The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 10, No. 1, pp,68-75,1997.

액정 디스플레이 소자의 분자배향기술

기술해설

The Molecular Alignment Technology on Liquid Crystal Display

서 대 식
(Dae-Shik Seo)

Key Word(중요용어) : Liquid Crystal Display(액정디스플레이), Molecular Alignment(분자배향), Pretilt Angle(프리틸트각), Non-rubbing(넌러빙). Rubbing(러빙)

1.서 론

최근, 멀티미디어 시대에 있어서 인간과 컴퓨터 등의 기기와의 인터페이스로써 정보 디스플레이 소자의 중요성이 더욱 증가하고 있다. 1980년 중반까지만 하여도 고화질, 고성능, 저가격 등의 특징을 가진 브라운관(CRT)이 전자디스플레이로써 왕자를 유지하여 왔으나. 최근 화면의 평판화, 경량, 저소비전력, 휴대화 등의 시대의 요구에 따라 평판 디스플레이 소자의 개발이 상당히 진전되어 2000년에는 CRT의 시장을 위협하는 상황이 전개 될 것으로 전망된다.

평판 디스플레이 소자에는 평판 CRT, 플라즈마 디스플레이(PDP), 전계발광 디스플레이(ELD), 발광다이오드(LED) 등의 발광형과 액정 디스플레이(LCD)의 비발광형 등이 있다. 특히, 고성능, 휴대화, 풀컬러화, 저소비전력화 등에 유리한 점을 가지고 있는 LCD는 최근 가장 큰 각광을 받고 있으며 2000년에는 그 시장 또한 대단히 크다. LCD는 2장의 ITO 유리기판 사이에 액정분자를 전계를 이용하여 그 방향을 바꾸어 빛을 투과시키거나 차단시켜 표시를 나타내는 소자이다.

본 해설에서는 LCD 소자의 전기광학 특성에 크게 기여하는 액정배향기술에 관하여 종래의 기술에서부터 최근의 기술에 이르기까지 액정배향에 관하여 상세히 해설한다.

2. 액정배향기술

연구용 또는 실제의 LCD소자는 일반적으로 샌드위치형으로 그 안에 주입되어 봉합된 액정은 기판의 표면 처리 방법에 의하여 한쪽 방향으로 균일하게 배향된다. 예를 들면, TN(twisted nematic)-LCD[1] 와 S(super)TN-LCD[2] 등이다. 그림 1은 비틀림을 주지 않은 네마틱 액정의 샌드위치 셀에 있어서의 배향 상태를 나타낸다. 그림 1(a)은 프리틸트각(기판위에 액정의 경사진 각도)을 가진 수평(homogeneous) 배향을 그림 1(b)은 수직(homotopic) 배향을 나타낸다. 임계치 이상의 전압 인가에 의해서 액정의 이방성 유전율 $\Delta\varepsilon$이 $\Delta\varepsilon>0$ 이면 그림 1(a) 상태에서 (b) 상태로, 또는 $\Delta\varepsilon<0$ 이면 그림 1(b) 상태에서 (a) 상태로 후리디렉스(Freedericks) 전이를 일으킨다. 이때, 프리틸트각을 주게 되면 약 10^{19}개의 분자가 동시에 같은 방향으로 움직여서 분자의 도메인의 불연속 즉 역방향으로 기울여진 도메인(reverse tilt disclination)이 발생하지 않고 표시에도 결함이 없는 LCD 소자가 실현된다. 전기광학 소자로서의 콘트라스트비를 좋게 하기 위하여 액정매질에 광학적 특성이 요구될 때에는 전계가 0V 또는 인가시에 있어서 액정을 균일하게 할 필요가 있다. 균일한 액정배향이 아니고 폴리 도메인인 경우, 그 경계에 디스클리네이션이 발생한다. TN-LCD의 경우, 그림 2와 같이 역비틀림(reverse twist)과 역방향(reverse tilt) 디스클리네이션이 발생한다. 이것들을 방지하기 위해서는 액정분자의 비틀림각을 약 87°로 할 것, 카이럴(chiral)제의 첨가, 약 2° 정도의 프리틸트각의 발생 등이 필요하다. 또한, STN-LCD에 있어서는 약 6° 정도의 프리틸트각이 필요하다.

