

LCD용 유기 소재 부품

윤성희

1. 서론

Liquid crystal display (LCD)는 반도체와 비유되는 경우가 종종 있다. 반도체 제조 공정이 [감광제(photo resist) 도포→노광(exposure)→현상(development)→식각(etching)]의 과정을 기본으로 하고 있다는 점, 그리고 그 공정이 LCD의 TFT 제조 공정과 동일하다는 점이 두 기술 사이의 동질감을 유발하는 근간이 되어, “세대”라는 표현으로 대변되는 LCD 기술의 성장 및 메모리 크기로 기술의 향상을 표현하는 반도체 사업에서 알 수 있듯이, 지속적인 기술의 혁신과 이를 구현할 시설/장비의 세대 교체가 반드시 요구되는 기술이라는 점에서 그리 틀린 비유는 아니라 할 수 있다.¹

그러나, 정작 그 속을 들여다 보면 전혀 닮지 않은 이란성 쌍둥이와 같은 관계에 있음을 알 수 있다. 위에서 언급하였듯이 두 기술은 모두 동일한 제조 공정을 기본으로 만들어진다. 그러나, 정작 TFT LCD로 불리 우며 LCD의 핵심으로 인정받고 있는 TFT 제조 기술은 반도체의 그것에 비하면 메모리 16 KB 수준에 불과하고, 반도체가 상기 공정 기술의 개발로 기술 혁신을 계속하고 있는 반면, TFT-LCD는 TFT 공정 자체보다도 LCD를 구성하는데 필요한 다양한 재료의 개발 없이는 그 성능 향상이 불가능하다고 해도 과언이 아닐 정도로 각 부품을 구성하는 재료의 개발이 LCD 기술을 끌어 올린 원동력이라 할 수 있다. LCD 성능 개선은 끊임 없는 재료의 개발을 요구해 왔고, 이에 따른 공정기술은 더욱 까

다로워지고 있으며, 반도체 및 기타 IT 기술 대비 매우 복잡적이며, 고난이도의 다양한 기술이 요구된다. 또한, 재료의 역할이 기술의 중심인 것 외에, LCD는 재료비가 전체 제조 비용의 50% 이상을 차지하고 있다는 점에서 크게 구별된다.

최근 1~2년 사이 가장 괄목할만한 것은 단연코 LCD TV의 display 시장 진입을 들 수 있다. 30 inch 이하에서는 CRT의, 그 이상의 화면 크기에서는 PDP 및 Projection TV의 독무대였던 display 시장에 LCD TV가 등장하여 꽤 훌륭한 신고식을 치렀다고 LCD 종사자의 한 사람으로서 자부하고 있으며, 수 많은 LCD 업체 (대만)가 생겨나고 서로 경쟁적으로 좀더 좋은 화질의 대화면 LCD TV를 출시하려는 현 추세로 보아 CRT, PDP와의 경쟁은 물론 LCD 기술간의 치열한 경쟁이 예상된다.

LCD TV가 갖고 있는 경쟁력이란 과연 무엇인가? 우선 CRT 및 Projection 대비 얇고 가벼운 것이 가장 큰 특징이라 할 수 있다. PDP와 비교해서는 “slim



윤성희

- 1986 이화여자대학교 화학과 (학사)
- 1988 이화여자대학교 물리화학전공 (석사)
- 1991 한국화학연구원
- 1995 University of Massachusetts at Amherst, U.S.A, Polymer Science and Engineering, (Ph.D.)
- 1999 LG화학
- 2000 Kyushu University, 방문연구원
- 2000~ 현재 LG. Philips LCD 책임연구원

Organic Material for LCD Components

한국과학기술연구원 연료전지연구센터 (Sunghoe Yoon, Panel design Team 3, Development Center, 642-3, Jinpyung-dong, Kumi-city, Kyungbuk 730-726, Korea)
e-mail: yoon@lgphilips-lcd.com

light”의 장점이 크게 두드러지지는 않지만 여전히 존재하며, 무엇보다도 고해상도를 구현할 수 있고 더 밝은 화면을 제공할 수 있다는 점이 차별화 point라 할 수 있다. 그러나, 성능과 화질이 CRT TV의 그것에 익숙해진 소비자의 눈을 만족시키지 못한다면, 이러한 장점에도 불구하고 TV 시장에서 소비자에게 선택 받기란 쉽지 않다.

TV가 모니터 등과 구별되는 가장 특징적인 성능으로 크게 다음의 요소들을 들 수 있다. Display되는 image가 대부분 동화상이란 점에서 매우 빠른 응답속도가 필요하고, 실물을 있는 그대로의 느낌으로 표현하기 위해 자연 그대로의 색을 표현할 수 있도록 높은 색재현율이 요구된다. 또한 높은 contrast와 어두운 장면에서 밝은 장면까지, 가장 낮은 휘도와 가장 높은 휘도 모두를 구현할 수 있어야 함은 물론, 개인은 물론 가족 및 대중이 사용자란 점을 고려할 때 넓은 시야각의 구현 또한 갖추어야 할 필수 조건이라 할 수 있다.² 이렇듯 TV가 갖추어야 할 성능과 화질을 가능하게 한 주기술이 재료 개발에 있었으며, 특히 LCD에 사용되는 유기 재료의 역할이 그 핵심이었다.

본고에서는 LCD를 구성하는 부품에 대해 살펴보고, 각 부품의 역할과 기술 수준, LCD 성능 및 화질과의 관계를 정리해 봄으로써 유기 재료 특히 고분자 소재의 역할과 현 수준을 진단하고, 향후 LCD 성능 개선을 위해 요구되는 요소 특성을 도출해 보고자 한다.

