특 집

액정표시소자용 고분자 박막 소재

이미혜

1. 서론

TFT-LCD(thin film transistor liquid crystal display)를 중심으로 하는 평판디스플레이 산업은 21세기 정보화 산업을 선도하는 핵심 부품 산업으로 그 중요성이 확대될 전망이다. 현재 LCD 산업은 우리나라가 세계적인 경쟁력을 가지고 있는 손꼽히는 산업으로 삼성전자 및 LG Philips LCD가 세계 1, 2위를 다투고 있으며 이들 회사에서는 세계 시장에서의 확고부동한 위치 선점 및 경쟁력 확보를 위하여 생산성의 증대에 힘쓸 뿐만 아니라 한편으로는 고부가가치 LCD의 개발에 전력을 기울이고 있는 실정이다. 현 디스플레이 산업에서 가장 해결해야 할 문제점은 휘도의 개선, 광시야각 기술, 응답 속도증가 및 생산성 향상 등이 대표적이다.

액정 분자의 전압 응답 현상에 기인한 광투과도의 차이에 따라 화상이 표시되는 액정표시소자 (LCD)의 성능 향상을 위해서는 신규 구동 모드의 개발과 함께 이에 대응할 수 있는 유기 고분자 소재들의 고기능/고성능화가 크게 요구되고 있다.

고기능성 유기 고분자 소재는 고투명, 고내열, 저유전율 특성 등 물질 자체의 특성을 살려 고휘도, 광시야각, 응답속도를 개선한 디스플레이 신기술에 적용 가능할 뿐만 아니라 spin coating 등의 방법으로 손쉽게 제막할 수 있는 공정상의 이점도 가지고 있어 기존의 SiN_3 등의 무기 절연재의 적용시 필요한 진공 설비 등 고가의 장치비를 절약할 수 있다.

LCD용 고분자 소재로서 사용되기 위해 요구되는 중요한 특성으로는 가시광선 영역에서의 높은 광투과성, LCD 제작 공정에 견딜 수 있는 내열성 (200 ℃ 이상), 절연 특성 및 평탄화 특성 등을 들 수가 있다.

현재 LCD에 적용되고 있는 대표적인 유기 고분자 소재는 액정 배향 기능을 갖는 액정배향막 (LC alignment layer), 평탄화층 (over coat), 고분자 스페이서 (polymeric spacer), 층간절연막 및 플라스틱 기판 등으로 다양하며, 요구 특성은 고분자 소재의 고기능화 기술에 의해 충족이 가능하다.

본 특집에서는 현재 연구 개발이 수행되고 있는 LCD용 고분자 박막 소재의 종류와 특성 및 신규 LCD 모드의 개발을 가속화할 수 있는 신기능 고분자 소재의 연구 동향에 대해 소개하고자 한다.

2. 본론

그림 1에 도시하고 있듯이 현재 LCD를 구성하고 있는 화학 소재는 액정, 액정배향막, 유기 절연

이미혜
1983 서울대학교 화학교육과 (학사)
1985 한국과학기술원 화학과 (석사)
1991 한국과학기술원 화학과 (박사)
1985~현재 한국화학연구원 화학소재연구부

Polymer Thin Films for Liquid Crystal Display

한국화학연구원, 화학소재연구부 (Mi Hye Yi, Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O. Box 107, Yuseong, Daejeon 305-606, Korea) e-mail:mhyi@krict.re.kr

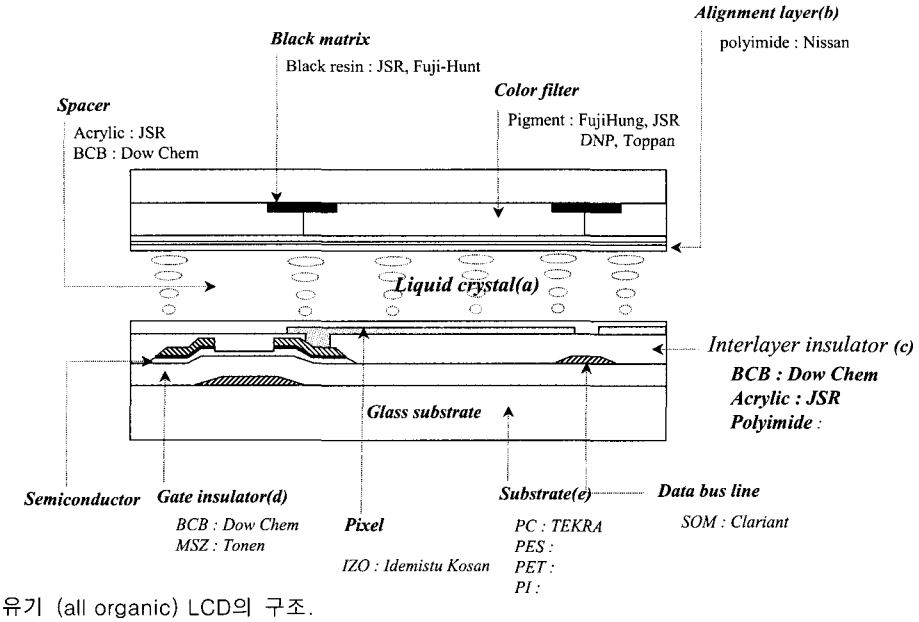


그림 1. 전유기 (all organic) LCD의 구조.

재가 대표적이며, 향후 급속한 수요 증가가 예상되는 전유기 디스플레이의 경우 TFT의 반도체 소재, 게이트용 고유전체 (gate insulator), 전극 및 플라스틱 기판에 유기 고분자 소재가 적용될 수 있다. 본 특집에서는 액정 (a), 액정배향막 (b), 유기 절연재 (c), 게이트용 고유전체 (d) 및 플라스틱 기판 (e)의 요구 특성 및 개발 동향에 대해서 소개하고자 한다.

2.1 액정

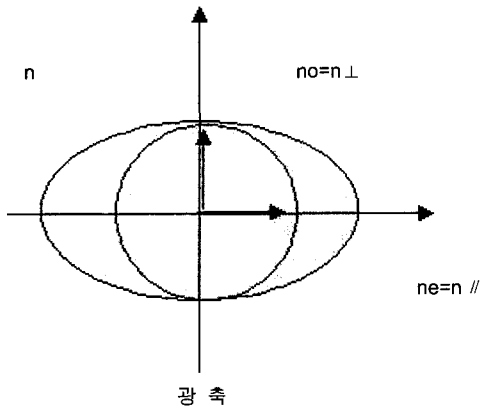
2.1.1 액정이란?

통상의 고체는 승온에 의해 융점에서 투명한 액체로 변화한다. 그러나 특수한 분자구조를 갖는 일군의 물질은 고체로부터 직접 액체로 변화하지 않고 액정이라고 불리우는 중간상태를 점유하면서 액체로 변화한다. 즉, 고체, 액체, 기체의 어느 것에도 속하지 않는 물질의 제 4의 상태라고 불리워지는 이 중간 상태는, 외관적으로 현탁한 액체임과 동시에, 광학적 이방성 결정 특유의 복굴절성을 나타낸다. 이와같이 어떤 온도에서 액체와 고체 쌍방의 성질을 갖는 물질을 액정이라고 부른다. 액정성을 갖는 물질의 대부분은 가늘고 긴 막대모양 혹은 편평한 판상의 분자구조를 가지고 있는 유기화합물로부터 이루어지며, 현재 약 10,000종의 액정물질이 알려져 있다.