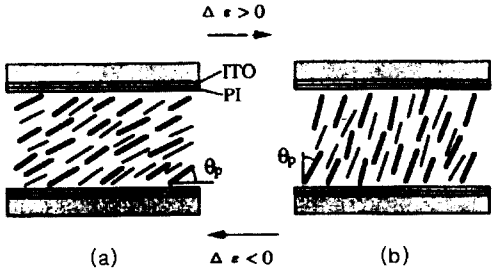

그림 1. 배향의 종류. (a)수평방향, (b)수직방향

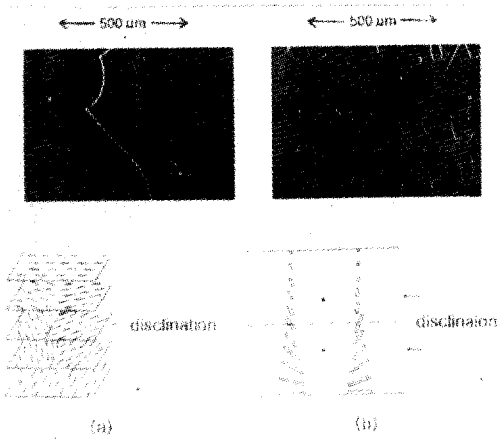

그림 2. 디스클리네이션의 편광현미경 사진과 분자배열. (a) 역비틀림 디스클리네이션, (b) 역방향 디스클리네이션.

액정분자의 균일한 배향을 실현하기 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

1-1. 수직배향법

(1) 兩親媒體分子를 코팅하는 방법[3]

공업적으로는 C-F鎖分子 $C_8F_{17}SO_2NH(CH_2)_3N^+(CH_3)_3 \cdot I$ (DIC제 FS150) 등을 기판위에 코팅한다.

(2) SiO 등의 경사 증착법[4]

(3) 고분자의 말단기(side chain)에 탄소 등을 길게 붙이는 방법[5]

1-2.수평배향법

(1) 고분자막위의 러빙법[5-16]

고분자막의 표면 위를 헝겁 등으로 한쪽 방향으로 문지름으로써 고분자를 재배열시켜서 그 방향으로 액정분자를 균일하게 배열시킨다. 이것을 러빙법이라한다. 이 러빙법은 간편하고 배향이 안정하여 산업현장에 있어서 가장 많이 사용되고 있다. 이 방법에는 폴리이미드막이 가장 많이 사용되고 있다.

러빙기의 구조를 그림 3에 나타낸다. 러빙의 강약을 나타내는 러빙강도(rubbing strength)는 본 연구자에 의하여 다음과 같이 정의되었다.[11,12]

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

여기서, N은 러빙한 회수(여기서는 N=1로), M은 섬유 기판과의 접촉 거리, n은 러빙롤러의 회전수(1000/60 S^{-1}), v는 기판의 이동속도(7.0 (mm/s)), r은 러빙롤러의 반경을 나타낸다. 여기서는 러빙강도에 가장 큰 기여를 하는 섬유 표면과 기판과의 접촉 거리인 M을 변화시켜서 러빙강도를 변화시켰다. 실제로, 단위 면적 당의 러빙에 의한 일의 양 W는 $W = a \cdot RS$이며, RS에 비례한다. 여기서 a는 마찰계수를 나타낸다. 즉, 러빙강도인 RS를 변화시켜 줌으로서 실제의 일 W를 변화시킬 수 있다.

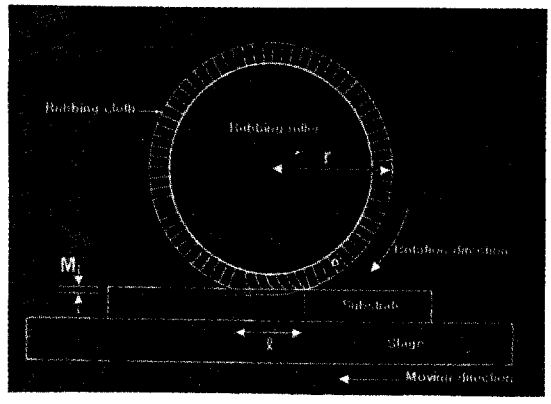

그림 3. 러빙기의 구조.

(2) SiO막의 경사 증착법[4]

기판 법선(수직)에서 약 60~85°의 방향에서 무기물을 기판위에 진공 증착시키면 프리틸트각을 0~90°까지 자유롭게 변화시킬 수 있다.

(3) 넌러빙법[17-21]

고분자막 위를 편광된 자외선 등을 조사하여 액정분자를 배열시키는 방법으로서 최근에 이 분야의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

원래 LCD의 표시 성능을 결정하는 중요한 기술인 액정배향법은 LCD 소자의 개발 당초부터 러빙법이 사용되어 왔다. 이 러빙법은 배향처리가 간편하고 대량생산에 적합, 배향이 안정, 그리고 프리틸트각의 제어가 용이 등의 장점을 가지고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙할 때 발생하

는 먼지나 정전기의 문제 등으로 이전부터 넌러빙 배향처리법이 요구되어 왔다. 또 최근 화소의 미세화에 따른 액정의 배향 얼룩의 문제나, LCD의 시야각특성 개선을 위한 화소의 다분할화의 요구에서 더욱이 넌러빙 배향기술의 개발의 필요성이 강하게 인식되어 액정의 광배향 제어기술이 주목을 받고 있다.