2. LCD 구성 부품

LCD를 구성하는 기본 부품을 **그림 1**에 나타내었다. **그림 1**에 분리해 놓은 부품들을 합쳐 놓은 것이 일반 사용자가 접하게 되는 LCD 모니터나 TV의 plastic housing을 벗겨낸 후의 모습이며, 이를 LCD module이라 칭한다. LCD module은 크게 panel과 backlight unit으로 나뉘며, **그림 1**에서 LCD panel 및 frame을 제외한 모든 부분이 backlight unit이다. Backlight unit은 휘도를 내는 lamp 및 lamp housing, 이를 LCD panel로 보내 주기 위한 reflector와 light guide, 입사되는 빛의 집광 및 확산으로 균일도와 시야각을 조절하는 diffuser 및 prism sheet로 구성된다.

Panel은 **그림 2**에 나타난 단면 구조에서 알 수 있듯이 다시 CF와 TFT 기판, 그리고 이 사이를 채우

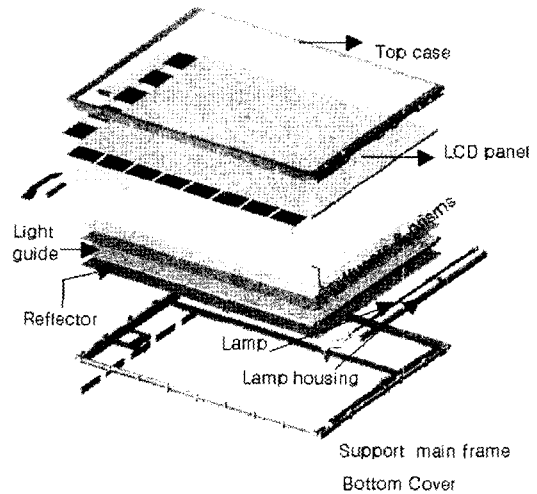


그림 1. LCD 기본 구성 부품.

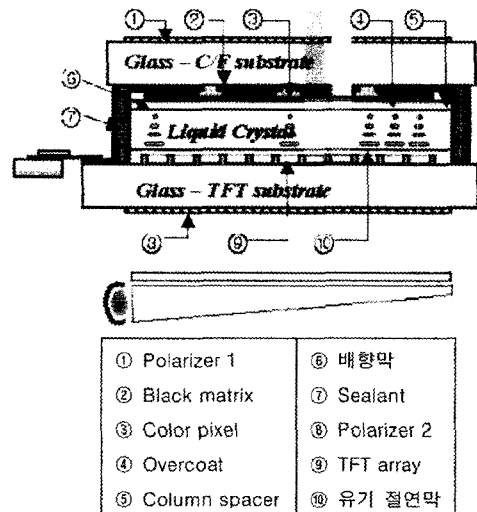


그림 2. LCD panel의 단면 구조.

는 액정으로 구분된다. 액정은 투과되는 빛의 양을 조절하는 on/off switch 역할을 하며, TFT는 화면의 밝고 어두운 정도에 따라 이를 전기적 신호로 전달함으로써 switch (액정)를 작동시킨다. 이때 배향막은 액정의 초기 위치를 잡아 주는 역할을 한다. Color filter는 단순히 어둡고 밝음이 표현된 화면 (흑백 화면)에 다양한 색을 입혀 주는 역할을 하게 되는데, 주 역할을 담당하는 안료와 각 pixel 사이의 빛샘을 막아주는 black matrix, 안료 상부의 평탄도를 향상시키기 위한 overcoat (OC), 두 기판 사이의 gap을 조절하는 column spacer (CS)로 구성되어 있다.

TFT 및 CF 각 기관의 배면에는 polarizer가 구성되며 두 polarizer의 광축이 직교가 되게 배치된다. TFT 배면의 polarizer는 panel에 입사되는 빛의 하나의 편광만을 투과시켜 주며, CF 배면의 polarizer는 액정 층을 통과하면서 변화된 빛의 광 축에 따라 최종 관찰자에게 투과되는 빛의 양을 결정한다. 상,하 기관의 polarizer는 액정 mode 및 용도에 따라 서로 다른 기능성 layer와의 조합으로 이루어진다. 이상 LCD를 구성하는 기본 부품, 특히 유기 재료로 이루어진 부품에 대해 간략하게 살펴 보았다. 이들 부품은 액정 mode, 즉 TN, IPS, VA 등 LCD 기술에 따라 그리고 노트북, 모니터, TV 등 용도 및 목적에 따라 그 종류 및 특성이 다양하게 변한다.

3. LCD를 구성하는 필름들

Panel을 구성하는 polarizer와 backlight unit의 light guide와 panel 사이에 존재하는 모든 구성 부품이 LCD를 구성하는 필름들이다. 필름들의 다양한 종류와 역할을 **표 1**에 나타내었다.

