 사용하고 있다. Side light edge형 backlight는 일반적으로 박형이 가능하고 휘도 일률이 적으며 lamp 배열의 영향을 적게할 수 있는 장점이 있지만 광이용 효율이 直下형 보다 약간 낮다. 상기의 자발광식 backlight는 이제까지의 backlight가 점광원, 선광원 등의 조명광원을 평면광원으로 바꾸는 연구에 의해 일률이 없는 면광원을 얻고, 본래 평면발광하는 조명광원을 그대로 backlight로 사용하는 방식이다. 평면발광하는 EL은 두께 1~2 mm로 전면 균일 발광하여 일률이 없다. 발광색은 green, blue, white이고 휘도는 150~200 nit(cd/m²)이다. LCD의 얇기를 손상시키지 않는 backlight로서 소형기기의 계측기기, 차재용도 등에 채용되고 있다. 그림 3은 直下형과 side light edge방식의 backlight unit를 간단히 나타낸 것이다.

표 2는 각종 광원을 비교 분석한 것이다.

Side light edge형 backlight unit(그림 3)의 구성요소는 광원, 반사판, 도광판, 확산판, 프리즘이다. 반사판은 lamp에서 발광된 광을 직각 방향으로 도광판에 입사시켜 LCD panel 배면으로 광을 공급하는 역할을 한다. 도광판(PMMA sheet)은 공기와 굴절률 차이에 따라 입광된 광을 평면상에 효율적으로 출광되도록 고분자재료의 표면 혹은 배면의 광을 확산·반사하도록 처리된 것으로 선광원을 면광원으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 도광판에 의한 면광원의 발광원리는 배면에 확산 인쇄처리된 아크릴 판에 의한 도광작용과 잉크의 확산작용을 적당히 조절하는 것이다. 구체적으로, 램프로부터 출사한 모든 각도를 갖는 광이 도광판 단면에 입광하여 도광판의 굴절률 차이에 의해 입사후의 각도가 0~42.12°(임계각)로 된다. 따라서 입사한 광이 도광판 상·하면에 도달했을 때의 입사각은 47.88° 이상이 되어 도광판의 임계각을 벗어나기 때문에 외부에 출사되는 광은 없고 구석구석으로 전달되게 된다. 도광판 내로 입사된 광은 그대로 정면 방향으로 광이 나오지 않기 때문에 도광판 배면의 dot 인쇄부에서 임계각 이내로 되어, 도광판 외부(전면 방향)로 출사된다. 여기서 도광판 내로 입사된 광은 인쇄패턴에 부딪쳐서 외부로 출사되고 입사면으로부터 멀기 때문에 약하게 되어 발광면을 균일하게 하기 위해서 입사면으로부터 가까운 인쇄패턴을 거칠게 하고 먼쪽의 경우

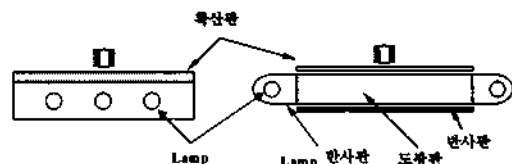


그림 3. 直下형과 side light edge형의 backlight 구조.

표 2. Backlight용 광원의 종류 및 특성 비교

항 목	광 원			
	형광램프	배열전구	EL	LED
면휘도	◎	△	△	△
균일도	△	△	◎	△
발광색	◎	△	△	×
색재현성	◎	△	△	×
효 율	◎	△	×	×
저온작동성	△	◎	△	◎
소비전력	△	△	◎	◎
수 명	◎	×	△	◎

는 조밀하게 하여 정면 방향으로 출사하는 광이 균일하게 할 수 있도록 한다. 도광판 내의 잉크 표면에 도달한 광은 반사하는 광 뿐만 아니라 도광판 내로 투과하는 광도 있기 때문에 이 투과된 광을 다시 도광판 내로 입사시키기 위하여 반사판이 필요하다. 반사판으로는 은음착 필름 혹은 백색 필름 등 정반사 기능을 갖고 있는 것을 사용하고 도광판과 확산판 사이에서 상호 반사하기 때문에 반사판은 확산판에서 반사율이 높은 것으로 사용한다. 확산판의 역할은 도광판으로부터 출사된 광은 정면 방향의 광이 적고 법선 방향에 대하여 각도를 갖고 있는 광이 많기 때문에 이 법선 방향의 광을 굴절효과에 따라 정면 방향으로 변화시켜 정면휘도를 높게 한다. 확산판으로부터 출사된 광은 거의 확산광으로 시야각이 크기 때문에 프리즘을 이용하여 시야각을 좁게 함으로써 정면휘도를 보다 높게 하여 소비전력 등을 줄일 수 있다. 램프에서 출사된 광은 backlight unit의 구성부품에 의해서 반사·입사의 반복된 경로를 통해서 광이 손실되게 된다. 모듈 전체의 구성부품까지 생각하면 광의 손실은 훨씬 크기 때문에 실제적으로 이용되는 램프의 광은 극히 미약하다(0.5% 정도). 따라서 광효율을 보다 적극적으로 이용하기 위해서 각 구성 부품에 의해 손실되는 광을 줄이고 각 구성 부품을 이용한 광의 효율을 높이기 위하여 많은 연구가 진행 중이다.