종래부터 고분자의 표면에 photochromic 분자를 흡착시켜 (command surface), 그 분자의 광이성화(光異性化)반응을 이용하여 액정의 광배향제어를 한 연구가 알려져 있다. 액정분자를 균일하게 배향시킨다는 것은 액정분자의 분자축(director)을 고분자막 위의 일정한 방향에 배열시킨다는 뜻과, 또 한편으로는 액정의 방향과 고분자막 평면이 내각(극각방향:프리틸트각)을 일정하게 만든다는 뜻이 있다. LCD에 있어서 위의 2가지는 전기광학효과 등에 상당히 중요한 역할을 한다. 액정의 방향을 한쪽 방향에 배열하기 위해서는 반드시 고분자막에 무엇인가의 이방성을 주어지는 것이 필요하다.

액정의 배향기구에는 크게 기하학적으로 설명하는 베르만의 groove(홈) 이론설 또는 광학적으로 설명하는 이방적 van der Waals(VDW) 이론설, 배제체적 최소효과 등이 알려져 있으며 어느 쪽이라도 작용하면 된다. 최근에는 주로 이방적 VDW 이론설이 많이 응용되고 있다.

다음에 나타내는 광배향 제어기술의 3가지 방법의 공통점은 조사광원으로 직선편광을 사용하며 랜덤하게 배향하고 있는 고분자들 중에서 主鎖(main chain), 또는 말단기(side chain)가 편광방향을 향하고 있는 분자가 주로 광을 흡수하여 광반응을 일으켜 그 막에 광학 이방성이 발생시킨다. 따라서 액정의 광배향 제어기술에 필요한 조건은 직선편광 등의 방향성을 가진 광을 사용하는 것과, 고분자 재료로서는 고분자의 광반응과정(光異性化, 光重合, 光分解)이 조사된 광의 편광방향과 그 고분자의 배향방향과의 내각에 의해서 제어된다.

1) 光異性化 방법[18,19]

이 방법은 크게 2가지로 나뉘는데, 첫째는 반응을 나타내는 분자를 고분자에 혼합하여 폴리이미드막을 만들어 편광된 광을 조사시켜 액정분자의 방향을 제어하는 기술이고, 두 번째로는 光異性化 분자를 말단기에 가지고 있는 고분자막에 직선편광을 조사하여, 특정한 방향을 향한 색소 분자만을 光異性化시켜 광학 이방성을 발생시키는 방법이다.

2) 光重合 방법[17,20]

이 방법은 "光重合"반응을 나타내는 고분자막에 직선 편광을 조사하여 어떤 특정 방향을 향한 분자만을 重合반응시켜 광학 이방성을 발생시키는 방법이다.

예를 들면, negative형 레지스트로 잘 알려진 poly vinl cinnamate(PVCi)를 사용하여 광배향 제어기술을 소개하면 다음과 같다.

PVCi의 분자구조와 그 光重合 반응의 모습은 그림 4와 같다. PVCi는 그 말단에 스티롤기를 가지고, 파장 280nm 부근의 자외 영역에 스티롤기의 광반응에 기인하는 흡수피크를 나타내고, 그 파장 구조의 자외선을 PVCi막에 조사하여 그림 4와 같은 광중합 반응을 나타낸다.

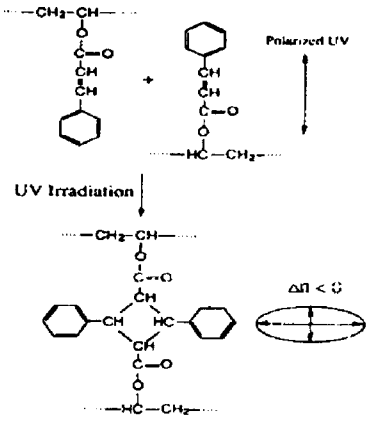

그림 4. PVCi 의 분자구조와 광중합 반응.

이 스티롤기에 기인하는 광흡수는 조사광의 편광방향이 스티롤기의 共役二重結合에 평행한 경우 크고, 역으로 수직인 경우 상당히 작게 된다고 생각할 수 있다. 즉 랜덤하게 PVCi분자가 늘어서 있는 PVCi막에 직선 편광 자외선을 조사하면 그 편광방향에 평행한 말단기를 가진 PVCi분자가 우선적으로 光重合반응을 나타내고, 그 막에 광학 이방성이 발생한다. 그 결과 직선편광이 조사된 PVCi막은 액정분자를 일정한 방향에 배향시키는 능력을 가지도록 한다.