2.1.2 액정의 종류 및 형태

길고 가는 막대기 형상을 가진 thermotropic 액정은, 그것의 분자 장축방향과 단축방향의 광학적, 전기적, 자기적 성질에서의 차이를 나타낸다. 또 액정 분자는 서로 분자 축을 따라서 배향하는 성질을 가지고 있으며, 분자 집합 상태의 차이에 따라 nematic(N), smectic(S), cholesteric(Ch) 액정으로 구분된다. N액정은 가장 일반적인 액정이고, 현재 액정 표시소자의 대부분이 이 액정을 사용하고 있다. N액정은 분자 방향에서의 규칙성은 갖고 있지만 분자 중심에 관한 질서는 가지고 있지 않다. 이러한 액정의 평균적인 배향 방향을 director라고 부른다. 액정의 배향은 기판 표면의 상태에 따라 크게 영향을 받는다. 액정 분자를 2개의 기판사이에 위치시켰을 때, 액정이 기판면과 평행하도록 분자축을 배향시킨 상태를 homogeneous 배향이라 부르고, 기판면과 수직하게 분자축이 배향한 상태를 homeotropic 배향이라 부른다. Homogeneous 배향은 기판표면에 도포된 고분자막을 한 방향으로 rubbing 처리하는 것에 의해 가능하다. 또, homeotropic 배향은 장쇄 alkyl기를 갖는 화합물로 기판표면을 처리하는 것에 의해 실현 가능하다.

N액정의 분자 배향은 기질 (substrate)의 표면과 액정 분자 간의 수소결합, van der Waals interaction, dipole-dipole interaction 등과 같은 physicochemical interaction과 액정 분자의 aniso-



tropic elasticity 및 표면의 topology에 관계하는 mechanical interaction에 의해 영향을 받는 것으로 이해되고 있으며, 이 중 physicochemical interaction은 액정분자를 기질 표면에 평행 또는 수직으로 배열하도록 하는데 지배적인 역할을 하고, mechanical interaction은 평행하게 배향하는 경우 분자들의 배열을 결정짓는 보조적인 역할을 하는 것으로 여겨진다.

2.1.3 액정의 복굴절성과 광특성

액정의 중요 특징 중의 하나는 광학적 1축성 결정과 동일한 굴절률 이방성을 기본으로 한 복굴절성 (birefringence, double refraction)을 나타내는 것이다. 1축성 결정은 *no*와 *ne* 두 개의 서로 다른 주굴절률이 있고 *no*와 *ne*는 광의 전기 스펙트라의 진동방향이 결정의 광축에 대하여 직교 혹은 평행한 통상광 (ordinary light) 혹은 이상광 (extraordinary light)의 굴절률이다. N액정과 S액정의 경우는 1축성 결정으로서의 광축은 분자장축 방향의 director n의 방향에 상당하기 때문에 $no = n\perp$, $ne = n\,//$로 된다. 그래서 복굴절성, 즉 굴절률 이방성 Δn은 $\Delta n = ne - no = n\,// - n\perp$이다.

2.1.4 굴절률 이방성과 광학적 성질

액정은 굴절률 이방성에 기인하여 다음과 같은 광학적 성질을 나타낸다.

i) 입사광의 진행 방향을 분자장축의 방향 (director, n)으로 편향시킨다.

ii) 입사광의 편광상태 및 편광 방향을 변화시킨다.

iii) 입사 편광을 좌우의 선광성에 대응하여 반사 혹은 투과시킨다.

이러한 광학적 성질은 LCD 등에의 액정응용에 있어 동작원리로서 매우 중요하다. 액정에 입사한 광이 director n의 방향으로 편향하여 진행하는 것은 액정중에서는 $n\,// > n\perp$가 성립하고, 광속도 v는 굴절률 n에 반비례하기 때문에 n에 평행방향의 $v\,//$가 이것에 직교한 방향의 $v\perp$에 비교하여 빠른 것에 기초한다.

2.1.5 유전율 이방성과 분자 배향

전장 인가의 경우에도 액정분자 배열의 변화와 이것에 수반하는 광학적 성질의 변화가 발생한다. 이것은 액정의 분자축 방향의 유전율($\varepsilon\,//$)과 이것과 직교한 방향의 유전율 ($\varepsilon\perp$)이 다르기 때문이다. 이 유전율 이방성 $\Delta\varepsilon(=\varepsilon\,// - \varepsilon\perp)$은 액정소자로의 다양한 응용에 있어서 중요한 전기광학적 효과를 담당한다. 액정의 $\Delta\varepsilon$는 정 혹은 부이고 이는 액정의 분자 구조에 기인한다. 즉, 이들은 액정분자의 분극률 (polarizability, α)과 영구자기모멘트 (permanant dipole moment, μ)의 분자장축에 대한 방향과 크기에 의해 결정된다.

$$\Delta\varepsilon = 4\pi NhF[\Delta\alpha - F\mu^2/3kT\,3/2(1-3\cos^2\beta)]S$$

즉, 유전율 이방성 $\Delta\varepsilon$를 갖는 액정에 직류전장 E를 인가한다면 electric energy density (fe)가 생성된다.

$$fe = -(1/2)\varepsilon\perp E^2 - (1/2)\Delta\varepsilon\,(n.E)^2$$

$\Delta\varepsilon > 0$인 액정의 경우 강도를 초월하는 전장이 인가된 경우, 분자장축이 전장에 평행하도록 배열한다. 이것은 p형 액정의 경우, n과 E가 평행일 때 fe가 최저값을 갖기 때문이다. $\Delta\varepsilon < 0$인 액정의 경우, n과 E가 수직일 때 fe가 최저값을 갖게 된다. 기저상태에 있는 분자배열이 전장 인가에 의해 변형을 받을 때, 전 자유에너지 F 는 전기적 에너지 fe와 탄성 에너지 fd의 합의 체적적분으로 표시할 수가 있다.

$$F = \int (fd + fe)\,dr$$

전장 인가 하에서의 액정의 실제적인 분자 배열과 분자배열 천이의 임계전압 Ec는 다음과 같으며, V_{th}는 다음과 같이 표시된다.

$$Ec = \pi/d\,(kii/|\Delta\varepsilon|)^{1/2}$$

$$V_{th} = \pi\,(kii/|\Delta\varepsilon|)^{1/2}$$

2.1.6 자발분극과 분자배향

Sc^*, S_H^*, S_I^* 등의 기호로 표시되는 일군의 chiral smectic 액정은 분자장축이 smectic 분자층의 법선 방향과 일정각도로 경사된 구조를 하고 있으며, 게다가 경사방위가 층의 법선을 축으로 하여 일정각도 만큼 회전한 chiral 구조를 형성하고 있다. 이들은 분자장축과 지교방향으로 적당한 영구쌍극자가 부과된다면, 자발분극을 나타내는 강유전성 액정이 된다.

2.1.7 AM (Active Matrix)-LCD용 액정재료에 요구되는 물성

액정재료에 요구되는 물성은 LCD 모드에 따라 다르고, LCD 모드가 같다 하더라도 셀의 두께와 배향막이 다르고, 게다가 구동 조건이 다르기 때문에 액정재료의 요구특성은 매우 광범위하다. 이러한 다양한 요구특성을 단순한 단일 화합물로 만족시키는 것은 매우 어려우며, 따라서 10~20 종류의 화합물을 혼합하여, 소정의 물성을 실현하고 있다. 특히 AM-LCD에는 일반적으로 열과 광에 대해 높은 신뢰성이 요구되기 때문에, 신뢰성이 우수한 불소계 화합물이 주로 사용되고 있다. 현재 AM-LCD의 저구동전압화 및 고속응답화가 주요 요구사항이며, 이의 실현을 위해 다양한 액정재료가 개발되고 있다.

2.1.7.1 고신뢰성

AM-LCD용 액정재료는 인가된 전압이 일정 주기 동안 전압을 유지하기에 충분한 비저항치가 요구된다. 또한, 비저항치의 저하는 전압보유율의 저하 및 대비비 (contrast)의 부분적인 이상 등을 야기하기 때문에, 비저항치의 내열/내광 안정성도 요구된다. 저항치의 내열/내광 안정성에 관해서는 불소 치환계가 cyano 치환계 보다 우수하다. 또 수직배향 (vertically aligned mode, VA) 모드용의 negative birefringence를 갖는 액정재료에 있어서는 비저항치 및 안정성이 우수한 재료는 드물고 최근 개량연구가 진행되어 실용화되고 있다.

또 표시의 불량에 관계되는 잔류 DC(residual direct current)의 경우 액정 셀 내의 이온의 거동모드에 있어서, 이온밀도와 이동도의 관점으로부터 이론적인 해석이 진행되었으며 DC는 액정 셀 내의 총전기량과 관계된다.