3. Liquid Crystal용 고분자재료

3.1 배향막

LCD는 전기광학 효과를 이용하는 표시소자로서 전기광학 효과는 액정분자 자체가 갖는 광학적, 전기적 이방성과 액정의 분자배열에 의해 결정된다. 액정의 분자배열은 계면효과와 외부적인 힘(전장, 자장)에 의해 변화하며, 계면효과에 의해서 액정분자의 배열상태를 규제하는 것을 액정배향이라 한다. 이러한 액정의 배향은 액정분자의 배열 안정성 뿐만 아니라 LCD의 표시특성을 향상시키는데 있어서 가장 중요한 요소기술이다. 이와같이 계면효과에 의해 액정분자를 효과적으로 배향시키는 막이 배향막이다. 배향막은 수백~수천 Å의 얇은 막으로 액정분자를 잡아주는 배향규제력(anchoring force)이 강하고, 액정과 투명전극 사이에서 전기적으로 안정함을 유지하기 위해 높은 비저항치가 요구된다. 가늘고 긴 액정분자와 기판과의 상대적인 위치관계는 그림 4에 나타난 것처럼 기판표면과 위로 올라간 액정분자와 이루는 각 θ_p (polar angle)와 기판면의 투영된 위치의 방위 θ_a (azimuthal angle)로 표시할 수 있다. 여기서 θ_p 는 일반적으로 pretilt angle이라 부르며 그 크기와 액정상의 종류에 따라서 그림 5에 표시한 것처럼 수평, 경사 및 수직의 3가지 기본적인 배향 형태를 취한다.

액정의 수평, 경사, 수직배향은 액정과 배향막의 조합 및 배향처리에 크게 의존한다. 종래의 이론에 의하면 액정의 배향상태는 액정과 배향막의 표면장력의 차이, 배향막의 표면구조 등에 크게 의존하는 것으로 알려져 있다. 주로 수평배향의 경우는 배향막의 표면장력이 액정의 표면장력보다 클 경우 생성되며, 동등할 경우에는 경사배향이, 그리고 작을 경우에는 수직배향이 생성되어 진다고 알려져 있다. 또한 배향처리에 의한 배향막 표면의 개질에 의해서도 상기의 배향이 얻어질 수 있다. 배향막으로는 유기물과 무기물 그리고 양쪽이 병행되어진 것이 사용되고 있다.

3.1.1 무기배향막

무기배향막의 대표적인 형성법은 SiOx 사방증착법(oblique deposition), rubbing법 등이 있다. SiOx 사방증착법은 1972년 Janning에 의해 제안되었으며 1976년 Yamasita 등 많은 연구자에 의해서 액정분자의 pretilt angle과 사방증착의 증착각 관계에 관한 많은 연구가 행해졌다. 막의 내열성이 우수하여 고신뢰성의 frit glass sealing의 가열 공정에도 견디어 내는

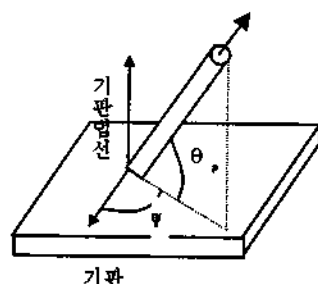


그림 4. 액정분자와 기판과의 위치관계.

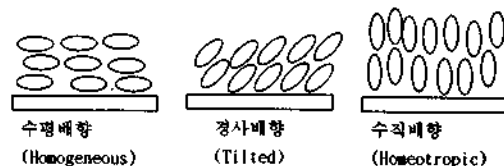


그림 5. 액정의 배향형태.

배향막이다. 사방증착법은 금속이나 산화물 및 불소화합물 등의 유기물질을 기판에 대해 경사지게 증착하고 그 위에 액정분자를 배향시키는 방법으로 증착물질은 SiOx가 일반적이다. 증착각, 증착속도, 진공도, 기판온도, 막두께의 증착조건과 증착물질 및 액정물질의 차이에 따라 액정분자의 배향형태도 달라진다. 특히 증착각은 매우 중요한 요소이며 일정한 배향이 얻어지는 증착각도는 대표적으로 60° 및 80°로 한정되어 지고 있다. 60° 증착 분자는 지면에 수직이고 80° 증착분자는 증착방향을 향하고 있으며 tilt각은 각각 0°, 30° 정도가 된다. 이러한 전형적인 두가지 형태의 배향막을 60°계와 80°계 증착막이라 한다. Goodman은 투과전자현미경(STM)의 관찰 결과로부터 증발원 방향으로 기울어진 column 구조형태와 빔의 입사면에 직교한 groove 구조형태에 의한 SiOx 사방증착막의 배향 model을 연구하였다. 80°계 증착막에서는 column이, 60°계에서는 groove가 배향에 기여한다는 것을 알았다. 배향막에서는 배향의 균일성, 재현성, 액정물질과의 적합성, 안정성 등이 요구된다. 이러한 관점에서 SiOx 사방증착법은 위치별 균일성과 양산성에 대해 검토되어야 할 것이 많다.

3.1.2 Rubbing용 Polyimide

러빙법은 고전적으로 알려진 방법으로 유리나 투명전극이 부착된 기판 표면을 폴리에스터와 같은 부드러운 천으로 기계적으로 한 방향으로 문지르면 이에 의해 수평배향이 이루어진다. 러빙방법의 기본원

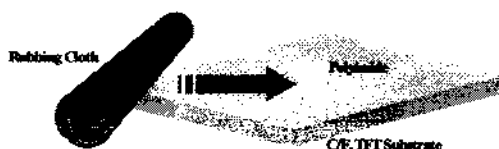


그림 6. 러빙머신에 의한 러빙의 원리.