3.1 Polarizer

Polarizer는 다양한 종류가 있지만, LCD에 사용되는 polarizer는 한 가지로 stretched PVA (poly-vinyl alcohol)에 iodine을 흡착시켜 만드는 고분자 필름이다. 편광 능력 (polarization efficiency) 및 투과 휘도, 그리고 polarizer를 통과한 빛의 색감은, 사용한 PVA의 tacticity 및 필름 연신율, 흡착된 iodine complex ion의 종류 (I_3^-/I_5^- 함량 비)에 의해 결정된다. Polarizer의 base 물질로 사용된 PVA는

표 1. LCD 구성 필름의 종류 및 기능

기능	필름 종류
편광	Polarizer
	Retarder ($\lambda/4$ plate)
광 시야각	A-plate
	C-plate
	Biaxial film
고 휘도	CLC polarizer
	DBEF
고 휘도/광로 변경	BEF (prismatic film)
확산/산란	Front scattering film
	Diffuser
	Protective film

수분 친화력이 강해 흡습성이 강하고, iodine은 승화성이 있어 공기 중에 노출된 상태로 사용 시 편광 능력이 계속 변하게 되는 결과를 가져 온다. 이를 방지하기 위해 PVA-iodine 필름의 양면에 접착제를 이용하여 보호막을 부착시키는데, 이때 보호막은 수분의 흡착 및 iodine의 승화를 방지하는 기능을 함은 물론 투과하는 빛의 편광 상태에 영향을 주지 않도록 위상차 (retardation)가 없는, 즉 복굴절이 0에 가까운 재료의 고분자 소재를 사용한다. 현재 가장 널리 사용되는 필름으로는 TAC (triacetyl cellulose)이 있다. TAC은 매우 낮은 수분 흡습률과 복굴절을 가진다고 알려져 있으나, 더욱 높은 C/R (contrast ratio) 및 pure black의 화상을 요구하는 고객의 요구에 부응하기 위해 새로운 재료의 개발이 진행되고 있다. 보통은 보호막을 포함한 TAC-PVA-TAC 3 layer 구조를 통칭하여 polarizer라고 부른다.

3.2 광 시야각 필름

액정 mode에 따라 시야각을 넓히기 위해 필요한 보상 필름의 설계는 달라진다. 그러나, 기본이 되는 rule은 액정 층을 통과하며 겪은 빛의 시야각에 따른 위상차 차이를 정확히 이에 반대되는 방향의 크기로 설계함으로써 보상하는 것이다. 필름에는 표면에 대해서 수평 방향 및 수직 방향으로의 위상차가 있는데, 이를 일반적으로 A 위상차 성분 = $(n_x - n_y) \cdot d$, C 위상차 성분 = $(n_x - n_z) \cdot d$ 로 부른다. 여기서, n_x, n_y, n_z 는 필름의 서로 직교되는 방향으로의 굴절률이고 d 는 필름의 두께이다. Biaxial 필름은 이축성 필름을 의미하며 A 위상차 성분과 C 위상차 성분을 단일 layer에 모두 가지고 있는 필름이다. A 및 C plate는 주로 액정 고분자를 이용하여 제조되며, biaxial 필름은 폴리카보네이트 등의 고분자 필름의 연신에 의해 위상차가 조절된다. Uniaxial 필름 두 장을 이용하여 biaxial 필름의 기능을 대신하기도 한다. **표 2**에 각 시야각 보상 필름의 축에 따른 굴절률 관계를 정리하였다. 액정

표 2. 광 시야각 필름에 사용되는 보상 필름의 종류 및 특징

보상 필름의 종류	굴절률 관계	위상차	재료
A-plate	$n_x > n_y = n_z$	$Re = (n_x - n_y) \times d > 0$	Planar LC
Positive C-plate	$n_x = n_y < n_z$	$Rth = (n_x - n_z) \times d < 0$	Homeotropic LC
Negative C-plate	$n_z < n_x = n_y$	$Rth = (n_x - n_z) \times d > 0$	Discotic LC
Biaxial film	$n_x > n_y > n_z$	$Re = (n_x - n_y) \times d > 0$ $Rth = (n_x - n_z) \times d > 0$	Stretched polymer

mode에 따라 A, C plate 및 biaxial 필름의 다양한 조합에 의해 적합한 광시야각용 보상 필름을 구현한다. LCD-TV에는 광시야각이 매우 중요하게 요구되는 성능 중의 하나로, 광시야각 필름의 설계가 매우 중요하다.

3.3 고휘도 필름

LCD가 구현할 수 있는 휘도는 backlight의 광량 및 TFT 및 CF 기판의 설계에 의해 결정된 투과부 비율(개구율)에 의해 결정된다. Backlight의 광량은 lamp의 세기에 의해 결정되는데, lamp에서 발한 빛은 backlight unit의 여러 부품을 지나며 일부 손실되고, panel을 통과하며 하부 polarizer에 의해 다시 50%의 빛을 잃게 되며, panel 하부 기판에 형성된 전극부와 그 주변을 가리기 위한 CF 기판의 black matrix부를 제외한 pixel 영역(개구율)만을 빛은 통과할 수 있게 되므로 또 다시 빛의 손실을 겪는다. 실제 100의 빛을 넣어 주었다면, 최종 관찰자의 눈에 도달하는 빛의 양은 약 6~8에 불과할 정도로 그 효율이 매우 낮다. 이를 보완하기 위해, 저소비 전력으로 고휘도를 구현하기 위해 개발된 필름이 고휘도 필름이다. 고휘도 필름의 concept은 입사되는 빛 중 가장 큰 손실을 유발하는 하부 polarizer에 의한 빛의 흡수를 가능한 줄여 빛을 재활용하는데 기반을 두고 있다. 현재까지 개발되어 양산, 적용되었던 고휘도 필름은 크게 두 가지가 있다. 한 가지는 cholesteric 액정 (CLC)을 이용한 원편광자와 $\lambda/4$ plate를

이용하여 좀더 많은 portion의 빛이 panel에 입사되도록 편광 방향을 바꾸어 주는 것이고, 다른 하나는 stretched PET (polyethylene terephthalate)-PEN (polyethylene naphthalate) 공중합체를 이용하여 s- 및 p 파를 걸러 주어 빛의 투과 효율을 높이는 것이다. 각 필름 구성 및 기능의 모식도를 그림 3에 나타내었다.