2.1.7.2 저구동전압

LCD의 구동전압은 다음의 식과 같이 액정의 유전율이방성과 탄성정수에 의해 크게 영향받는다.

$$V_{th} = \pi (K/\varepsilon_0 \cdot \Delta\varepsilon)^{1/2}$$

$K=K_{11}+(K_{33}-2K_{22})/4$, K_{11}, K_{22}, K_{33}는 spray, twist , bend 탄성정수

2.1.7.3 고속응답

고속응답을 실현하기 위한 액정의 물성으로서는 낮은 회전점성 γ_1이 요구된다.

$$t_{on} = \gamma_1 d^2 \{\pi^2 K(V^2/Vo^2-1)\}^{-1}$$
$$t_{off} = \gamma_1 d^2/\pi^2 K$$

점성의 분자구조 의존성은 분자길이의 계산치와 관계가 있고, 저점성을 얻기 위해서는 분자길이가 짧을수록 유리하다. 특히 저전압구동형 액정에 있어서 점성은 증가하는 경향이 있고 저점성화가 요구된다. 즉, V_{th} (threshold voltage)가 작은 물질은 일반적으로 γ_1가 큰 경향을 나타내고 있으나 저 V_{th}/γ_1를 겸비한 물질도 존재한다.

2.2 액정배향막

대형화면 TFT-LCD를 상용화하기 위한 중요한 요구 특성 중의 하나로서 광시야각화가 요구되고 있다. 시야각을 확대하기 위한 방법으로 보상 필름에 대한 연구와 함께 광시야각용 액정배향모드에 대한 연구가 수행되고 있다. 즉, 화소를 여러 영역으로 나눠 액정의 배향방향을 달리하는 멀티도메인 모드 (multi-domain mode), 액정 배열방향을 수직화하는 수직배향모드 (VA mode), 및 하나의 평면에 두 전극을 위치시키는 IPS (in-plane switching)모드가 연구 개발되고 있으며 이의 성공적인 수행을 위해서는 신규 모드에 대응할 수 있는 신규 액정배향막의 개발이 매우 중요하다. 특히 수직배향 기술은 TN (twisted nematic) 모드의 약점을 개선하기 위하여 개발된 차세대 배향 기술로서, 높은 대비비와 빠른 응답속도를 실현할 수 있어 대형화면용 LCD로서 주목받고 있다. VA 모드는 기존의 TN 모드와는 달리 전압 인가에 의해 액정분자가 수직으로부터 수평으로 배향 상태가 변화하는 특징을 가지며, 이를 위해서는 안정한 수직배향성능을 갖는 배향막이 필수적으로 요구된다.

VA 모드형 LCD는 일본의 후지쯔사에 의해 4분할 multi domain형 LCD (MVAN-LCD)가 개발되었으며, 좌우상하 시야각 140°, 응답속도 25 ms의 우수한 특성을 나타내고 있다. 국내의 경우 삼성전자에 의해 patternned vertical alignment (PVA) 광시야각 기술이 개발되었으며, 이 기술에 의하면 매우 높은 대비비와 투과도, 27 ms 정도의 빠른 응

답속도 등이 가능하며, 상하좌우 160° 이상의 광시야각 특성을 갖고 있다. 현대전자는 VA 모드와 fringe field switching (FFS) 기술을 병행하여 고투과도, 광시야각, 낮은 신호간섭 (cross talk), 빠른 응답속도 및 작은 색변이 (color shift) 등의 특징을 갖춘 LCD를 개발하였다. 이처럼 LCD의 광시야각화를 위한 연구 개발은 기존의 수평배향모드로부터 수직배향모드로 구동 기술이 변화되고 있는 추세이며, LCD의 구동 모드가 변화됨에 따라 사용 소재의 요구 특성도 변화되고 있다.

2.2.1 액정배향막이란?

LCD의 구성재료 중 액정배향막은 액정분자와 접하여 액정분자를 균일하게 배향시키는 역할을 담당하고 있다. 배향막의 액정배향 특성 및 박막으로서의 전기적 특성은 LCD의 표시 품질을 좌우한다. 이 때문에 LCD의 표시 고품위화에 수반하여 배향막으로의 요구성능도 보다 고도화되고 있다.

2.2.2 액정 배향막의 종류

액정의 배열상태는 배향막에 대한 액정의 각도 (선경사각, pretilt angle)와 상·하 기판 사이에서 액정분자의 뒤틀림각으로 표시되며, **그림 2**에서 보여주는 바와 같이 크게 twisted nematic (TN)형, super twisted nematic (STN)형 및 vertical alignment (VA)형으로 분류된다. 대표적으로 TN형 LCD의 단면도를 **그림 3**에 도시하였는데, LCD 기판은 광의 투과를 제어하는 편광판, 투명전극인 indium tin oxide (ITO), 전극의 on·off를 제어하는 thin film transistor (TFT), 색깔을 표시하는 컬러 필터, TFT 부분에서의 빛의 유출을 차단하기 위한 black matrix (BM) 및 액정 분자로 구성되어 있다. 배향막은 ITO 기판의 내측에 배치되어 액정분자 직접 접촉하고 있는데 이 때문에 액정배향막은 표시의 대비비 및 전기광학적 특성 등 LCD의 품위에 관계되는 파라미터를 지배하는 중요한 역할을 담당한다. 액정의 구동 모드에 따른 배향막의 특징과 개발 방향은 아래와 같다.

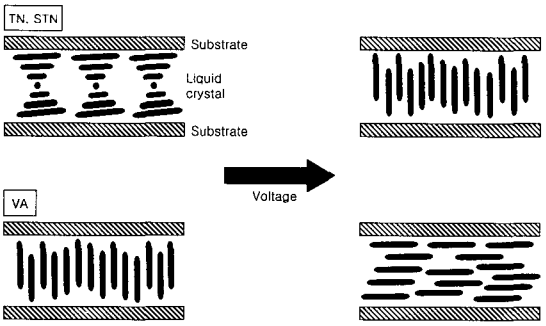


그림 2. LCD 구동 모드의 분류.

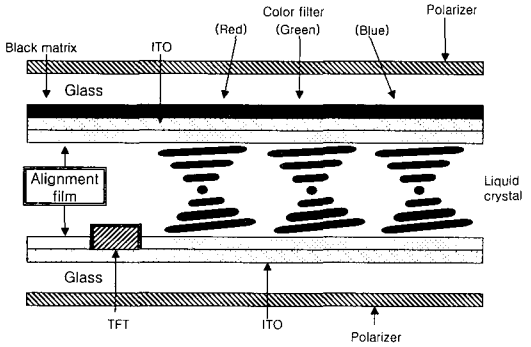


그림 3.TN-LCD의 단면도.

2.2.2.1 TN형 배향막

근년, TN-LCD는 대형화 고정세화가 추진되어, 브라운관에 손색없는 고품질의 제품을 제공하고 있다. 그러나 장시간 사용시 발생하는 소부현상이 해결되어야 할 문제점으로, 이 현상은 판넬 내부에서 발생되는 직류전계에 기인하며, 배향막의 제물성과 관계된다. 액정 셀 내에서의 직류전계의 발생 기구를 **그림 4**에 나타내었다. 즉, 구동 파형의 직류전계 성분에 의해 액정 층 내부에 존재하는 불순물 이온이 분극함에 따라 배향막 고분자에 배향분극이 발생하게 되며, 이들 분극은 외부전계를 차단한 후에도 잔류하여, 액정층에 실제적인 내부직류전계로 작용하는 것으로 생각되어 진다. 이러한 잔류직류전계를 경감하기 위해서는 i) 배향막재료에 함유되어 있는 불순물 이온의 양을 저감하거나 ii) 배향분극을 억제시키도록 분자설계를 행할 필요가 있다.