리는 그림 6에 나타낸 것과 같다. 러빙강도를 정량적으로 얻기 위해서는 기판표면에 러빙천에 의하여 어느 정도 마찰되었는가를 나타내기 위한 러빙밀도(rubbing density, D)를 사용한다.

$$D = \gamma \cdot R$$

γ 는 러빙천의 밀도, 마찰계수 등의 함수이며 γ 를 정량적으로 얻기 힘들기 때문에 상대적인 값으로 러빙강도(rubbing length)를 사용한다.

$$R = N \cdot L(1 + (2\pi rn)/(60 V))$$

러빙강도 R 은 기판위의 임의의 점을 통과하는 러빙천의 총길이로 러빙 파라미터 즉 러빙깊이(mm), rpm(회/min), 러빙판의 이동속도(mm/sec), 러빙롤러의 반지름(r), 러빙횟수(N)에 따라 러빙강도를 길이로 표현하였다.

이 막의 배향 메카니즘은 러빙 방향으로 생겨난 microgroove에 의한 것이라고 생각하며 pretilt 각(θ_p)이 거의 0° 가 된다. 이것에 대해 SiOx 등의 무기 증착막을 부착한 기판을 부드러운 비단 등으로 문지르면 $\theta_p = 2 \sim 3^\circ$ 의 수평배향이 이루어진다. SiOx 사방증착으로부터 출발한 액정표시소자에 있어서 배향 기술은 대량 생산에 적합한 유기고분자에 의한 배향제어 기술로 발전했다. 회전도포법(spin coating)이나 인쇄도포법(printing)에 의해 기판상에 유기고분자 박막을 형성하고 경화한 다음 러빙방법으로 액정분자의 배향방향을 제어하는 방법이다. 러빙법은 유리기판을 종이로 일정방향으로 문지르면 그 방향으로 액정분자가 장축을 일치하여 배향이 된다는 사실을 1911년 Mauguin에 의해서 관찰된 이후 많은 연구자들이 러빙법에 적합한 기판 및 배향재료를 탐색해 왔지만 현재에도 배향막 재료의 명확한 선정기준이 확립되어 있지 않다. 그러나 TN형 액정표시 소자의 양산시기에 가수분해성이 높은 schiff 염기계 액정을 사용했으므로 소자의 장기 고신뢰성을 확보하는 glass frit seal이 필수로 되

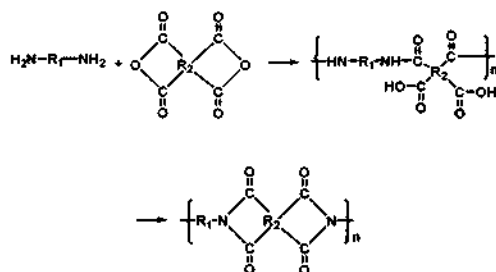


그림 7. 폴리이미드의 합성 경로.

어 이 공정에서의 고온 처리에 견딜 수 있는 수평배향 재료로서 폴리이미드계 재료가 선정되었다. 폴리이미드는 도포성, 러빙성, 배향제어 능력, 화학적 안정성에 있어서도 다른 유기고분자에 비해 우수한 특성이 확인되었으며 현재에도 여러 종류의 LCD에 폴리이미드계 배향막이 적용되고 있다. 일반적으로 폴리이미드계 고분자는 그림 7에 표시한 반응에 의해 합성된다. 즉 diamine 화합물과 산무수물을 용매 중에 반응시켜 폴리이미드계 전구체(precursor)인 poly(amic acid)을 합성한다. Poly(amic acid)를 도포 후 건조, 가열 경화의 공정으로 dehydration시켜 폴리이미드를 형성한다.

여기서 R_1 , R_2 는 폴리이미드의 특성에 크게 영향을 주기 때문에 액정 배향막으로서 사용하는 경우에는 표시소자의 요구성능, 제조 process와 맞는 구조를 선택해야 한다. 표 3에 대표적인 폴리이미드 배향막의 구조와 장점을 요약하였다.

폴리이미드 배향막의 경우는 액정분자를 균일하게 배향시키기 위해서는 배향막의 형성만으로는 불가능하며 액정분자의 장축방향에 대해 일축 배향성을 부여하기 위해서 배향처리가 행해진다. 배향처리로는 앞에서 언급한 바와 같이 러빙처리가 주로 행해지고 있다. 러빙에 의한 배향은 그 전단응력에 의해 배향막 표면이 연신되어 고분자 주쇄의 장축방향이 러빙방향으로 배향하기 때문이라는 메카니즘이 제안되었다. 배향막 표면에서 액정분자가 결합하는 메카니즘을 main chain type과 side chain type으로 나누어 설명하고 있다. Main chain type은 러빙에 의해 polymer main chain의 elongation이 생겨 경사진 groove가 형성되고 이 방향으로 계면부근의 액정분자가 자유 에너지적으로 보다 안정해져 일축 배향이 되며, 이와같은 계면의 액정 배향상태는 액정의 탄성력과 집단성에 의해 액정의 bulk layer에 전파되어 전체적으로 균일한 일축 배향 상태가 된다. Side

표 3. Polyimide계 배향막의 R₁, R₂ 구조 및 특성

R ₁	R ₂	장 점
		내열 안정성 화학적 안정성
		기판과의 접착성
		투명성 안정성
		시야각이 큼
		저온 경화성

chain type의 배향막의 경우 일반적으로 alkyl group의 side chain을 가지며 alkyl group의 밀도가 서로 다른 side-chain type의 pretilt를 설명한다. 이것은 alkyl group의 밀도가 증가함에 따라 표면이 보다 비극성으로 변해 표면 에너지가 작아지고 pretilt angle이 증대된다는 것이다.