3) 光分解법[21,23]

이 방법은 폴리이미드 등의 고분자막에 직선편광된 자외선을 조사하여 특정한 방향을 향한 분자 특성의 부분 결합을 선택적으로 절단하는 "光分解"반응을 이용하여 광학 이방성을 발생시킨다. 그림 5는 광분해법을 이용한 액정셀의 배향상태를 나타낸다. 균일한 배향을 나타내는 것

을 알 수 있다.

4) 막분리 방법[22]

고분자막위에 비닐론 필름을 코팅하여 이것을 한쪽 방향으로 떼어 내서 액정분자를 그방향으로 배열시키는 방법이다.

이 방법은 그림 6에 나타낸 바와 같이 폴리이미드막 위에 비닐론 필름(vinylon film)을 PVA 수용액을 접착층으로 밀착시켜 만들어, 이 비닐론 필름을 일정 방향으로 떼어 내서 이 방향으로 광학 이방성을 발생시켜서 액정배향을 제어하는 기술이다.

액정분자의 배향 방향과 프리틸트 방향은 일치한다. 일반 러빙법을 이용할 경우 약 1° 정도의 프리틸트각을 발생시키는 고분자막이, 이 방법을 이용하였을 경우에는 약 3° 정도의 프리틸트각이 발생한다. 단, 막을 분리시킨 후에 기판에 약 60℃정도로 열처리를 해준다. 기판 열처리 온도가 80~140° 까지는 프리틸트각이 거의 발생하지 않는다. 이 결과로 보아 프리틸트각의 기판 열처리 온도에 의한 상태변화가 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 막분리처리 특유의 배향막 표면의 기복구조가 프리틸트각 발생에 기여하는 것으로 생각되어지고 있다. 막분리법에 의한 고분자막의 표면을 원자간력 현미경(AFM)으로 관찰한 결과 막분리후는 비교적 기복이 큰 배향막표면 구조를 형성하고 있고, 80℃이상의 기판열처리에 의해 기복구조가 평탄화되는 것이 확인되었다.

이 방법은 비닐론 필름의 부착 등의 제조공정의 추가와 프리틸트각의 발생여부에 의해서 응용 가능성이 결정되어질 것으로 생각된다.

UV조사 없는 부분　　UV조사 부분

그림 5. 폴리이미드막 표면을 편광된 UV광으로 조사한 때의 액정배향상태의 관찰 (편광자는 직교상태)

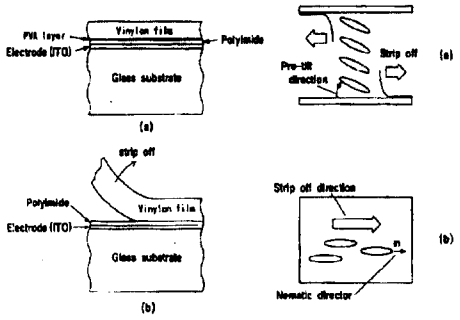

그림 6. 막분리 방법에 의한 배향 처리법.

5) Langmuir-Blodgett 법[24-26]

이 방법은 일정한 표면압력 상태의 수면상에 단분자를 띄워서 기판을 상하로 움직여 기판위에 1층씩 단분자를 층층이 쌓아서 박막을 만드는 방법이다. 기판을 상하 수직운동으로 하였을 때 위쪽으로 끌어올리는 방향이 액정의 배열 방향이 된다.

이 방법은, 막을 원자 단위로 제어 가능한 것이 특징으로 나노테크놀러지에 큰 역할을 담당하며, 앞으로 유기 반도체 및 센서 분야 등에 많은 발전이 있을 것으로 기대된다.

또한, 표면 액정 기술을 평가하기 위해서는 다음과 같은 방법이 알려져 있다.

a) 액정 배향 상태의 관찰 :

액정 셀을 편광 현미경 등으로 관찰하여 액정의 배향 상태를 관찰한다.

b) 프리틸트각의 발생

c) 액정분자와 배향층과의 결합 강도

3. 액정 배향의 기구

액정셀의 기판에 접해 있는 액정분자에 외력을 가하여 그 집단에 변화를 주면 그림 7 에 나타낸 바와 같이 극각 방향(polar deformation)과 면내 방향(azimuthal deformation)의 변화가 생긴다.

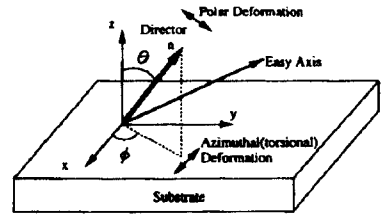

그림 7. 기판 표면 위에서의 액정분자의 변형.