CLC 액정 고분자를 이용한 원편광자(그림 3.1)는, 우선 액정의 배향이 중요하고, 가시광선 전 영역 대를 포함하도록 pitch gradient를 주는 것이 필름의 성능을 결정하는 주요 기술이다. Left handed 원편광 및 right handed 원편광 중 하나의 편광은 투과시키고 나머지 하나의 편광은 반사시킨 뒤 투과된 편광을 $\lambda/4$ plate (QWF)에 의해 직선 편광으로 전환시킴으로써 panel의 하부 polarizer를 통과할 수 있게 하는 기능을 한다. 첫 단계에서 반사된 편광은 다시 반사되어 반대의 편광을 갖고 돌아오므로 이론적으로는 빛의 손실없이 100% 재활용이 가능하다. 이에 반해 PET-PEN 공중합체로 형성된 고휘도 필름(그림 3.2)은 상품명으로 DBEF(3M)로 더욱 알려져 있는데, 필름의 "Stretch-Folding" 과정이 그 성능을 좌우하는 주요 기술이다. DBEF는 그 자체로 선편광을 선택 투과시킴으로써 휘도 향상에 기여한다. 고휘도가 요구되는 LCD에 상기 두 type의 필름이 모두 적용될 수 있으나, 현재는 주로 DBEF가 이용되고 있다.

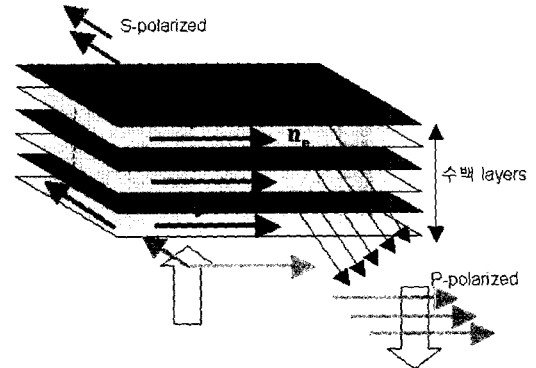
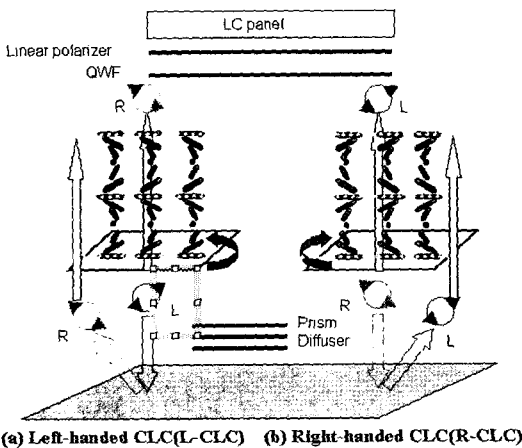
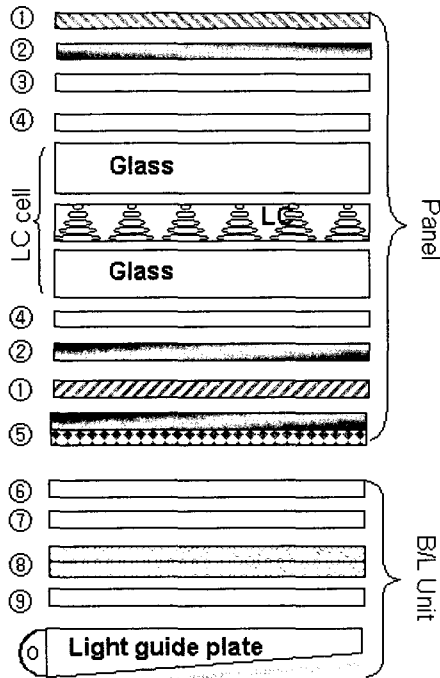


그림 3.1 Cholesteric liquid crystal (CLC)로 만들어진 circular polarizer(원편광자). (a) L-CLC: 우원 편광 투과, (b) R-CLC: 좌원 편광 투과.

그림 3.2 PET (polyethylene terephthalate)-PEN (polyethylene naphthalate) copolymer로 만들어진 linear polarizer.

그림 3. 고휘도 필름의 종류 및 원리.



- ① Linear Polarizer 비편광 → 직선 편광
- ② Retarder 시야각 보상
- ③ Front Scattering Film 직선 편광 → 원 편광
- ④ Wide View Film 확산 기능
- ⑤ CLC Polarizer 시야각 보상
- +QWF(quarter wave plate) 휘도 향상 (recycling)
- ⑥ Protective Film 휘도 향상 (recycling)
- ⑦ DBEF 휘도 향상
- ⑧ BEF 광로 변경(수직)
- ⑨ Diffuser 확산 기능

그림 4. LCD를 구성하는 고분자 필름의 배치.

그림 4에 LCD를 구성하는 필름들의 대략적인 배치를 종합적으로 표현하였다. 그림에 나타난 모든 필름이 동시에 사용되는 것이 아니고, LCD mode (TN, VA, IPS 등) 및 용도 (TV, MNT, NBPC 등)에 따라 이 중 일부 필름들이 기능적인 조합을 이루어 사용된다.