표 3에서 나타난 바와 같이 R₁, R₂의 구조에 의해 러빙 효과의 정도 차이는 있지만 일반적으로 장쇄 폴리이미드는 양호한 배향 제어성을 갖고 있다. 수평배향에 있어서 무전계 상태에서 액정분자 장축을 기판과 완전히 평행하게 배향시키면 전압 인가시 tilt domain이라는 disclination이 발생한다. 이 현상은 액정분자의 장축의 양끝단이 자유에너지적으로 동등하기 때문에 전압인가에 의해 동시에 각각 반대방향으로 움직이기 때문이다. 따라서, 이것을 방지하기 위해서 전계를 인가하지 않은 상태에서 액정 분자가 기판면으로부터 약간 위로 기울어진 경사배향을 시킬 필요가 있다. 경사배향은 90° TN의 경우 twist domain의 발생 억제에 크게 기여한다. 즉 pretilt angle이 0°가 아니면 좌우의 꼬임 크기에 차이가 생겨 domain 발생이 억제된다. 일반적으로 pretilt angle을 크게 하면 배향방향의 편차각 허용치가 증가하여 제조공정에 수율이 향상된다. 이전에는 소형 표시소자의 주류가 되는 TN형 액정 표시소자에서 pretilt angle이 1~2°의 방향축 폴리이미드가 주로 사용되었다. 그러나 최근 표시소자의 표시 품질의 향상을 목적으로 하여 액정의 비틀림 각을 크게 한 super-twisted Nematic(STN)형 표시소자가 주

류를 이루고 있다. 이러한 경우 전압 인가시 domain의 발생을 방지하기 위하여 높은 pretilt angle이 요구된다. STN-LCD에서 240° twist에서 3~4°, 270° twist에서는 20° 이상의 pretilt angle을 형성하는 것이 바람직하다. 현재 주로 사용되고 있는 배향막은 R₁, R₂가 aliphatic ring 또는 극성기를 도입한 폴리이미드로 pretilt angle이 3~6° 정도이며 보다 높은 pretilt angle을 얻기 위해 배향막과 액정의 계면 현상에 관해서 연구가 진행 중이다. Pretilt angle은 실시되는 제조 공정에 있어서 배향막 재료의 경화온도, 러빙 후 조립시의 열처리 온도, 액정 주입 후의 열처리 온도 등에 영향을 받고 있다. 이러한 제조공정의 조건변화에 대해 충분한 안정성을 갖는 배향막 재료는 아직은 없다. 유기 배향막에서 요구되는 일반적인 특성으로는 이온성 불순물이 작아야 하며, 화학적·물리적으로 안정하고, 분자량이 높고 저분자량 부산물이 포함되지 않아야 한다. 그리고 투명하고 무색이어야 하며 기판과의 박막 형성능력이 우수하여야 한다. 일반적으로 pretilt angle은 배향막 표면에 대한 benzene ring의 방향각이라고 알려져 있다. Pretilt angle은 폴리이미드막이 표면장력이나 폴리이미드의 side chain의 alkyl 사슬의 종류에 따라 변한다. 예를 들면 fluorinated alkyl group을 도입하여 표면장력을 낮추면 완만하지만 pretilt angle이 높아진다. 또한, 일반적인 폴리이미드의 골격에 alkyl group을 도입해도 표면장력은 낮아져 pretilt angle은 급격히 올라간다. 표면장력을 내린다고 해서 반드시 pretilt angle이 직선적으로 올라가는 것은 아니지만 기본적으로 표면장력이 내려가면 pretilt angle은 올라가는 경향이 있다.

3.1.3 광배향제(Photoalignment Materials)

상기에 언급된 러빙에 의한 액정배향은 공정진행 중의 먼지 또는 입자의 발생과 이에 의한 표면 scratch, 배향막과의 마찰시 발생하는 정전기로 인한 TFT 소자 파괴와 같은 불량률의 원인을 제공하며 하나의 화면내에서 액정의 배향방향을 미세하게 조절하기 힘든 기술적 한계점이 있다. 이에 1990년대 초부터 비접촉식 액정배향 방법에 대한 논문과 특허가 발표되었으며 감광성 고분자에 편광 자외선을 조사하여 표면에서 광화학 반응을 유도, 액정을 배향시키는 광배향 기술이 주목받고 있다. 광배향은 기존의 방법에 비하여 간단하면서도 정정한 공정을 제공할 수 있으며 화소분할에 의한 광시야각 확보와 같은 액정배향의 미세 제어가 쉬운 장점이 있어 수

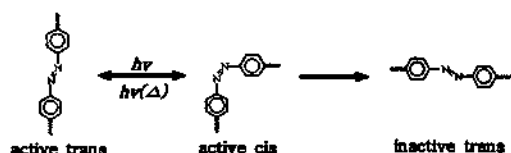
울증대와 원가절감 및 고품질의 디스플레이를 동시에 실현할 수 있는 기술이다.

3.1.3.1 광배향의 종류

광배향의 메카니즘에 의해서 분류를 하면 광이성질화(photoisomerization), 광분해화(photodegradation) 그리고 광이중화(photodimerization) 반응에 의한 광배향 방법이 있다.

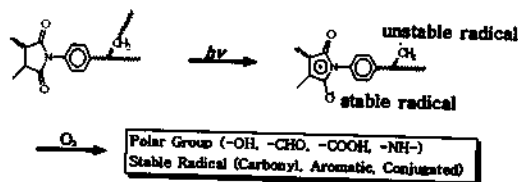
① 광이성질화

Azo기와 같은 dye형 물질에 UV를 조사하였을 경우 cis/trans 이성질화 변화를 응용한 기술로서 최근까지 일본에서 주로 광배향 물질용으로 연구되어져 왔다. 기존의 비선형 광학의 재료로서 많이 사용되는 고분자 소재와 유사한 바가 크고 물질확보도 비교적 용이한 수준이지만 inactive trans에 대한 신뢰성 문제로 품질 안정성에 치명적인 경우가 많고 LCD의 공정에 적합할 만큼 열안정성 등의 다른 요소를 만족시키기 어려운 단점이 있다.