2.2.2.2 VA형 액정배향막

TN 모드의 약점인 시각특성을 개선하기 위하여, 최근 각종 새로운 모드가 제안되었으며, 이의 일부는 제품화가 추진되고 있다. 이중에서도 수직배향모드는 높은 대비비와 빠른 응답속도를 실현할 수

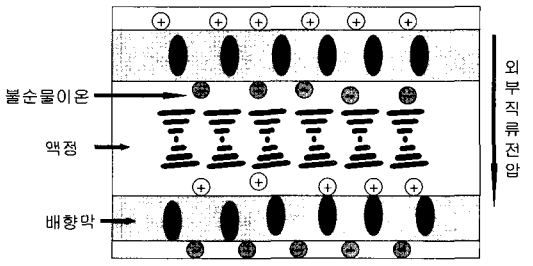


그림 4. 액정 cell 내에서의 직류전계의 발생 기구.

있어, 고품위 LCD로서 주목되고 있다. VA 모드는 TN 모드와는 달리 전압 인가에 의해 액정분자가 수직으로부터 수평으로 배향상태가 변화하기 때문에 안정한 수직배향성능을 갖는 배향막이 요구된다. 액정분자의 수직배향의 달성에 있어서는 액정분자와 배향막 고분자와의 배제 체적효과가 중요한 것으로 보고되고 있다. 즉, 계면에 돌출한 배향막 고분자 측쇄에 의해 액정분자는 수직으로 배향하게 된다.

수직배향형 액정배향막의 요구 특성으로서는 i) 85° 이상의 높고, 안정한 선경사각 (pretilt angle)의 발현, ii) 광시야각화를 위한 multi domain의 형성 공정에 대한 안정성, iii) LCD의 장시간 사용시 발생하는 소부 현상의 저감 등이 대표적이다. 이의 달성을 위해서는 단량체 혹은 고분자에 측쇄의 도입, 포토리소그래피 공정에 대한 내성을 부여하기 위한 측쇄형 가교기 함유 단량체의 사용, 배향막 재료에 함유되어 있는 불순물 이온의 저감 기술 개발 및 배향의 분극의 억제를 위한 분자 설계 연구가 수행되고 있다.

2.2.2.3 광배향막

대부분 LCD 모드에 있어서 액정배향은 고분자 배향막을 러빙처리함에 의해 이루어지는데, 러빙공정은 잘 알려진 바와 같이 분진, 정전기 발생 등의 문제를 내포하고 있다. 최근, 러빙공정을 행하지 않는 액정배향법으로서 자외선 영역의 직선 편광 조사에 의한 광배향법이 주목받고 있다. 광배향법은 LCD의 고정세화에 수반하는 화소의 미세화 및 광시야각화에 필요한 화소의 배향 분할이 가능하다. 광배향법으로는 입사직선 편광에 의해 야기되는 각종 광화학 반응으로는 광이성화, 광분해 광이량화 등이 있다. 그러나 광이성화 반응에는 역반응의 영향, 광분해 반응에는 분해생성물에 의한 액정층의 오염 등의 단점이 있는 반면, 광이량화 반응에 있어서는 초기 polyvinylcinnamate가 검토되었으나, 사용하는 자외선의 파장이 짧기 때문에 범용 대형 노광장치가 사용되기 어려운 등의 대량화에 문제가 있다. 그리하여 사용 자외선 파장을 장파장화하기 위해 carcone계 고분자가 검토되고 있는 데 carcone계 고분자에서는 polyvinylcinnamate계에 비교하여 흡수 파장이 장파장이고, 장파장의 자외선 조사에 의해서도 광이량화 반응이 효율적임이 관찰되었다.

표 1은 300 nm이하의 파장영역을 함유하는 통상 자외선 조사를 행한 경우와, 300 nm 이하의 파장을 차단한 자외선 조사를 행한 경우의 액정 셀의 이색비이다. 통상의 자외선 조사로는 polyvinylcinnamate, carcone계 폴리머도 충분한 이색성비를 나타내지만, 공업화에 유리한 300 nm 이상의 자외선 조사로는 carcone계 고분자만이 큰 이색성비를 나타내었다.

2.2.3 액정배향막의 요구 특성

액정배향막용 재료로서의 요구 조건은 액정을 배향시키는 기능성 박막으로서의 역할과 함께 **그림 5**에 도시한 바와 같이 LCD의 제작공정과 밀접한 관계가 있다. 배향막 재료의 대표적인 요구 특성으로는 투명성, 박막 코팅성, 저온소성, 내열성, 기계적 강도, 화학적 안정성, 액정배향성, 적절한 선경사각 및 전압보유율 등을 들 수 있으며, 내열성, 내화학성 및 우수한 기계적 성질을 보유한 폴리이미드 수지가 널리 사용되고 있다. 이하 각각의 요구 특성에 대해 간단히 서술하도록 한다.

2.2.3.1 투명성

배향막에 의한 가시광선의 흡수는 LCD의 투과율을 저하시키기 때문에 배향막으로 사용되는 고분자 박막 자체가 양호한 투명성을 보유해야 하며, 일반적으로 400 nm 파장에서 95% 이상의 광투과율이 요구된다.

2.2.3.2 도포방법과 후막 형성

배향막을 기판 상에 형성시키는 방법은 건식법과

표 1. 광배향막에서의 액정배향특성의 비교(이색비)

고분자	일반 UV (파장:300 nm 이하)	장파장조사 UV (파장:300 nm 이상)
PVCi	0.43	0.04
Carcone 계 고분자	0.32	0.45

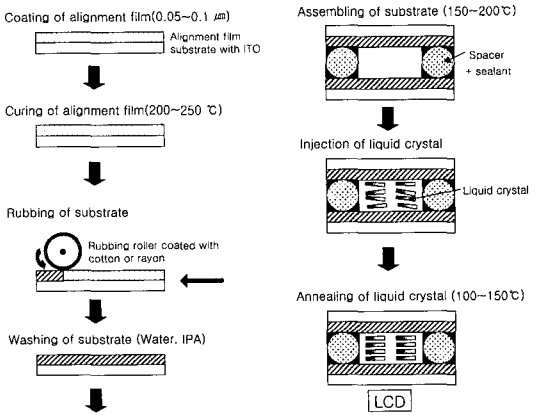


그림 5. LCD의 제작 공정.

습식법이 사용될 수 있으나, 진공공정이 요구되지 않는 습식법이 양산에 적합하다. 습식법으로는 테이프법, 스핀코팅법 및 옵셋인쇄법 등이 가능하나 후막균일성이 우수하고 배향막 용액의 손실이 적은 옵셋인쇄법이 주로 적용된다. 이 때 용매에 대한 고분자의 용해도, 점성 등이 적절히 조정되어야 하며, 배향막에 의한 인가전압의 강하를 방지하기 위해 0.05~0.1 μm의 두께가 요구된다.

2.2.3.3 내열성

배향막의 소성 및 러빙 후 상·하 기판을 압착시키기 위한 실링제의 접착 공정온도는 150~200 ℃ 정도로서, 이 공정 도중 배향막의 배향 특성이 저하되는 현상을 방지하기 위해 250 ℃ 이상의 내열성 (유리 전이 온도)을 가지는 박막이 요구된다.

2.2.3.4 액정배향성

액정의 배향성은 표시결함이 없는 LCD의 제작에 필수 불가결한 요소이다. LCD의 품위는 일반적으로 흑·백 표시시의 광투과율의 비 (대비비, contrast)로 표시되며 고품위의 LCD를 구현하기 위해서는 통상 200 이상의 값이 요구된다. 이때 액정의 배향성은 배향막을 러빙 처리함으로써 발현된다.

2.2.3.5 선경사각(ϕ_p, Pretilt Angle)

배향막과 액정분자의 계면에서 생성되는 선경사각은 전압 인가시 LCD의 품위를 결정하는 주요인자로서 **그림 6**에 표시한 바와 같이 선경사각이 0°인 경우 (a) 전압인가시 액정분자가 일어서는 방향을 제어할 수가 없게 되고, 그 결과 액정 도메인 사이에 disclination이라고 하는 표시불량현상이 발생한다. 따라서 선경사각의 정밀한 제어가 요구되며, 이는 LCD의 구동 모드에 따라 서로 다른 값이 요구된다. 즉, TN 모드의 경우 1~5°, STN 모드의 경우 4~7°가 적합하며, 반면 VA 모드의 경우에는 85~90° 정도의 선경사각이 필요하다.