4. LCD 셀 재료

셀 재료는 LCD를 LCD이게 한 액정을 비롯하여 LCD의 기본 성능을 구현하는 가장 중요한 역할을 담당하고 있다. LCD 제조 공정에 따라 분류하는 관례에 따르자면, 엄밀하게 셀 재료는 액정, 배향막,

실란트를 의미하며, OC, CS, color 안료, black matrix 는 color filter (C/F) 재료로 분류된다 (그림 2). 그러나, C/F가 셀의 한쪽 기판을 구성하므로 결국 이들 모두 셀을 구성하는 중요 부품이다.

4.1 액정

현대는 집에서 시청하는 TV 뿐 아니라, 달리는 자동차 안의 car navigator, 심지어는 손에 들린 2 inch도 안 되는 핸드폰 창으로 언제 어디서나 동영상을 즐기는 시대가 되었다. 동영상을 blur 또는 tailing이라 불리는 화면 끌림 현상없이 볼 수 있게 하는 기술의 핵심이 액정의 응답속도이다 (backlight 및 회로 기술 또한 매우 중요하지만 여기서는 재료에 관한 것만 다루기로 한다). 전기적 신호에 대한 액정의 응답속도는 rising time (tr)과 falling time (tf)의 합, 즉 응답시간으로 표시되는데, 전기장에 의해 액정이 움직이는데 소요된 시간과 전기장이 제거되었을 때 액정이 제자리로 되돌아 오는데 걸리는 시간의 합을 의미한다. 표 3에 표시된 식에서 알 수 있듯이, 응답속도를 결정하는 액정의 물성은 점도 (γ)와 유전상수 ($\Delta\epsilon$)이다. 점도는 액정 분자가 물리적으로 움직이는데 걸리는 시간을 결정하고, 유전 상수는 전기장에 대한 액정의 반응 시간을 결정한다.³

LCD 셀에 주입되는 액정은 막대상 (rod like structure)을 기본 골격으로 하며, 보통 phenyl ring이나 hexane기가 2개 이상 직선상에 연결된 형태로 이루어진다 (그림 5). 여기에 치환된 치환기의 종류 및 치환 위치 그리고 치환된 정도에 따라 유전 상수 및 점도가 변하며, 대표적인 치환기로는 -alkyl, -CN, -halogen, -OR (ether기), -COOR (ester기) 등이 있다. 몇 예를 그림 5에 나타내었다.

막대상의 장축 방향 유전율과 그에 수직인 축의 유전율의 차가 양의 값을 가지면 “Positive”, 음의 값을 가지면 “Negative” 액정으로 분류하는데, LCD mode에 따라, IPS는 positive 액정의 특성을, VA

표 3. 응답속도와 액정 물성의 관계

$$t_r = \frac{\gamma}{\epsilon \Delta\epsilon} \frac{V^2}{f^2} - \frac{\pi^2 K_2}{d^2} \quad t_f = \frac{\gamma}{K_2 \pi^2}$$

	IPS	VA
Type	Positive	Negative
$\Delta\epsilon$, dielectric constant	7.5~8.5	3.5~4.5
γ , viscosity (mPa · s)	70~80	120~150

기술은 negative 액정의 특징을 각각 이용하고 있다. 표 3에서 알 수 있듯이 액정의 type에 따라 유전상수와 점도의 제어 가능한 범위가 달라지는데, 공통적으로 유전상수는 클수록 점도는 낮을수록 응답속도는 커진다.

4.2 배향막

배향막은 액정이 전기적 신호에 응답하기 전에 한 방향으로 배열시키고, 액정 분자가 신호에 따라 움직이기 시작할 때 그 방향을 결정해 주는 역할을 한다. 공통적으로 완성된 막은 polyimide (그림 6)를 기본 구조로 하고 있으며, rubbing 과정을 거친 뒤 배향 기능을 갖게 된다.^{4,5} 초기 액정의 배향 방향은 rubbing 방향에 의해 결정되지만, 액정의 pre-tilt angle 및 anchoring energy는 polyimide막의 precursor인 acid와 amine의 구조 및 함량비에 의해 결정된다. 따라서, 2도 이하의 낮은 pre-tilt angle이 요구되는 IPS, 3~4도 이상의 pre-tilt angle을 갖는 TN

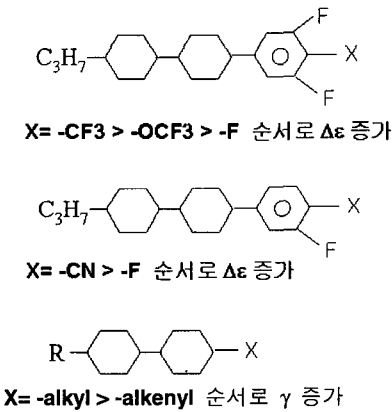


그림 5. 액정 구조에 따른 유전상수 및 점도의 변화.

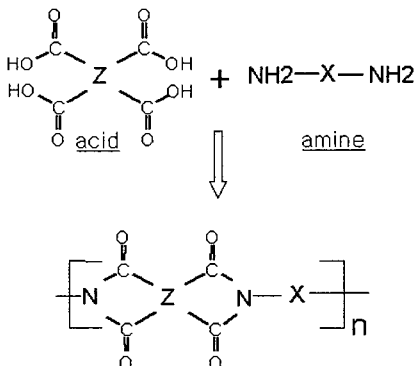


그림 6. Polyimide계 배향막의 기본 구조.

mode, 그리고 90도에 가까운 pre-tilt angle을 초기 액정 배열 상태로 하는 VA mode 등 LCD mode에 따라, polyimide를 구성하는 acid (그림 6의 "Z")와 amine (그림 6의 "X")의 화학 구조는 크게 달라진다. Steric hindrance만을 고려한다면, flat 구조가 bent 구조 대비 상대적으로 액정의 low tilt angle을 유도하는 경향이 크다고 볼 수 있다. 치환기의 종류에 따라서는, 분자의 dipole moment 방향과 크기에 의해 tilt angle이 영향을 받는다. Pre-tilt angle은 배향막 표면의 topology와 표면 장력의 함수로 표현되기도 하는데, 특히 pre-tilt angle과 표면 장력은 그림 7에 보여진 것처럼 표면 에너지가 커질수록 pre-tilt angle이 작아지는 관계를 갖는다.