② 광분해화

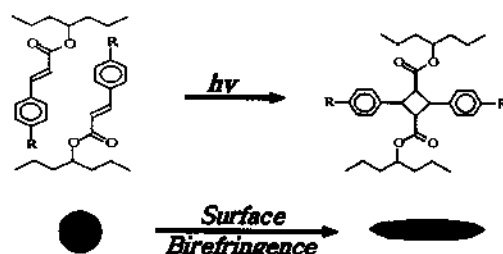
현재 산업체에서 사용되고 있는 러빙용 배향막은 모두 폴리이미드라고 해도 과언이 아니다. 그만큼 폴리이미드는 배향막의 대명사인 동시에 LCD의 표시품질 수준을 현수준까지 향상시킨 매우 특성이 뛰어난 재료임에 틀림이 없다. 광분해화로 광배향을 연구하는 그룹들은 이와 같은 폴리이미드를 광배향용 물질로서 동일하게 이용해 물질확보의 어려움을 극복하고 간단한 광조사만으로 광배향을 구현할 수 있을 것이라는 개념에서부터 출발하고 있다. 1980년대부터 IBM 등에서 선구적인 연구가 진행되어 왔지만 사실절단이 일어날 만큼 deep UV(~250 nm 이하)의 편광된 빛을 대면적으로 구현하기에는 장비적인 어려움이 따르고 높은 수준의 광조사 에너지를 필요로 하여 상업화의 문제점이 많이 노출된 상태일 뿐만 아니라 배향특성도 기존의 러빙법에 의한 것에



는 미치지 못해 현재에는 이와 같은 형태의 광배향 연구는 많이 줄어들고 있는 추세이다.

③ 광이중화

광이중화 혹은 광경화의 가장 큰 장점은 편광된 자외선에 의한 광반응 후 [2+2] cycloaddition에 의해 경화되어지기 때문에 안정성이 뛰어나다는 점이다. 본 형태의 연구는 1990년대부터 M. Schadt, Y. Imura 등의 논문을 통해서 연구되기 시작하였으며 현재 광배향 연구의 주류를 형성하고 있다. 그러나 기존의 러빙용 폴리이미드에 대응할 만큼의 성능을 보이는 물질의 개발이 연구의 핵심이지만 아직까지 상업화로 연계될 만한 수준의 물질이 확보되고 있지 못한 실정이다.



3.1.3.2 관련기술의 연구개발 동향

광배향에 대한 연구는 1989년 Hercules의 Gibbons 연구그룹에서 광조사에 의하여 액정의 배향 상태를 부분적으로 변화시켜 광 디바이스에 응용할 수 있는 특허를 처음으로 출원하였으며 이후 Roche의 Schadt 박사가 poly vinylcinnamate계 및 coumarine계 광배향제를 적용하여 많은 특허와 학술논문을 발표하면서 관심을 모으기 시작했다. 1990년대 중반 이후로 한국과 일본의 panel maker와 배향제 공급업체를 중심으로 연구가 진행되었으며 이중 국내의 LG전자는 광배향을 가장 실용적 측면에서 접근하여 물질과 공정, 장비에 이르기까지 광범위한 연구를 진행, 각종 디스플레이 관련 학회나 전시회에 광배향 적용 시제품을 출품하여 그 기술력을 인정받았다. LG는 자체 물질뿐만 아니라 많은 공정 know-how를 가지고 있는 것으로 알려져 있으며 일본 Ushio사와 선형 편광 자외선을 노광하기 위한 광배향 전용 노광 장비를 공동 개발하여 550×650정도의 대면적 일괄 노광이 가능한 설비까지 제작하였다. 최근들어 LG뿐만 아니라 일본의 Sharp, Matsushita, Toshiba, IBM Japan과 같은 대형 panel maker들도 광배향 기술에 관심을 가지고 재료 및 설비에 대한 outsourcing 및 독자 개발

을 추진하여 일부 업체에서는 1년 이내에 양산 적용을 진행할 것으로 알려져 있다. 이와 같이 다시 광배향 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 것은 1999년 최대의 호황을 맞은 LCD 업계가 대만 업체 등의 참여로 인하여 향후 원가절감에 대한 압력이 강해지고 있으며 새로운 mode 개발을 통하여 LCD 자체의 기술적 한계점을 뛰어 넘는데 비집착식 배향에 대한 기술적 요구가 성숙되고 있음을 말해준다.

4. Color Filter 부문재료

4.1 Color Resist

LCD의 표시품질을 결정짓는 핵심부품 중 화면의 칼라화를 구현하는 칼라필터용 color resist의 개발이 필수적이다. 현재 실용 레벨에 있는 칼라필터의 제법으로 염색법, 안료분산법, 전착법, 인쇄법 등이 있다. 이들 칼라필터는 제법면, 품질면에서 일장일단이 있지만, 시장에서 공급되고 있는 것은 염색법, 안료분산법, 인쇄법이 대부분을 차지하고 있다. 각종 칼라필터의 특성상 장·단점이 있지만 칼라필터 메이커가 주력하는 것은 안료분산법이다. 그 이유는 내광성, 내열성, 평활성 등에 있어서 신뢰성이 높기 때문이며 비교적 제조공정이 안정하고 다른 방법에 비해 공정의 라인화를 쉽게 처리할 수 있다. 칼라필터의 제법 및 특성을 표 4에 요약하였다.