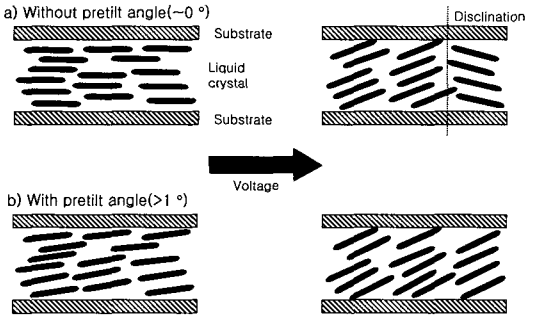


그림 6. 선경사각과 액정 도메인 형성과의 관계.

2.2.3.6 전압보유율(VHR, Voltage Holding Ratio)

그림 7에 도시한 바와 같이 고화질 LCD의 경우 TFT의 on·off 신호에 의해 60 μsec 주기의 펄스 전압이 화소 전극에 인가되어 액정분자를 구동한다. 이때 펄스 전압을 LCD 화면 전체의 화소전극에 전달하기 위해서는 16.7 msec 정도의 일정 주기가 필요하게 되는데, 이동안 인가된 전압을 초기 수준으로 유지시키는 것이 요구된다. 즉, 전압보유율은 일정주기 동안 초기에 인가된 전압을 어느 정도 유지하고 있는가를 나타내는 값이다. 일반적으로 높은 전압보유율을 얻기 위해서는 액정 전극 간의 저항치를 높이는 것이 가장 중요하며 이를 위해서는 높은 비저항을 갖는 액정의 사용이 반드시 요구되나 배향막의 분자구조와도 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 보고되고 있다.

이 이외에도 배향막에 요구되는 박막 특성으로는 러빙 공정에 견딜 수 있는 우수한 기계적 특성과 (인장 강도>1,000 kgf/cm^2, 신장율R : 15~20%) 러빙 후 세정공정에 (isopropyl alcohol에 대한 내화학성 등) 안정한 내용제성 등이 있다.

상기와 같은 요구조건에 대응하기 위해 시도되어 온 TFT-LCD용 배향막 재료의 개발 경위를 정리하면 **표 2**와 같다.

2.2.4 액정배향막 산업의 특징 및 시장

2.2.4.1 액정배향막 산업의 특징

액정배향막은 대부분이 폴리아믹산으로부터 제조되며, 코팅 후 가열함으로써 배향막으로서의 우수한 특성을 나타내는 폴리이미드로 전환된다. 폴리아

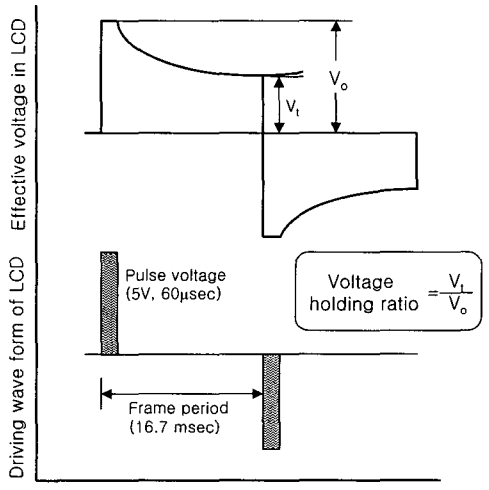


그림 7. 전압보유율의 정의.

표 2. 액정배향막 재료의 개발 [1998, 기능재료, 18(11), 23]

년도	요구 특성	분자설계	실용화된 배향막의 구조
1984	· 저온처리 (CF의 내열성) · 전압보유율	· 가용성 PI · 비전자공역계	· 지방족산/방향족 아민 가용성 폴리이미드 수지
1990~	선경사각 제어	· 측쇄의 도입	· 측쇄형 지방족산/방향족 아민 함유 폴리이미드
	시야각 개선	· 공정(PR) 용제에의 내성	· 폴리이미드 : 가교기를 도입한 측쇄형
현재	잔상의 개선	· 저극성 · 이온성 불순물의 고속확산	· 폴리이미드 : 지방족산/방향족 아민 (저극성)과 고극성 폴리아믹산의 하이브리드

믹산은 뛰어난 용해 특성으로 인해 고품질의 박막 제조가 가능하며, 단순가열에 의해 안정한 구조의 고리 구조로 전환되는 특징이 있다.

그러나, 폴리아믹산은 저장 기간이 2~3주 정도로 짧아 매주 최종사용업체에 공급되어야 하는 품질관리상의 어려움이 있으며, 신규 배향 모드의 개발에 따라 다양한 기능이 보완되어야 한다.

따라서 신규 배향 모드에 즉시 대응할 수 있는 신규 배향막의 개발은 첨단 기술의 선점에 의한 국제 경쟁력을 크게 높일 수 있는 분야이다. 또한 고부가가치 첨단 소재로서, 사용량이 수 kg/월 정도이기 때문에 낮은 설비 투자로서 생산이 가능한 잇점이 있다.

액정배향막은 LCD 생산업체의 생산 공정 조건 (저온 소성 혹은 고온 소성), 액정의 사양 (TFT, TN, STN)과 구동 방식 (VA, IPS)에 따라 공급업체가 결정되며, 배향막의 선정 기준은 성능과 가격이 각각 50% 정도씩 작용한다. 따라서, 액정배향막의 개발을 위해서는 폴리아믹산의 특성 최적화 및 저가격화가 매우 중요한 요인이다.

2.2.4.2 액정배향막의 시장

LCD는 일본의 기업에 의해 상업적으로 개발되었으며, 따라서, LCD 관련 소재의 대부분을 일본 기업이 독점하고 있다. 액정배향막 시장도 마찬가지로 일본의 제조업체들이 중국, 한국, 아시아 시장을 점유하고 있다. 선진 기술을 확보한 일본 내 판넬 제조업체와 소재 제조업체 사이의 정보 공유를 통한 공동 연구 체계의 구축이 가장 큰 성공 요인으로 사료된다. 액정배향막 시장은 현재 일본 업체의 독점성이 강하며, 특히 폴리아믹산 용액의 고순도화 기술은 일본 업체만이 기술을 보유하고 있다. 중국, 동남아시아의 경우 TN용 배향막을 자체 생산하고 있으나, STN의 경우에는 일본 업체의 의존성이 강하다. TN용 배향막을 대량 생산하는 중국의 경우, STN용 배향막의 개발 연구를 추진 중에 있으며, 현재는 Nissan Chemical 제품이 중국 및 아시아에서 사용되고 있다.

배향막의 시장은 수량으로는 소형 TN형이 50% 정도를 점유하고 있지만, 배향막의 수요는 대화면 STN 및 TFT LCD에 집중되고 있다. 향후에는 일본, 한국 및 대만을 중심으로 TFT LCD용의 수요가 급증할 것으로 예상되며, 아시아에서는 TN형에서 STN으로의 변환이 증가하여, STN형 배향막의 수요가 커지리라 예상된다. 현재 상용되는 배향막의 성능면으로 볼 때 STN용은 Nissan Chemical, TFT LCD용은 JSR 제품이 우수한 것으로 알려져 있다.

국내 TFT LCD 시장의 경우, 삼성전자 및 LG 필립스 LCD가 세계 제 1,2위의 생산 업체로 부상하여, 전세계 생산량의 40%를 차지하고 있으며, 2005년 경에는 일본과 대등한 위치의 LCD 생산국으로 부상할 것으로 예상된다. 따라서, LCD 제조의 핵심 소재인 배향막 시장도 크게 성장할 것으로 사료된다.

2.2.5 국내 · 외 관련기술의 현황

2.2.5.1 국내 기술 동향

삼성전자의 광배향 기술, PVA 기술, 현대전자의 FFS 기술 등 구동 모드에 있어서는 경쟁국인 일본을 앞서가는 수준에 다다르고 있다. 반면, LCD 제조용 소재의 개발 연구는 매우 미진한 상황이나, 최근 들어, 한국화학연구원과 공동연구를 통해 제일모직(주)에서 TN형 배향막의 생산을 추진하고 있다. 차세대 배향 기술인 수직배향 혹은 IPS형 배향 기술 개발을 위한 배향막 개발 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 현재 한국화학연구원과 제일모직(주)에 의해 연구가 진행되고 있다. 향후 TN LCD용 배향막 연구의 축적된 기술의 활용에 의해 향후 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 사료되나, 아직도 소재 제조 업체와 사용업체간의 긴밀한 협조가 부족한 실정으로 상호간의 정보 교류 및 평가 업무 등의 원활한 수행이 요구되고 있다.