현재까지 알려진 액정배향의 기구는 다음과 같다.

(1) Groove 이론[23]

그림 8에 나타낸 바와같이 러빙 또는 그 외에의 가공에 의해서 그 방향에 미세한 groove 가 기판면에 있다고 한다. 그러면 그것이 접하는 액정에 생기는 탄성에너지는 액정의 방향이 groove 에 평행일 때 최소로 된다.

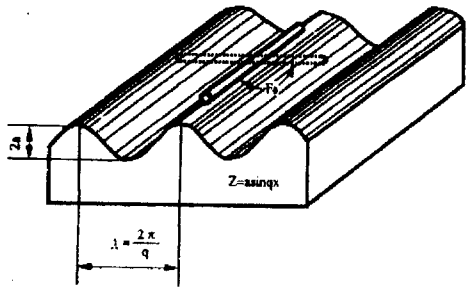

그림 8. Groove 이론

즉, 자유에너지 F 는 $F_{\parallel} - F_{\perp}$로 되며, 여기서 $F_{\parallel}$는 groove 에 수직한 에너지를 나타낸다. 평면 비틀림에 의한 자유에너지의 증가는 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$\Delta F_s = \frac{K}{4} a^2 q^3$$

여기서, K는 탄성계수, a는 groove의 깊이를, q는 파수를 나타낸다. 이 groove설은 폭이 아주 미세 할 때 액정 배향에 크게 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

(2) 배제체적 최소효과(steric interaction)[27]

이 효과는 기판표면위의 액정분자의 중심을 기준으로 배제체적의 크기에 따라 액정배향에의 기여를 알 수 있다. 표면 내에서의 배향성에 기여하는 것 보다 셀 두께방향인 극각 방향에의 기여가 큰 것을 생각되어진다.

수평 배향에 있어서의 표면에너지 F_s는 다음과 같은 식으로 나타 낼 수 있다.

$$F_s = \frac{1}{2} A_\theta \sin^2\theta_0$$

$$A_\theta = \frac{15\pi}{64} nKTLS$$

여기서 n, K, T, L, S 는 각각 분자농도, 볼쯔만상수, 온도, 액정분자의 길이, 질서도를 나타낸다. A_θ 는 약 1×10^{-3} J/m^{2}로 계산되는 것으로 알려져 있다.

(3) 이방성 분산력(anaisotropic dispersion force)[28]

이것은 van der Waals 력 이라고도 불리워진다. 기판이 고분자막일 때 러빙처리 등에 의하여 굴절율에 이방성(복굴절) 이 생긴다. 이 결과 면내에서의 회전에 대한 결합력(비틀림 스프링에 상당하는 A_ϕ)이 발생한다.

(4) 쌍극자 상호작용

유극성의 액정과 유극성의 배향층과는 쌍극자 상호작용에 의해 흡착되어진다. 이것들은 네마틱액정에서도 생기겠지만, 비훼닐계의 네마틱액정 및 강유전성의 액정의 경우에 많이 기여하는 것으로 생각되어진다.

(5) 액정분자의 고분자막에의 흡착

등방 (isotropic) 상태의 액정을 고분자 배향막(또는 무기물질막)을 코팅한 셀에 주입하여 네마틱액정 상태까지 냉각하면 최초의 네마틱액정 분자의 방향에 배향방향의 메모리 작용이 일어나, 네마틱액정분자는 그 방향에 배열한다.이것은 네마틱액정 분자의 흡착 또는 고분자막에의 침투로서 설명할 수있다. 이 침투작용에의해 주위의 고분자막에 복굴절율 △n 이 발생한다고 생각할 수있다.

이상으로 현재까지 알려진 액정배향의 기구에 대하여 설명하였다.

이상의 이론들을 실제적으로 실험으로 확인하는 방법은 다음과 같다.

1) 표면 형상의 관찰[9,11]

배향막의 표면 형상을 원자간력 현미경(AFM) 등으로 관찰 할 수 있다. 말단기를 가진 폴리이미드막의 표면을 강하게 한쪽 방향으로 러빙 하였을 때의 표면 형상을 그림 9 에 나타낸다. 러빙 방향으로 큰 groove 가 나타나 있다. 그러나 그림 10 과같이 말단기를 가지지 않는 폴리이미드막의 표면을 강하게 러빙하였을 때 큰 groove 는 나타나지 않는 경향을 보여주고 있다. 즉, 배향막재료의 종류에따라 거시적인 groove의 형태가 변화하는 것으로 생각되어진다. 이 결과로 보아, 이러한 큰 groove는 액정배향에 2차적으로는 기여할 수는 있으나 큰 groove 보다는 더 미세한 구조의 groove 가 기여하고 있음을 알 수있다. 그리고, groove 설에 의하여 면내배향의 결합강도를 계산하면 A_ϕ $=10^{-6}$J/m^2 정도로 실제 측정치 10^{-4}J/m^{2}와는 차이가 있는 것이 알려져 있다.