Color resist의 binder polymer로는 주로 acrylic acid와 acrylate ester의 공중합체를 많이 채용하고 있으며 UV에 대한 sensitivity가 좋아야 하며 안료의 분산이 용이하여야 한다. 그리고 약 220 °C에서 열적 안정성과 photolithography에 대한 해상도가 뛰어나야 한다. Color resist의 조성으로는 주로 acryl copolymer, 광개시제, 가교제, 안료, 분산제, 용매 등으로 구성되어 있다.

4.2 Black Matrix(BM)

BM은 칼라필터 사이사이에 설치하여 백라이트의 빛이 화소만을 통과하도록 하는 동시에 외부광을 차단하여 contrast ratio를 증가시키는 역할을 한다. TFT-LCD의 경우 누설광에 의한 a-Si TFT의 동작 열화 방지 역할도 하며 용도에 따라 크롬(Cr), 크롬/크롬 산화막(Cr/CrOx), 유기재료 등이 사용된다. 특히 크롬 및 크롬 산화물은 BM으로 전통적으로 사용된 물질이지만 최근 들어 환경규제에 대한 강화로 점차적으로 그 사용이 제한되고 있으며 공정상의

표 4. 각종 칼라필터의 제조방법 및 특성 비교

제 법 항 목	염 색 법	안료분산법	인쇄법	전 착 법
색소재료	염료	안료	염료	안료
수지재료	젤라틴/ 아크릴계 수지	아크릴계 수지	에폭시계 수지	아크릴계/ 에폭시계 수지
막두께(μm)	1~2.5	1~2.5	2~3.5	1~1.5
분광특성	◎	○	○	○
내열성	△	○	○	○
내광성	△	○	○	○
내약품성	△	○	○	○
해상도(μm)	○	○	×	○
평탄성	○	○	△	◎
재료이용효율	△	△	○	○
기판 대형화	△	△	×	△
단가	△	○	◎	

장점때문에 유기 BM에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 일부는 현재 적용 중이다.

4.2.1 유기 BM

유기 BM은 black resin을 BM에 사용하는 것으로서 보통의 칼라필터 RGB의 공정과 같이 진행할 수 있어 sputtering 공정을 대신하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 유기 BM을 Cr계 BM과 간단히 비교해보면 다음과 같다.

구 분	막 형태	저반사 원리	재 질	성 질
Cr BM	얇은 막	광학간섭	무기	도전성, 딱딱하다
유기 BM	두꺼운 막	흡수, 산란	유기	절연성, 부드럽다

Cr계와 유기계 BM의 형성 공정은 다음과 같다 (그림 8). Cr계는 Cr/CrOx 막을 형성한 후 PR을 코팅하고 photolithography 방법에 의해서 노광과 현상에 의해서 BM을 형성한다. 그러나 유기 BM의 형성 방법은 아래의 예에서와 같이 매우 간단하게 BM을 형성할 수 있다. 이렇게 형성된 BM에 red, green, blue의 color resist를 각각 코팅하고 photolithography 방법에 의해서 최종적으로 칼라필터를 만든다.

4.2.2 Overcoat 재료

내열성, 내광성, 내약품성, 투명성이 우수하며 칼라필터 형성막과 유리기판에 밀착력이 양호해야 하며, ITO 증착시 균열, 주름 등의 발생이 없어야 한다. 특히 칼라필터 표면의 평탄화가 가능해야 한다. 이와 같은 특성부여를 위해 사용되는 고분자재료는 열경화성 아크릴, 폴리이미드, 에폭시, 폴리우레탄

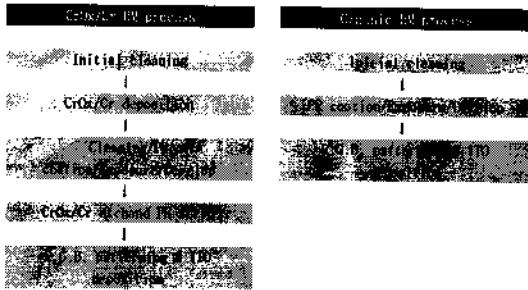


그림 8. Cr/CrOx계 BM과 유기 BM의 공정도.

표 5. Overcoat 재료의 비교 분석

구 분	7265(JSR)	HP-1005
폴리머 종류	아크릴	아크릴
용매	ECA	ECA
고형분(%)	25	20
점도(cps)	16	20
막두께(μm , 2000 rpm)	0.4	2.0
경화조건($^{\circ}\text{C}$, 30 min)	180	180
연필경도	3H	3H
ITO sputter 특성(150°C)	Good	Good
저장 안정성(25°C)	3일	3일

등의 수지를 사용한다.

4.2.2.1 열경화성 아크릴 수지

가장 일반적으로 사용되는 재료로서 밀착성과 도포성이 양호하고 수지와 경화제의 비율조절로 강도 조절이 가능한 장점이 있다. 표 5는 가장 일반적으로 사용되는 overcoat 재료를 일본 합성고무(JSR)와 HP 제품을 비교 분석하였다.

4.2.2.2 폴리이미드 수지

일반적으로 접착성이 나쁘고 가격이 고가인 단점이 있지만 최근에는 접착성 개선을 위해 실리콘변성 폴리이미드 전구체 용액이 개발되고 있다. 투과율은 열경화성 수지에 비하여 약간 떨어지나 탄력성과 내약품성 및 단차저감성이 우수한 장점을 가진다. 이외에도 에폭시 수지는 ITO 증착 후 균열, 주름이 발생하기 쉽고 폴리아우레탄 수지는 밀착성이 열악하여 현재는 거의 채용되지 않고 있다.