2.2.5.2 국외 기술 동향

LCD는 일본의 기업에 의해 상업적으로 개발되었으며, 따라서, LCD 관련 소재의 대부분을 일본 기업이 독점하고 있다. 액정배향막 시장도 마찬가지로 일본의 제조업체들이 중국, 한국 및 아시아 시장을

점유하고 있으며 선진 기술을 확보한 일본 내 판넬 제조업체와 소재제조업체 사이의 정보 공유를 통한 공동 연구 체계의 구축이 가장 큰 성공 요인으로 사료된다.

액정배향막용 소재 제조를 위한 단량체 제조 기술 및 중합체 용액의 고순도화 기술은 오랜 개발 역사를 가지고 있는 일본 업체가 우위에 있으나, 향후에는 대만, 한국을 중심으로 TFT LCD용의 수요가 증가할 것으로 예상되며, 아시아에서는 TN형에서 STN형으로 변환이 증가하고 있으며, 향후 STN형 배향막의 수요가 증가하리라 예상된다. 성능면으로 볼 때 STN형은 Nissan Chemical, TFT TN형은 JSR 제품이 우선된다. 그러나 첨단 LCD 기술의 지속적인 발전으로 인해 새로운 성능의 배향막이 요구되고 있으며, 이는 신규 배향 기술을 구현할 수 있는 첨단 소재 제조 기술을 보유한 국가가 시장의 주도권을 갖게 될 것으로 예측된다.

LCD 배향막의 선정 요건은 성능 및 가격으로서, 향후 중국, 동남아 및 한국의 기업이 경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

2.2.6 향후 연구 방향

2.2.6.1 광시야각용 액정배향막

액정분자는 굴절률 이방성을 가지고 있고 특히 TN형 LCD의 중간조 표시에 있어서 굴절률의 시야각 의존성이 크다. 이것은 액정분자 자체가 갖고 있는 문제의 하나로서 시야각을 좁히는 최대의 요인이다. LCD의 시야각 의존성을 개선하기 위해서는 굴절률 이방성을 해소하도록 액정분자의 배향상태를 변화시키거나 굴절률 이방성을 보상할 수 있는 매체를 도입하는 것이다. 대표적 광시야각화 방법으로는 (a) 한개의 화소 내에 서로 다른 선경사각을 갖는 배향막을 도입하는 방법, (b) 화소 내에서 액정의 배향방향을 상반되게 만드는 방법 등이 있으며 이를 실현하기 위해서는 요구에 부합되는 특성을 가지는 액정배향막의 개발이 요구된다.

2.2.6.2 비접촉식 액정배향막

현재 액정의 배향은 대부분의 경우 러빙공정을 통해 이루어지고 있으나, 공정 중 먼지의 발생에 의한 배향막의 오염 등의 문제가 있으며, 향후 러빙공정을 대체할 수 있는 비접촉식 액정배향공정의 개발이 요구되어진다. **표 3**에 대표적인 비접촉식 배향 방법을 정리하였으며, 이중에서 편광자외선을 이용한 액정배향 방법이 해상도, 재현성의 측면에서 가장 유망한 것으로 평가되고 있다.

표 3. 비접촉식 액정 배향 방법

Methods
Mechanically expanded polymer film
Film prepared by Langmuir-Blodgett method
Microgroove prepared by photoresist
Ion beam exposure to polymer
Polarized UV exposure to polymer

표 4. LCD 투과율의 저해 요소

저해 요소	광 투과율(%)
Glass substrate	95
Color filter	20
Polarizer	35~36
Aperture ratio	40~60
Total	5~6

2.3 층간절연재

2.3.1 LCD용 층간절연재

그림 1의 LCD 구조에서 보여 주었듯이 LCD 소자의 경우 backlight에서 나온 빛의 대부분이 LCD 판넬을 통과하는 동안 흡수되거나 혹은 차단되어 초기 광의 5~6% 정도만이 투과되어 사용되기 때문에 LCD 판넬의 휘도를 낮추게 된다. **표 4**에는 backlight로부터 나온 광의 투과도를 낮추는 주요 원인을 정리하였는데, 표에서 보여주듯이, 유리기판, 컬러 필터 및 편광판에서 상당량의 빛의 흡수가 일어나며 이 이외에도 LCD 판넬의 낮은 개구율 (aperture ratio)도 광의 투과도를 낮추는 원인이 되고 있다.

그림 8에는 개구율의 증가를 위해서 최근 적용되고 있는 LCD의 구조를 도시하였다. 그림 (a)의 기존 LCD device의 경우 배선 사이의 cross talk를 방지하기 위해 ITO glass와 column line의 동일 평면 사이에 절연층 (passivation layer)을 배치시키고 있는 데 그 결과 상대적으로 넓은 black matrix의 도입이 요구되어 개구율을 감소시키는 원인이 되고 있다. 반면, **그림 8**의 (b)의 경우에는 ITO glass와 column line의 층간에 유전율이 낮은 저유전체 (층간 절연제)를 도입함으로써 black matrix의 크기를 감소시키고 그 결과 개구율을 크게 증가시킬 수가 있었다.

이때 저유전체로는 Si_3N_4와 같은 무기 소재가 대개 적용되고 있으나, 무기 소재의 경우 유전율이 높고, 진공 증착과 같은 고가의 장비가 요구되는

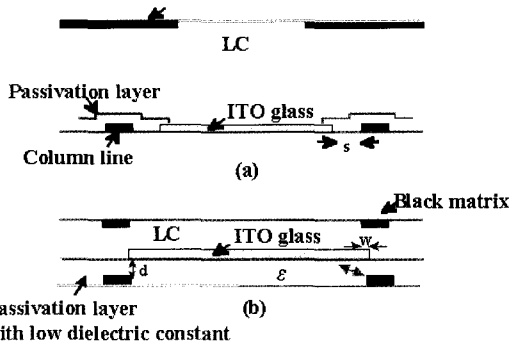


그림 8. 고개구율 LCD의 구조. (a) 기존 LCD device, (b) 고개구율 LCD device.

단점이 있기 때문에 최근 들어 이를 대체할 수 있는 고분자 소재의 필요가 증대하고 있는 추세이다. 뿐만 아니라, 투명 내열 고분자 저유전체는 무기소재에 비교하여 대면적 코팅성이 우수하고, 분자설계에 의한 화학 구조 변화가 용이하여 특성의 제어가 다양하다는 장점이 있다. 따라서, 현재 적용되고 있는 무기 소재를 대체할 수 있는 신기능 고분자 소재의 LCD 적용은 고휘도화, 광시야각화, 저소비전력화 및 생산성 향상에 크게 기여할 수 있으며, 신규 디스플레이 모드의 개발을 가속화할 수 있을 것이다.

2.3.2 기술개발 동향

LCD는 일본의 기업에 의해 상업적으로 개발되었으며, 따라서, LCD 관련 소재의 대부분을 일본 기업이 독점하고 있으며, 이는 선진 기술을 확보한 일본 내 판넬 제조업체와 소재 제조 업체 사이의 정보 공유를 통한 공동연구 시스템의 구축이 가장 큰 성공 요인으로 사료된다. 따라서, 현재까지 LCD용 투명 유기 절연재 제조를 위한 단량체 제조 기술 및 고순도화 기술은 폴리이미드 수지 혹은 포토레지스트 (photo resist, PR) 등 첨단 전자 제품용 소재의 제조 기술을 확보하고 있는 일본 업체가 우위를 차지하고 있다. 대표적인 투명 내열소재 제조업체인 일본의 JSR사는 내열성 투명 감광수지인 OPTOMER PC 및 NN 시리즈를 개발하여 상품화하였으며, 이들 중 네가티브형 감광성 수지인 NN 시리즈는 주로 COG (chip on glass)형 컬러필터의 오버코트제 혹은 텃치판넬 LCD의 스페이서 (spacer)로서 적용되고 있다. PC 시리즈는 포지티브형 감광성 수지로서 주로 아크릴 수지로 구성되어 있다. 용도는 고개구율 구조의 TFT 배선 층간 절연재이며, IPS 모드의 컬러필터 오버코트, VA 모드의 멀티도메인을 위한 protrusion로서의 사용이 가능하며, 표면 평탄성이 우수하고, 접착성 및 내용제성이 뛰어난 반면, 내열성이 뒤떨어지는 단점이 있어 개선을 위한 연구가 수행되고 있다.