2) 복굴절율

고분자막의 표면을 러빙또는 편광된 광의 조

사에 의해 복굴절성이 발생한다. 폴리이미드등은 일반적으로 러빙 방향으로 Δn이 발생하고 그 방향으로 액정 분자가 배열된다. 그러나 폴리스티렌(PS)막의 경우는 러빙방향의 직교방향으로 Δn 이 발생하고 액정분자는 그 방향으로 배열된다.[29,30] PS의 경우 기여하는 것으로 벤젠링이 주쇄(main chain)의 직각 방향에 있으므로 이쪽 방향하고 배향의 상태에서 이방성 VDW 분산력이 크게 배향에 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

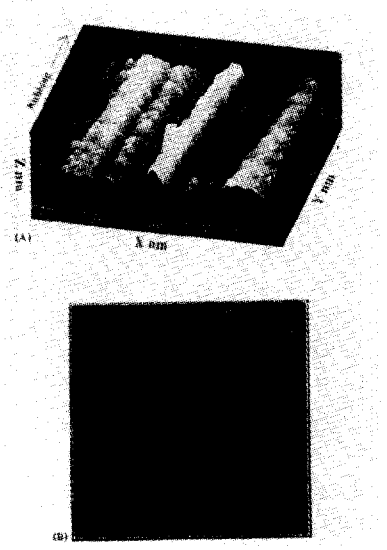

그림9. 쇄를 가진 폴리이미드막을 강하게 러빙처리한 경우의 표면의 AFM 형상.

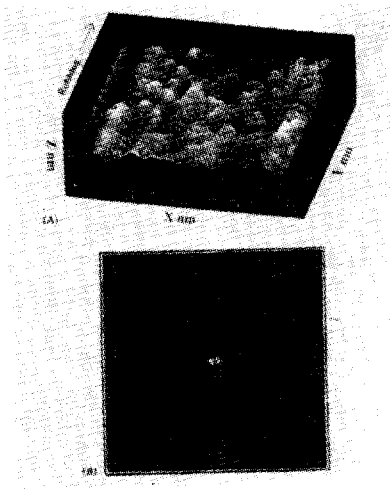

그림 10. 측쇄를 가지지않은 폴리이미드막을 강하게 러빙처리한 경우의 표면의 AFM 형상.

3) 표면 자유 에너지 :

고체 표면의 표면 자유에너지(표면 장력)는 직접 측정할 수 없고, 어떤 경험측에서는 extrapolation value 인 임계 표면장력 γ_c 를 사용한다.

$$\gamma_c < \gamma_{LC} \text{.....수직배향}$$
$$\gamma_c > \gamma_{LC} \text{.....수평배향}$$

이것을 Friedel Creagh-Kmetz 측이라 부른다. 본 연구자가 연구발표한 CF_3기를 가진 폴리이미드막에서 얻어지는 수직배향 및 고 프리틸트각의 제어 기술은 이 예이다.[8] 단, 이경험에 맞지 않는 경우도 많다.

이상으로 액정배향의 기구에 관하여 이론등을 통하여 설명하였다.

표 1에 여러 배향막에 있어서의 Groove와 복굴절 사이의 액정의 배향특성을 나타낸다.

표 1. 여러 배향막에 있어서의 Groove 와 복굴절 사이의 액정배향의 특성.

Rubbing direction	Groove	Slow axis (⊿)	LC direction	Orientation films
↔	↔	↔	↔	Rubbed PI
●	●	↔	↔	PI-LB
↔	↔	↕	↕	Rubbed PS
●	↔	●	↔	Micro Groove

최근, 액정배향에 관한 연구는 주로 이방성 분산력의 원리를 이용한 실험들이 응용에 많이 적용 되고 있다.

4. 프리틸트각 제어기술

프리틸트각이란 기판표면위에 액정분자의 경사진 각도를 말하며, 이 기술은 실제로 LCD의 구동에 있어서 전기광학효과 등에 중요한 역할을 하며 거의 모든 LCD 방식에 중요한 기술로 알려져 있다. 여기서는 지금까지 연구된 내용을 간단히 소개하기로 한다.