4.3 Spacer

Spacer는 TFT 기판과 칼라필터 기판의 접합시 기판 간격을 규제하고 적당한 액정층의 두께를 유지하기 위하여 사용된다. 한편 LCD panel에 대해 실용적인 견지에서 요구되는 성능 중 응답속도, contrast ratio, 시야각 등은 액정층의 두께와 밀접한

관계가 있다. 특히 액정의 mode별로 특별히 액정층의 두께를 엄밀하게 설정하지 않으면 높은 contrast ratio를 얻을 수 없는 경우가 있으며, 액정층의 두께의 불균일성으로 얼룩이 발생하고 표시품질이 두드러지게 저하되기도 한다. LCD의 표시품질에 대한 요구가 날로 높아짐에 따라 단순한 cell gap 유지기능만을 담당하던 spacer의 역할이 확대되어 온도변화에 따른 색조변화나 spacer의 이동, 혹은 저온시의 void 발생 등의 현상을 spacer로 해결하고자 하는 시도가 계속되고 있다. 소형 TN-LCD에서는 주변부분의 seal제에 유리섬유로 대표되는 경질의 spacer를 혼합하여 일정한 cell gap을 유지했지만 표시면적이 커지면 균일한 두께의 액정층을 얻기 위해 액정 cell 전면에 spacer를 분산하게 되었다.

Cell내에 분산시키기 위하여 spacer의 형태나 재질에 대해 여러 가지 연구와 개량이 행해져 왔으며, 특히 정밀한 액정층의 두께 관리가 요구되는 STN-LCD에서는 종래의 glass spacer를 대신하여 탄성체 플라스틱 미립자가 spacer로서 사용되어 오고 있다.

4.3.1 Plastic Spacer

Cell gap의 제어라는 측면에서는 경질인 glass spacer에 비해 불안정하지만 하중부가 여하에 따라 크기가 변하는 탄성체 plastic spacer는 미묘한 cell gap 제어체로서 적합하다. 또 액정층의 온도변화에 의한 광학특성의 변동이나 층두께의 변동을 고려하면 cell gap의 고정온 바람직하지 않다. 액정의 열팽창계수에 가까운 성질을 갖는 plastic spacer는 고온에서 cell 두께 팽창시에 spacer의 이동을 방지하고 저온에서의 공동발생 방지 등에 그 효과를 발휘한다. 실제로 plastic spacer는 내열성, 내약품성에 우수하고 넓은 온도범위에서도 탄성체로서 거동하는 구형의 미립자로서 평균입자 직경오차가 $\pm 0.03 \mu\text{m}$ 의 free size에 가까운($1/8 \mu\text{m}$ step) 규격품이 이미 상품화되어 있다.

4.4 Sealant

Sealant는 TFT 층과 칼라필터 층의 상·하 유리 기판을 액정이 들어갈 수 있는 영역의 두께로 접합시켜 주는 역할을 하는 고분자 소재이다. Screen mask를 이용한 인쇄법으로 도포하며 적정한 셀 간격 유지를 위해 sealant에 spacer를 첨가하여 인쇄한다. 주로 사용되는 재료는 일액형 열경화성 에폭시 수지로서 경화제 및 기타 충전제들을 혼합하여 사용한다. 열경화성 에폭시 수지와 더불어 많이 사용되는 sealant로는 자외선 경화제로 최근에 그 사

용범위가 확대되고 있다. 열경화성 수지를 사용하는 경우 TFT 층과 칼라필터 층의 상·하 유리기판을 정확하게 접착시키기 위해서는 열팽창을 최소화하여야 하며 이를 위해서 열경화성 에폭시 수지의 저온 경화가 필요하다. 이외에 특수 목적의 sealant가 LCD에 사용되는데 액정주입 후 액정주입 부분을 완전히 밀봉시키기 위한 sealant도 필수적이며 주로 UV-경화형 수지가 사용된다. 또한 TFT 층과 칼라필터 층간의 상·하 전극을 도통시키기 위하여 도전성 spacer를 sealant와 일정 비율로 혼합하여 gasket 또는 common dot부에 인쇄한다. 도전성 spacer는 일반적으로 플라스틱계 ball spacer에 Ni 또는 Au를 도금한 것을 주로 사용하며, 도통 재료는 도전성 spacer와 silver epoxy, carbon epoxy 등이 사용된다.

5. 편광부품

5.1 편광판

광은 전자파로서 그 진동방향은 전파 방향에 수직으로 진행한다. 편광이라 하는 것은 그 진동방향이 한쪽방향으로 치우쳐진 어떤 광을 말하고 이러한 편광기능을 갖는 판(板)상태의 얇은 필름을 편광판이라 한다. 편광판의 역할은 입사광을 서로 직교하는 2개의 편광성분으로 분리하고 그 중 한 방향을 통과시키고 나머지 방향의 성분은 흡수 또는 분산시키는 것이다. 편광이 일어날 수 있는 현상은 이색성, 복굴절, 반사 및 산란의 4가지방식이며 이중 대량생산 및 대면적화가 가능한 재료로서 고분자 이색성형이 있다. 흡착된 이색성 물질의 종류에 의해서 요드계 편광판, 염료계 편광판, 금속 편광판 등으로 나눌 수 있다. 기본적으로 편광기능을 높이는 것과 동시에 외관특성, 내구성이 우수하고 부품으로서 가공이 쉽고 사용이 용이하여야 한다. 편광소자 그 자체로는 투과축의 방향에 대해 기계적 강도가 약하고 열이나 수분에 의해 수축하고 편광기능이 열화하므로 실용적인 편광소자로서 사용할 수 없다. 이러한 결점을 보완하기 위해서 초산셀룰로오스 필름 등의 지지체 사이에 편광소자를 넣고 접착제로 고정하는 구조로 되어 있다. 기본적인 재질은 polyvinyl alcohol (PVA) 필름으로 여기에 편광요소를 흡착 분산시키고 이것을 회전속도가 서로 다른 roller 사이에 두고 일정방향으로 3~5배 연신한다. 연신된 PVA의 편