현재까지 개발된 대표적인 유기 절연재 중의 하나인 BCB는 Dow Chemical Company에 의해 Cyclotene TM으로 상품화된 대표적인 투명 절연재로서, 전자 및 디스플레이용 평탄화 소재로서 응용되고 있다. BCB는 뛰어난 평탄화 특성 (planarization), 투명성 (optical clarity) 및 내열성을 지니고 있다. LCD용 평탄화 재료로서 BCB의 사용은 STN 혹은 FLCD의 고성능화에 중요한 역할을 담당하며 BCB 코팅의 경우 표면 평균조도는 50 nm 이하이고, 낮은 수분흡수율 (<0.2 wt%) 및 금속 (Na) 이온 차단제의 역할도 한다. 400 nm에서의 광투과도는 99% 이상이고, 연필 경도는 4H 이상, 그리고 낮은 유전상수 (2.65)를 가지는 특성이 있다. 반면, 가격이 고가이고, 작업성에 있어서 문제를 안고 있다.

그러나, 아직도 LCD 공정 및 작동에 있어서 만족할만한 결과를 보이는 층간절연제는 개발되어 있지 않으며, LCD 기술의 급속한 발전으로 인해 기존보다 뛰어난 성능을 가지는 유기절연재가 지속적으로 요구되고 있다.

최근 국내 LCD 기술의 급속한 발전으로 인해 국내 업체가 일본과 동등한 혹은 그 이상의 기술을 보유함에 따라, 다양한 성능의 새로운 고분자 절연소재들의 필요성이 증대하고, 이에 부응하기 위해 신규 첨단 소재의 개발이 가속화되고 있으며, 개발에 참여하고 있는 기관으로는 한국화학연구원, LG화학(주), ADMS 등이 있다.

2.4 전유기 디스플레이 (AOD, All Organic Display)용 고유전체

2.4.1 AOD용 고유전체

유기 반도체 기술은 실리콘 등의 무기 소재 대신 반도체 성질을 가지고 있는 유기화합물을 이용한 전자 소자 기술로서 저온 공정을 통하여 제작이 가능하고 플라스틱을 기판을 사용하기 때문에 유연성이 우수하다는 장점이 있다. 현재 유기반도체 소자의 수준은 이동도, 점멸비, 구동전압, 안정성, 공정적합성 등의 성능 면에서 상업적 응용에는 많은 어려움을 가지고 있기 때문에 소재, 소자, 공정 등에서 많은 연구 개발이 필요하다.

유기물 전계 효과 트랜지스터 (OTFT)에 사용되는 재료는 전극 (source, drain, gate), 높은 열안정성이 요구되는 기판, 높은 절연성과 유전상수를 가져야 하는 유전체 (dielectrics), 그리고 전하 이동을 위한 반도체 (혹은 active materials) 등이 있다.

즉, AOD의 개발을 위해 요구되는 유기소재는 대표적으로 유기반도체, 고유전체, 유기전극 및 플라스틱 기판 등이 있으나, 모든 경우 해결해야 할 기술적인 문제점들을 내포하고 있다. 특히 고유전체의 경우, AOD에서 요구하는 특성을 만족시킬 만한 유기 소재는 개발되어 있지 않은 실정으로, 고성능 고효율의 AOD의 구현을 위해서 연구·개발이 필수적으로 요구되고 있다.

2.4.2 기술개발 동향

AOD용 유기고유체 관련 소재의 국내외 연구동향을 정리하면 **표 5**와 같다.

표 5에서 알 수 있듯이 현재 사용되는 대부분의 절연체는 SiN_x, TaO_x/SiN_x, AlO_x/SiN_x 등으로 대표되는 무기절연체로서 APCVD (atmospheric pressure CVD) 혹은 PECVD (plasma enhanced CVD)법 등과 같은 고온 진공 증착 장비가 요구되며, 단차 피복성 (step coverage) 및 공정의 복잡성에 있어서 많은 문제점을 안고 있다.

뿐만 아니라, 디스플레이용 소재 개발에 있어 가장 어려운 문제는 대부분의 전자용 소재와 마찬가지로 산업 기술에의 의존도가 매우 크다는 점으로, 산업의 발달에 미리 대비한 새로운 소재의 필요성 예견이 중요하다. 따라서, 디스플레이 산업 분야 종

표 5. AOD용 유기고유체 관련 소재의 연구동향

· 국내의 경우

연구기관	기술 수준 (성능 및 사양)	특징(독창성 등)	전망 및 의견
ETRI	기판 : Si, 플라스틱, 유전층 : SiO_2, SiNx, 유기 절연체, 전하 이동도 : 0.8 cm^2/Vs, 점멸비 : $>10^6$	· 정제된 유기반도체 이용 · 유기 유전체·플라스틱 기판 · 배향막 사용·계면 개질	· 트랜지스터 성능의 특성 개선 · 플라스틱 기판 · 성능향상 기술 · 플라스틱 OLED 제작 경험
한국화학연구원	투명도 >90% 유전상수 >3.8 내열성>250 ℃ 인 LCD용 고분자 절연체 개발 중.	· 고유전율 고분자 절연재 구조 도입 · 고내열성 · 내화학특성 우수 · 감광성 보유	· 고분자 구조개선 및 하이브리드화에 의한 유전상수 및 전기적 특성 개선 가능. · 계면 특성 개선 연구 요구. · 패턴형성연구 개선 요구.
LG화학(주)	내열성>200 ℃, 투명도 >90% 하이브리드계 유무기 절연체 개발 시도	· 유/무기 하이브리드화 기술 도입 · Acryl 계 고분자를 matrix로 응용.	· 유기 절연체의 구조 다양화 연구 필요. · 내열성 및 계면특성 개선 연구 요구.
SAIT	유전층 : 유기 절연체, 전하 이동도 : >1.0 cm^2/Vs,	· 고유전율 고분자 절연재 구조 도입	

· 국외의 경우

Type	기술 수준 (성능 및 사양)	연구기관	특징(독창성 등)
무기계	· 유전율 17.3, 16인 BZT, BST 사용 · 작동 전압 : < 5 V	IBM	고유전율 유전체 적용.
	· SiO_x/SiN_x, TaO_x/SiN_x, AlO_x/SiN_x, $BaTiO_3$	기존의 적용 소재.	· APCVD, PECVD 등 고가의 장비사용. · 전기적 절연성 개선 요구 (고내압, pinholeless).
유기계	· Photo acryl, BCB (ε : 2~3.5) · Polar cyano polymer, PVDF(ε : 8~20) · High dielectric materials(ε : 300,000) : delocalization of intrinsic free electrons	· JSR, Dow Chemical Company, · Shizuoka University, The German Plastic Institute, University of Wales · MIT	· 용액 박막 코팅 가능. · 분자 구조 제어에 의한 유전율 개선 가능. · Process에 견딜 수 있는 내열성, chemical stability 요구됨. · Fabrication process와의 compatibility 필요. · 계면 특성 개선 요구.
	· Polyvinylphenol계 고분자 절연체 : All organic 트랜지스터 구성 재료로 응용	Phillips	· All organic 트랜지스터 구현 · 유기 절연체 사용
Hybrid계	· Polymer/ceramic nanocomposite	· Cornell Univ., IBM, Osaka Univ., Dow Corning 등	· ε > 10~75 · 주로 MCM-L technology에 응용됨. · Fabrication process와의 compatibility 필요 · 계면 특성 개선 요구

사자와 소재 제조 연구자와의 상호 정보 교류가 필수적이다. 그러나 국내 대부분의 디스플레이업체의 경우, 관련 소재의 대부분을 국외에서 수입하여 사용하고 있으며, 첨단소재의 국외 의존도가 매우 높은 실정이다. 따라서, 이를 조속히 해결하기 위해서는 국내 전자업체의 적극적인 국산화 의지와 함께 폭넓은 소재 제조 기술의 보유능력이 요구된다. 즉, 소형 아이템 개발을 위한 단기적 목표 설정 및 이의 달성보다는 보다 체계적인 기초 연구 결과의 축적을 통해, 전자기기용 고분자 소재 제조를 위해 요구되는 전반적인 제조 기술의 "pool"을 조성한 후, 필요에 따라 선택·적용하는 것이 장기적인 안목으로 볼 때 경쟁력 있는 연구·개발 접근 방법으로 사료된다.