프리틸트각 제어기술은 배향방법에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) 러빙방법에 의한 프리틸트각 발생 :

주로 고분자막위를 헝겁등으로 한쪽 방향으로 러빙하여 프리틸트각을 발생시킨다. 고분자에 말단기(side chain)가 없는 것[5], 고분자에 말단

기가 있는 것[7,14,31], 고분자에 CF_3 기를 포함하는 것(그림 11) 등으로 크게 나뉘어 진다.[8] 또, ReO_4 이온을 포함한 폴리피롤 막[32]도 알려져 있다.

프리틸트각의 발생 및 그기구에 관하여 많이 연구되어 왔으며 최근에는 고분자 표면의 미시적인 구조 등에 의하여 프리틸트각발생이 이루어지고 있음이 발표 되었다. 그러나 아직도 구체적인 기구에 관하여는 많은 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

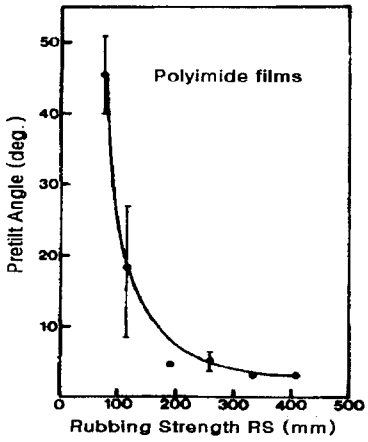

그림 11. CF_3 기를 포함한 폴리이미드막에 있어서의 프리틸트각의 발생.

(2) SiO경사 증착법 :

기판 표면 위에 무기 물질을 증착하여 프리틸트각을 발생시는 방법이다. 증착각도를 바꾸어 프리틸트각을 변화시킬 수 있다.

(3) 넌러빙법에 의한 프리틸트각 발생 :

광배향법에서는 기판위에 광의 조사 방법을 제어하여 프리틸트각을 발생 시킨다. 막분리 방법에서는 막분리시의 특유의 성질 및 배향막의 구조에 따라 프리틸트각을 발생시키는 것이 알려져 있다.

이상으로 프리틸트각 제어기술은 여러 가지 기술이 알려져 있지만, 프리틸트각을 제어하기 위해서는 배향막의 구조 특성을 이해하여 안정하게 제어할 수 있도록 하는 것이 바람직 하다.

프리틸트각 발생의 기구로는 다음과 같이 생각할수 있다.

1) 배제체적최소효과[6-8]

측쇄로서 알킬기가 붙은 폴리이미드 및 비대칭인 표면구조등에의한 액정분자의 상호작용이 기인하여 프리틸트각이 발생한다.

2) 경사진 강학축 (easy axis)[30]

기판 표면은 평탄하지만 광학축이 경사져 있을때는 이방성 분산력으로 설명 가능하며 이러한 광학축이 형성되는 것에 의하여 프리틸트각이 발생한다.

3) 기판표면의 자유에너지[8]

특히, 불소원자를 포함한 고분자에서는 표면의 자유에너지 γ_c는 $1\sim2\times10^{-2}$ (J/m^2), NLC 에서는 γ_{LC}는 $3\sim4\times10^{-2}$ (J/m^2) 로 $\gamma_c < \gamma_{LC}$ 이다. 이때는 프리틸트각이 90인 수직배향이된다. 그러나 이경우에도 고분자의 주쇄가 직선적인 tefron 인 경우는 프리틸트각은 발생하지않고, 주쇄가 헬리칼을 가질 경우 프리틸트각이 발생한다.[30]

4) 고유 프릳리트각과 그 방향을 가진 분자수의 비율[33]

시야노비훼닐계 액정의 경우, 기판에 접하는 액정의 제1층에서는 액정분자의 약 70° 정도의 프리틸트각을 가지고 있다. 이것은 광 제2고조파의 발생에서 확인되었다. 이것은 액정분자의 상호작용에 기인한 것으로 생각되어 진다. 이사으로 프리틸트각의 발생기구에 관하여 설명하였다.

각종 LCD소자에 필요한 프리틸트각의 특성은 다음과 같다.

- TN-LCD : 약 2° 정도 필요
- TFT-LCD : 약 4° 이상 필요(광시야각기술에 관련)
- STN-LCD : 약 6~8° 정도
- SSFLCD : 고 프리틸트각이 요구

이상으로 프리틸트각 제어 기술에 대하여 설명 하였지만, 앞으로도 이 기술은 고성능 LCD 소자를 실현하기 위해서는 계속적으로 중요한 역할을 할 것으로 생각 되어진다.

5.결 론

본 해설에서는 평판 디스플레이 소자중의 하나인 LCD의 액정배향기술에 관하여 해설하였다. 액정배향은 LCD의 전기광학특성을 좌우하는 매우 중요한 기술이다.