액정의 pre-tilt angle은 배향막 단독 특성보다는 액정과 상호작용에 의해 결정되는데, 주어진 배향막에서 액정의 유전 상수에 따른 pre-tilt angle의 변화를 그림 8에 도시하였다. 액정의 유전 상수가 커지면 pre-tilt angle이 커지는 경향을 갖는다.⁶

이러한 기본 특성 외에도 배향막의 구조 및 액정과 정합성에 의존해서 잔상에 큰 영향을 미치게 되며, 배향막의 막 강도는 rubbing scratch와 밀접한 연관성을 가지는 등 배향막을 이루는 재료의 화학 구조의 설계가 LCD 성능과 품질에 매우 큰 영향을 미

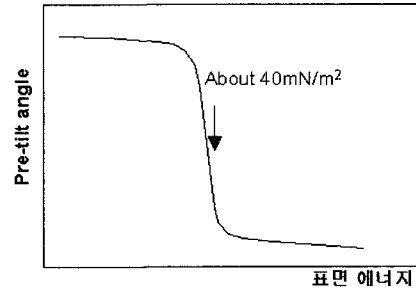


그림 7. 배향막 표면에너지에 따른 pre-tilt angle.

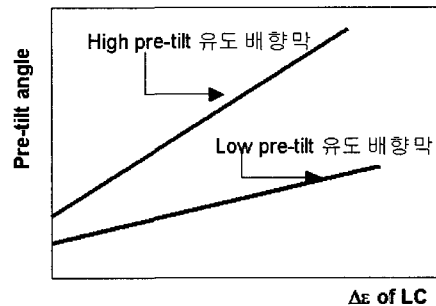


그림 8. 액정의 $\Delta\epsilon$ 에 따른 pre-tilt angle.

친다.

4.3 Column spacer & Overcoat

CS는 cell gap을 유지하는 기능을 맡고 있고 OC는 RGB pixel 간 단차를 완화시키기 위한 평탄화막이란 점에서 그 용도는 다르나 기본 구성은 매우 유사하다. 구성 성분은 크게, binder polymer, multi-functional monomer (MM), 용매, 개시제, 계면활성제를 비롯한 첨가제로 이루어져 있다.

Binder polymer는 base layer를 형성하는 역할을 하고, acryl 및 epoxy 또는 둘의 공중합체가 주로 사용된다. 투명도 및 평탄도가 높아야 하며, 하부막에 대한 코팅성 및 접착성을 고려하여 설계된다. MM은 binder polymer를 도와 막을 형성하는 역할을 함과 동시에 포토레지스트(PR) 역할을 한다. 즉, 광에 노출된 부분은 반응되어 막에 남고 비노광부는 현상액에 씻겨 제거된다. Acryl계 올리고머가 주로 사용된다. Patterning이 요구되는 CS 용도로는 필수로 사용되는 성분이지만, OC의 경우는 광경화 type의 경우 종종 사용되었으나, 열경화 type OC에는 사용되지 않는 경우가 대부분이다. Binder polymer와 MM은 상용성이 떨어지기 쉬우므로 함량비 및 용매, 첨가제의 적절한 선택이 필요하다. Binder와 MM은 PR을 구성하는 기본 성분으로 BM 및 color PR에도 사용되며, 4.4에서 상세히 다루기로 한다.

계면 활성제는 코팅시 막 균일도에 큰 영향을 미친다. 코팅 단계에서는 계면 장력 저하 효과가 큰 성분으로 함량을 높여 사용하는 것이 막 균일도 향상에 유리한 반면, 너무 과량 사용되는 경우 기포 발생으로 막에 pinhole이 형성되어 defect로 작용할 수 있고, 막이 완성된 후 배향막 형성 공정에서 코팅이 잘 안 되는 악영향을 줄 수도 있으므로 그 종류뿐 아니라 사용하는 양에 주의를 요한다. 사용되는 계면활성제로는 silicon계와 fluorine계가 대표적이다.

용매 선택에는 재료의 용해성, 증발 속도 등이 고려되어야 하며, 최종 용액의 점도가 막 평탄도에 영향을 미치므로 구성 고분자의 분자량 및 함량 관리가 요구된다.

4.4 Color 안료 및 수지 BM

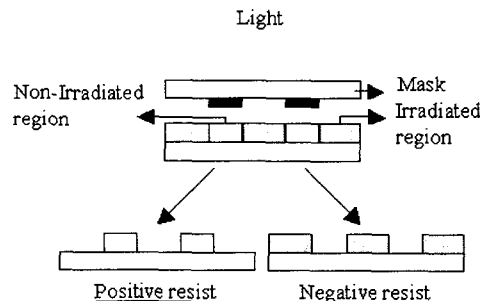
LCD 제조 공정 중 가장 자주 활용되는 공정이 PR를 이용한 photo-etch 공정이다. TFT patterning에는 물론이고 C/F 제조에 있어서도 pixel 마다 Red[R], Green[G], Blue[B]를 일정 간격으로 반복적으로 형성하기 위해 PR의 감광 특성을 이용한다. TFT patterning과 다른 점은, TFT 공정에서 PR은 형성

과정 중에 사용된 후 제거되는 반면, C/F는 최종 형성되어 남는 RGB용 안료 및 수지 BM 자체가 PR의 기능을 갖는다는 점이다.