2.5 플리스틱 기판

최근 제휴정보통신 분야의 발전에 따라 기존의 유리기판 대신 플라스틱 필름 및 시트를 사용한 디스플레이가 검토되어 양산화되고 있다. 플리스틱 기판을 사용한 LCD는 유리기판 사용 디스플레이에 비해 두께는 1/3 (0.7 mm glass 대비), 무게는 1/5 정도로 경박단소화가 가능하다.

2.5.1 플라스틱 기판의 요구 특성 (표 4)

LCD에서 요구되는 최대의 중요 특성은 광학적 등방성이며, 될 수 있으면 낮은 retardation이 요구되는 데, 이는 낮은 복굴절률과 밀접한 관계가 있다. 즉, retardation = $\Delta n \times$ film 두께의 곱으로 표시되는데, 일본의 등상공업에서는 용액제막공정에 의해 20 nm이하의 retardation을 나타내는 기재 필름을 개발하였다.

표 4. 플라스틱 기판의 요구 특성

항목		측정방법	단위	측정치
광학적 특성	광선투과율(%)	분광광도계 550 nm	%	80
	폭도	Haze meter	%	0.3
	광학적이방성	평행 Nicole 회전법	nm	< 20
	지상축	평행 Nicole 회전법	-	±5°
물리적특성	내열성 (촌법변화)	정밀촌법측정기 (130 ℃×1 h)	%	< 0.1
	산소기체투과율	-	cc/24 h atm m^2	< 0.2
	막두께	Dial gauge	μm	125
화학적특성	내무기약품성	KOH 10 분	외관조사	무변
	내유기약품성	5 분 침적	외관조사	무변

플리스틱 기판의 다른 요구특성으로서는 낮은 기체투과성을 들 수 있다. 유리기판과는 달리 플라스틱은 다소의 공기가 투과되는 단점을 가지고 있으며, 부분적인 기포발생으로 인한 흑점이 발생한다. 따라서, 기재 필름의 양면에 기체차단층의 도입이 요구된다.

뿐만 아니라 LCD의 제조공정에는 알칼리, 산 및 유기용제에 대한 내성이 매우 중요하며, 투명전도막측에는 투명전도막과의 밀착성이 요구된다.

STN-LCD에 사용되는 경우에는 0.1 μm 수준의 gap 제어가 필요하여 우수한 표면평활성이 요구된다. 유리기판의 경우에는 연마에 의해 평활성을 높일 수 있지만 플라스틱 필름의 경우에는 연마는 불가능하며, 정밀도공기술, 적층기술 및 복합화 기술을 구사하여 기체차단층, 전극밀착층 및 내약품층 코팅을 각 층간 밀착성을 손상시키지 않고 평활성을 개선시키는 것이 가능하다.

플라스틱 기판은 발전도 상의 기술이기 때문에 특성 개선에 있어서는 다수의 여지가 남아있다. 현재 용도의 확대는 착실히 이루어지고 있고, 플라스틱 LCD에의 관심은 날로 증가하고 있다.

2.5.2 기술 개발 동향

PES, PC, PEN, COC(cyclo olefin copolymer)를 기본으로 하여 기체차단층과 하드 코팅층을 형성하는 것이 주가 되고 있으며, IBM의 실리콘 하드코팅층 및 미쯔비시 (일본)의 SiO_N의 스퍼터링에 의한 가스배리어성과 투과성의 개선이 대표적인 예이다.

2001년에는 대만의 Union Chemical laboratories가 메탈로센을 촉매로 하여 내열온도가 300 ℃ 이상인 metallocene-based cyclic olefin copolymer (mCOC)를 합성하였으며 이는 DVD, low-K 재료, 광섬유 및 플라스틱 기판에 이용될 수 있을 것으로 보인다.

국내에서는 현재 아이컴포넌트(주)와 한국화학연구원을 중심으로 PES에 기반한 새로운 기초 소재를 개발하고 있으며, 시판 중인 기판용 플라스틱 필름은 광학용 수지를 선진 외국에서 수입하여 용융압출공정에 의하여 필름을 생산하고 있다. 기능성 기체차단막은 KIST를 중심으로 반응성 스퍼터링 및 PECVD 등의 건식코팅법을 실험실 수준에서 개발하고 있다.

2.5.3 금후의 과제

플라스틱 기판은 당초 TN LCD용으로서 전탁 등에

사용되었으나, 최근에는 제휴전화에 채용되어 용도가 확실히 성장하고 있다. 금후, 대화면화 및 고정세화 추세에 따라 플라스틱 기판의 내열성 향상, 습열하에서의 치수안정성의 향상이 요구되고 있다. 또, 유리 기판에서와 마찬가지로 계조표시 및 컬러화 등이 요구되고, 동시에 고정세화를 위해 투명전도막의 저 저항화가 필요하다. 금후, 플라스틱 기판의 단가 저감은 용도 확대를 위한 중요 과제이며, 이를 위해서는 제조공정에 있어서 코팅공정의 간소화가 요구된다. 또 투명전도막의 제막속도의 단축도 가격저감에 기여할 수 있다.

3. 결론

고기능성 고분자 박막 소재는 TFT-LCD의 주 수요처가 TV 등 대화면으로 옮아 갈 수록, 또한 판넬의 생산시 대면적 유리 기판을 적용 할수록, 그 필요성은 커지고 있는 실정이나, 현재 대부분의 고분자 소재는 전량 외국으로부터의 수입에 의존하고 있는 관계로 우리나라가 LCD 생산 면에서는 세계 1,2위를 다투면서도 보다 중요한 핵심 기술 및 부가가치 측면에서는 종속적인 측면을 보이고 있는 실정이다.

따라서, 디스플레이용 고기능성 유기 고분자 소재의 개발은 수입 대체 및 해외시장 진출에 의한 경제적인 파급효과는 물론이며 더 나아가 국내 LCD 업체들의 재료 요구에 신속히 대응하여 우수한 소재를 공급함으로써 국내 LCD 업체의 독창적인 기술 개발 및 부가가치의 증대에 기여할 수 있으리라 사료되며, 국가 차원에서의 연구 개발이 크게 요구되고 있다.

참고문헌

1. M. Nishikawa, *日本畵像學會誌*, **41**, 58 (2002).
2. M. Nishikawa, Y. Yokoyama, N. Bessho, D. S. Seo, Y. Iimura, and K. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33**, L810 (1994).
3. Y. Takeuchi, *機能材料*, **18**, 21 (1998).
4. N. Kawatsuki, M. Hayashi, and T. Yamamoto, **202**, 3087 (2001).
5. T. Mihara, M. Tsutsumi, and N. Koide, *Polym. J.*, **34**, 347 (2002).
6. W.-C. Lee, C.-S. Hsu, and S.-T. Wu, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, 5942 (2001).
7. H. T. A. Wilderbeek, F. J. A. van der Meer, K. Feldman, D. J. Broer, and C. W. M. Bastiaansen, *Adv. Mater.*, **14**, 655 (2002).
8. JP 11 193345, 21 Jul (1999).
9. JP 11 193346, 21 Jul (1999).
10. JP 2002-174724, 21 June (2002).
11. WO 02 44801, 6 June (2002).