LCD 소자에 있어서 기판의 표면 위에 액정분자를 배열시키는 기술은 현재 러빙법이 주로 사용되고 있지만 러빙을 하지 않는 넌러빙법을 이용한 액정배향기술이 강하게 요구되고 있으며 향후 LCD에 있어서 보다 중요한 역할을 할 것으로 기대되고 있으며 고성능 LCD의 실현에는 필수 불가결한 기술로 생각된다.

※본 연구는 과학기술처에서 시행한 국가 선도기술 개발사업(G7 연구개발사업)의

참 고 문 헌

1) M. Schadt and W. Helfrich, *Appl. Phys. Lett.* **18**, 127(1971).
2) T. J. Scheffer and J. Nehring, *Appl. Phys. Lett.* **45**, 1021(1984).
3) J. Cognard, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* Supplement, 1(1982).
4) J. Janning, *Appl. Phys. Lett.* **21**, 2045(1990).
5) S. Kobayashi, H. Fukuro, S. Maede, K. Nakaya, M. Nitta, N. Ozaki, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **27**, 827(1988).
6) T. Sugiyama, S. Kuniyasu, D.-S. Seo, H. Fukuro, and S. Kobayashi, *Jap. J. Appl. Phys.* **29**, 2045(1990).
7) D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **213**, 223(1992).
8) D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 2392(1992).
9) D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohi-ide, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **224**, 13(1993).
10) D.-S. Seo, Y. Iimura, and S. Kobayashi, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 234(1992).
11) D.-S. Seo, T. Oh-ide, H. Matsuda, T. Isogami, K. Muroi, Y. Yabe, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **231**, 95-106(1993).
12) D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **33**, L1174(1994).
13) D.-S. Seo and S. Kobayashi, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 1202-1204(1995).
14) D.-S. Seo, K. Araya, N. Yoshida, M. Nishikawa, Y. Yabe, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, L503-L506(1995).
15) D.-S. Seo and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, L786-L788(1995).
16) M. Nishikawa, N. Bessho, T. Natsui, Y. Ohta, N. Yoshida, D.-S. Seo, Y. Iimura, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **275**, 15(1996).
17) M. Schadt, K. Schmitt, V. Kozinkov, and V. Chigrinov, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, 2155 (1992).
18) W. M. Gibbons, P. J. Shannon, S.-T. Sun, and B. J. Swelin, Nature **351**, 49(1991).
19) K. Ichimura, J. Photopolym. Sci. Technol. **8**, 343(1995).
20) Y. Iimura, T. Saitoh, S. Kobayashi, and T. Hashimoto, J. Photopolym. Sci. Technol. **8**, 257(1995).
21) M. Hasegawa and Y. taira, J. Photopolym. Sci. Technol. **8**, 241(1995).
22) Y. Kawata, and Y. Mori, 21th Japanese Liquid Crystal Conference (Sendai, september, 1995) 348.
23) D. W. Berreman, *Phys. Rev. Lett.* **28**, 1683(1972).
24) D.-S. Seo, T. Oh-ide, and S. Kobayashi, *Mol, Cryst. Liq. Cryst.* **214**, 97(1992).
25) D.-S Seo, S. Kobayashi, M. Nishikawa, J.-H. Kim, and Y. Yabe, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 1334(1995).
26) D.-S. Seo, S. Kobayashi, D.-Y. Kang, and H. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 3607(1995).
27) K. Okano, *Jpn. J. Appl. Phys.* **22**, L343 (1983).
28) K. Okano, N. Matsuura, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **21**, L107(1982).
29) D.-S. Seo, K. Muroi, T. Isogami, H. Matasuda, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, 2165(1992).
30) D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 4876(1995).
31) H. Fukuro and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **163**, 157(1988).
32) D.-S. Seo, S. Kobayashi, and A. Mochizuki, *Appl. Phys. Lett.* **60**, 1025(1992).
33) H. Yokoyama, S. Kobayashi, and H. Kamei, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61**, 4501(1987).

저자소개

서대식

1963년 12월 16일생. 1989년 동경농공대학(일본) 전자공학과 졸업. 1991년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업(공학수사). 1994년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업(공박). 1993년-95년 일본학술진흥회 특별 연구원. 1994년-95년 Kent State Univ. 액정연구소 연구원. 1995년 9월- 현재 숭실대학교 전기공학과 전임강사. 1992년 제5회 안도우히로시기념학술장려상 수상(일본). 본 학회 영문편수위원.

▶ 1997년도 2월호의 기술해설 제목과 저자는 다음과 같으니 많은 참고 바랍니다. ◀

題目	著者 및 所屬
SAW 주파수 소자	박서일 [삼성전기(주) 적층박막사업부]
압전세라믹스 주파수 소자	이개명 [제주대학교 전기공학과]