PR은 일반적으로 말해 빛을 받아 중합, 분해 또는 변성되는 성질을 갖는 부류의 물질을 총체적으로 일컫는 말이다. 빛을 받은 부분이 남고 나머지가 제거되는 종류를 negative resist라 부르고, 빛을 받은 부분이 분해되거나 변성되어 제거되고, 나머지 부분이 남는 특성을 가진 PR을 positive resist라 분류한다. 이렇듯 빛을 받아 남고 제거되는 특성을 이용해 TFT 및 C/F의 대부분 막의 patterning을 하게 되는데 이런 과정을 lithography라 부른다 (그림 9).⁷

C/F에서는 수지 BM과 RGB patterning에 lithography를 사용한다. 설계된 개구 영역만을 빛이 통과 하도록 pixel 사이 사이 BM을 형성하여 빛을 흡수, 제거하는데, 일반적으로는 metal BM을 사용하지만, IPS mode의 경우는 mode 특성상 수지 BM을 사용한다. 수지 BM과 RGB 구현을 위해 사용되는 PR은 lithography 기능을 하는 성분에 있어서는 기본적으로 동일하다. 4.3에 서술한 바와 같이 binder, MM (또는, positive PR 경우 PAC라 불리는 감광제), 개시제, 첨가제가 공통 성분으로 사용되며, 수지 BM은 빛의 흡수 기능을 갖는 카본 블랙 또는 안료, color PR은 RGB 각각의 색을 구현할 성분이 추가되는 점만 차이가 있다 (표 4). 따라서, patterning 공정은 공통적으로 설명될 수 있는데, 이를 negative

Lithography = Photo + Etch



PR의 종류	Positive, Negative
반응 형태	중합(가교), 분해, 변성, 극성 변화
조성분수	1중, 2중, 3중
광원	g(436nm), h(405nm), i(356nm), j(313nm), KrF(248nm), ArF(193nm), EUV(13nm), E-beam, ion-beam, X-ray

그림 9. 포토레지스트의 작동 원리 및 종류.

PR 경우의 예를 들어 **그림 10**에 도식화하였다. 참고로 color pixel 및 수지 BM에는 negative PR이 사용된다. **그림 10**에 나타낸 것처럼 노광된 부분은 가교 반응이 일어나 현상액을 통과한 뒤에도 제거되지 않고 남게 되며, 빛을 받지 못한 비노광부는 염기성 현상액에 의해 제거되게 된다. 이 때 binder는 acid기가 현상액과 반응하여 염 (salt)으로 변성되어 용해되어 제거되게 되며, MM 및 color 또는 black 안료는 현상액에 녹는 것이 아니라 binder가 용해될 때, 같이 씻겨나감으로써 제거된다. 노광량에 따른 감도, 현상 특성, 형성된 막의 물성 등은 PR을 구성하는 기본 성분의 종류 및 함량에 의해 조절된다.

Color pixel 및 BM에 사용되는 안료는 엄밀하게, PR의 용매 및 기본 조성분과 용해된 상태로 존재하

는 것이 아니라 분산된 상태로 존재하게 된다. 따라서, 형성된 막 또한 균일한 상태가 아닌, 안료 입자와 binder polymer가 상 분리된 상태로 존재하게 된다. 안료 입자는 초기 분산 상태에 의존해서 그 크기가 달라지는데, 입자 크기가 가시광을 산란시킬 정도의 크기가 되면 편광되어 입사되는 빛을 산란시킴으로써 polarizer의 광축에서 틀어진 상태의 빛의 함량을 증가시키게 된다. 이러한 현상은 LCD 특성으로 보자면 contrast ratio를 저감시키는 결과를 초래하는 치명적인 요인이 된다. 특히 color PR의 제조에 있어서 안료 입자를 얼마나 작게 (즉, 가시광 파장보다 훨씬 작은 크기) 분산시키느냐가 매우 중요하게 요구되는 기술이다.

가능한 자연 색 그대료를 화면에 구현 시키기 위해 color PR에 들어가는 안료의 개발이 꾸준히 연구되어 오고 있다. 그러나, 색도만을 고려한 안료의 개발은 성분간의 용해도를 악화시키는 경우가 생길 수 있다. 이는 곧 용액의 분산 안정성을 저하시켜 빛의 산란을 가져오고 contrast ratio를 저하시키는 결과를 초래할 수 있다. Color PR의 가장 중요 기능

표 4. 포토레지스트 용도에 따른 주요 구성 성분

Applications	Main Components
Overcoat / Column spacer	Binder+MM+PI
Color Pixel	Binder+MM+Color pigment+개시제
Black Matrix	Binder+MM+Black pigment+개시제