광요소는 연신방향으로 배열하고 배열된 필름은 강한 복굴절이 발생하고 이러한 복굴절에 의해서 광은 편광하게 된다. 연신의 방법은 건식연신과 습식연신의 2종류가 있으나 LCD에 있어서는 색상의 균일화를 위해 연신열폭 발생이 쉬운 건식연신보다는 연신 온도, 속도가 변하지 않고 균일하게 연신되는 습식연신을 채용하고 있다. 또한 PVA는 수용성 고분자이므로 내수성, 내열성을 향상시키는 것이 편광판의 내구성을 향상시키는 것이다. 편광요소로서의 바람직한 물질은 광범위한 파장 영역에서 강한 흡수와 큰 이색성을 가져야 하며, 분자내에 큰 전기 쌍극자를 가질 수 있는 구조여야 하고, 가늘고 긴 형상을 하고 장축에 평행한 흡수축을 가져야 한다. 요드계 편광판은 표시품질이 우수하고 매우 양호한 투과 및 편광특성을 갖는 편광소자이지만 고온시에 확산성이 증가하고 수분에 쉽게 치환됨으로 인해서 내구성능이 급격히 저하하는 문제점을 가지고 있다. 염료계 편광판은 편광소자에 이색성을 갖는 염료를 흡착한 편광판이므로 편광 성능은 사용하는 염료의 이색성에 의존한다. 염료계는 요소계와 비교해서 온도나 수분에 대해 내구성이 있으나 이색성이 떨어져 편광 성능이 떨어진다. 요드계 편광판은 주로 OA 또는 AV 기기용으로 많이 채용되고 있으며 염료계 편광판은 주로 휴대용 TV, 자동차용 dash board 등에 적용되고 있다.

5.2 위상차판

STN-LCD에 있어서 표시되는 색은 액정의 복굴절 간섭현상에 의해 착색되는데 흑백표시를 위해 DSTN(dynamic scattering twisted nematic) mode용 액정표시소자가 사용되기도 한다. 그러나 보다 박형·경량을 목적으로 복굴절성을 갖는 고분자 필름을 사용하는데 이것을 위상차판이라 부른다. 위상차판은 고분자 필름을 일축 연신하여 제작되며 특정의 위상차를 가지며 이에 대한 요구특성은 표 6과 같다. 이 위상차판은 보통 편광판과 일체하여 사용되어 진다. 위상차판과 편광판을 일체한 것을 타원 편광판이라 한다. 이는 타원 편광판을 통과한 빛이 위상차판에 의해 복굴절되고 간섭색을 띄는 타원 편광이 되기 때문이다. 이에 대해 위상차판이 붙지 않는 편광판을 직선 편광판이라 한다. 위상차판의 재질로는 PC(polycarbonate), PVA(polyvinyl alcohol), PS(polysulfide), PA(polyacryl) 등이 있으며 그 종류에 따라 내열, 내습성, 파장 의존성이 다르다. 표시화면이 대형화되면서 LCD의 시야각 확대

표 6. 위상차판에 요구되는 특성

특 성	LCD에 주는 효과	인 자
균일성	표시의 균일성	필름의 성막/성형 기술
파장분산성	표시의 완전한 Contrast비의 향상	위상차 필름의 재질과 LCD 패널과의 조화
시각특성	표시의 시야각	굴절을 타원형 (3차원 방향의 굴절을)

가 요구되고 있어 이러한 시야각 개선을 위해 위상차판은 기존의 일축성 복굴절구조에서 이축성구조를 갖는 형태로 개발되어 오고 있다. 위상차판은 그 자체의 위상차값에 대해 LCD panel의 위상차 파장분산 특성과 잘 일치하여야 높은 contrast를 갖는 흑백표시 특성을 얻을 수 있다. 근래에 와서는 휴대폰, PDA 등 개인 휴대장치가 발달함에 따라 실외에서도 표시기능이 우수한 디스플레이가 요구되면서 위상차판도 보다 내열성이 우수한 제품이 개발되고 있다.

참 고 문 헌

1. L. T. Creagh and A. R. Kmetz, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **24**, 59 (1973).
2. J. L. Janning, *Appl. Phys. Lett.*, **21**, 173 (1972).
3. L. A. Goodman, J. T. McGinn, C. H. Anderson, and F. Digeronimo, *IEEE, ED*, **24**, 795 (1977).
4. D. W. Berreman, *Phys. Rev. Lett.*, **28**, 1683 (1972).
5. 日本化成工業(株), 技術資料.
6. 日本學術振興會 第 142委員會編, 液晶, Device Handbook, p. 248.
7. T. Fischer, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **80**, 453 (1994).
8. M. Sakuragi, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **1**, 279 (1991).
9. M. Schadt, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **31**, 2155 (1992).
10. Y. Iimura, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, **8**, 257 (1995).
11. D. Meyerhofer, *Appl. Phys. Lett.*, **29**(11), 691 (1976).
12. L. A. Goodman, J. T. McGinn, C. Anderson, and F. Digeronimo, *Transaction on Electron Devices*, **24**(7), 795 (1977).
13. A. Mosley, B. M. Nicholas, and P. A. Gass, *Display*, **17**, (1987).
14. J. M. Geary, J. W. Goodby, A. R. Kmetz, and J. S. Patel, *J. Appl. Phys.*, **62**(10), 4100 (1987).
15. H. Fukuro and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **163**, 157 (1988).
16. B. O. Myrvold, H. Yokokura, Y. Iwakabe, K. Kondo, and S. Ohhara, *Japan Display*, 827 (1992).