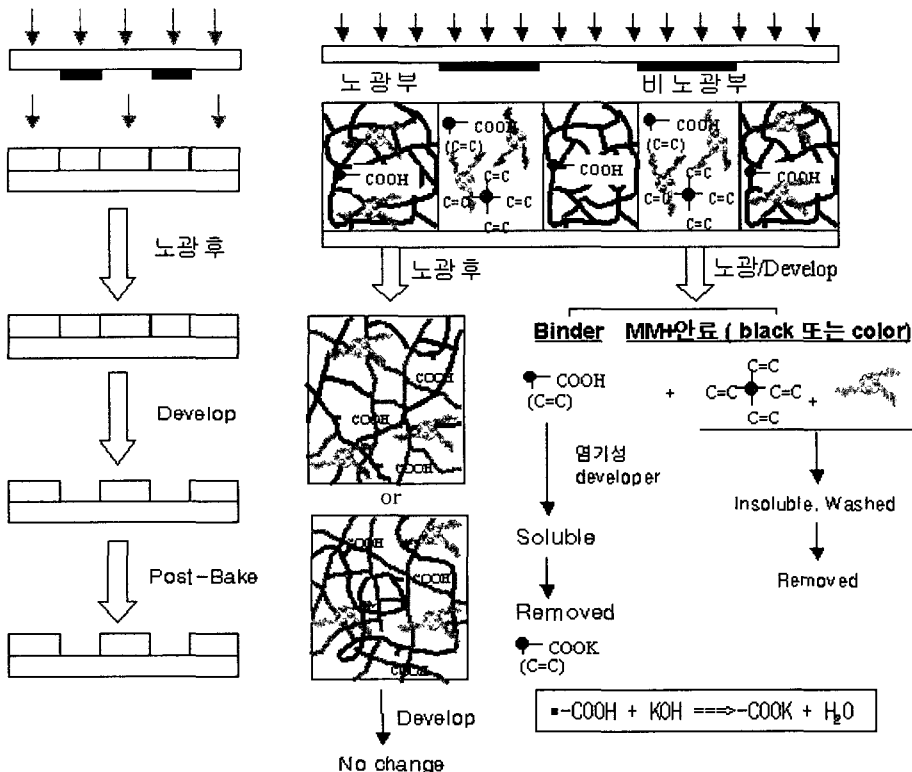


그림 10. Negative photoresist의 patterning 공정원리.

이 요구 spec에 맞는 색좌표를 구현하는 것임에는 틀림없으나, 이로 인해 다른 중요 LCD 성능을 저하시키는 반대 효과가 발생하지 않도록 함은 물론 오히려 함께 개선시킬 수 있는 분자 설계 및 조성비 결정이 매우 중요한 과제이다.

5. 차세대 LCD 재료

이상으로 LCD에 사용되는 부품들 중 몇몇 중요 부품을 구성하는 유기 재료의 특성에 대해 살펴 보았다. 현재까지 개발된 재료의 수준에 따라 LCD의 성능도 딱 그만큼 와 있다고 보면 그리 틀린 말은 아닐 것이다. Mother glass의 크기가 점점 커져 (예를 들어 7세대 glass는 2×2 m 수준이다). 공정은 까다로워 지고 있는데, 고객의 요구 수준은 높아지고 다른 display와의 경쟁은 가격 하락을 부추기고 있다. 따라서, 공정적인 난이도는 줄이고, 수율은 높이며, 성능은 향상시키고, 제조 비용은 절감할 수 있는 재료 및 공정 개발이 절실하다.

대형화에 따른 가장 큰 문제 중의 하나인 rubbing 공정을 대신할 non-rubbing 공정이라든가, spin 또는 spin-less coating 대신 ink-jet이나 off-set 방식을 적용한 C/F 제조 등의 기술 개발이 진행되고 있는데, 이 또한 재료 개발이 뒷 받침되어야 하는 기술들이다. 특히 광배향에 의한 배향막 제조 기술은 rubbing 과정이 필요하지 않다는 점에서 많은 관심을 받아 오고 있는데, 이 기술의 성공 여부는 사실상 재료 개발에 전적으로 달려 있다. 또한 flexible display에 대한 요구는 glass 기판을 대체할 plastic 기판의 개발을 이끌었고, metal로 구성된 현재의

TFT를 대체할 전도성 유기 재료의 개발 또한 활발하게 진행되고 있다. 또한 외부 부착형 polarizer가 갖고 있는 여러 문제점을 보완하기 위한 신재료 개발에 대한 연구 결과도 꾸준히 보고되고 있는데, 셀 내에 직접 코팅하여 polarizer의 기능을 할 수 있는 기능성 액정의 개발이 기대된다. 이 외에도 성능, 비용, 공정성 측면에서 기존 재료를 보완, 개선하고자 하는 노력이 다양한 분야에서 이루어 지고 있다.

이렇듯, LCD의 성능 및 품질 향상에 있어 어느덧 신유기 재료, 특히 고분자 재료의 개발은 필수 불가결한 전제 조건이 되고 있다. 이는 비단 LCD의 경우 뿐 아니라 OLED와 같은 다른 분야의 display 개발에도 해당된다. Display의 성능 향상에 대한 요구는 재료 개발보다는 항상 빠른 속도로 되고 있고 그 요구 사항 또한 갈수록 다양화되고 있다. 따라서, 지금까지 보다 더욱 빠른 재료 개발이 요구되며, LCD 품위를 한 단계 up-grade 시킬 수 있는 smart material의 개발 소식을 곧 접하게 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. J. A. Castellano, *Handbook of Display Technology*, Academic Press Inc., UK (1992).
2. B. O. Myrvold, *Liq. Cryst.*, **3**, 1255 (1988).
3. 차혁진, *한국정보디스플레이학회지*, **2**(1), 52 (2001).
4. J. Cognard, *Mol. Cryst. Liq. Cryst., Suppl.*, **1**, 1 (1982).
5. B. O. Myrvold, *Liq. Cryst.*, **3**, 1255 (1988)
6. I. Hirose and H. Miyairi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **368**, 565 (2001).
7. T. Yamazaki, *et al.*, *Color TFT Liquid Crystal Displays*, Edited by SEMI Standard FPD Technology Group.