

LCD용 액정 필름

김인선 · 김성태 · 황희남

1. 서론

LCD (liquid crystal display)는 일반적으로 투명 전도막이 코팅된 투명 기판 (유리 혹은 플라스틱) 사이에 수 마이크로에서 수십 마이크로 정도의 두께로 액정 층을 만들어 외부에서 전기 신호로 구동을 통하여 전기장을 인가, 액정의 분자 배열을 제어하도록 구성되어 있다. 전기장의 상태에 따라 액정 분자들은 그 배열 상태가 가역적으로 조절되며 전기장을 인가하는 방식에 따라 능동 및 수동 구동으로 나뉘어 진다. 박막의 액정 층이 전기장에 따라 그 배열이 변화될 때 백라이트 (backlight) 등에서 투사된 빛의 투과량을 조절할 수 있다. 이는 액정 분자들의 광학적 이방성 즉 굴절률이 빛의 진행 방향과 액정 분자의 배열 방향에 따라서 일정하지 않고 다른 값을 보이기 때문이다. 특히 상용화된 대부분의 LCD는 편광을 이용하며 편광 입사된 빛과 액정의 광학 이방성과의 효과를 통하여 빛의

투과량이 조절되는 표시 소자이다.

액정의 분류는 그 분자량에 따라 저분자량 액정과 고분자량 액정으로 구분되고 액정상의 형성 방법에 따라 농도전이형 (lyotropic), 온도전이형 (thermotropic) 등으로 구분되기도 한다 (표 1).¹ 또한 액정의 분자 배열 구조에 따라 네마틱 (nematic), 스멕틱 (smectic), 그리고 콜레스테릭 (cholesteric) 상



김성태

1990 서울대학교 섬유고분자학과 (학사)
1992 서울대학교 섬유고분자학과 (석사)
1997 서울대학교 섬유고분자학과 (박사)
1997 ~ 2002 LG전선 연구소 선임연구원
2000 ~ 2001 Freiburg Univ. (박사후 연구)
2002 ~ (주)아이컴포넌트
현재



김인선

1986 서울대학교 섬유고분자학과 (학사)
1995 미국 Univ. of Michigan, 고분자공학과 (석사, 박사)
1995 ~ 1996 미국 Univ. of California, Davis (박사 후 연구)
1997 ~ 2000 LG전선 연구소
2000 ~ (주)아이컴포넌트
현재



황희남

1993 서강대학교 화학과 (학사)
1995 서강대학교 화학과 (석사)
1995 ~ 2001 LG 전선 연구소 광전자재료 연구실
2001 ~ LG.philips LCD 안양연구소
2002 (주)아이컴포넌트
현재

LC Films for LCDs

(주)아이컴포넌트 부설 연구소 (Insun Kim, Sung-Tae Kim, and Hee-Nam Hwang, i-Components Co., Ltd., Pyungtaek, Kyungki-Do 451-805 Korea) e-mail: ikim@i-components.co.kr, stkim@i-components.co.kr, hhwang@i-components.co.kr

(phase)으로 구분되기도 한다. 일반적인 봉상(calamic)의 액정은 분자의 축 방향과 그 수직한 방향으로 물성이 상이하여 일정한 이방성(anisotropy)를 갖는다. 따라서 이러한 분자들이 액정 상을 형성하여 배열하는 경우 굴절률, 유전율 등에 이방성을 띄게 된다. 특히 액정의 복굴절률을 이용하는 LCD를 이해하는데 있어서 backlight unit에서 입사되는 편광을 특정 배향 상태의 액정들에 의해 어떻게 변화시키는지를 예측하는 것이 중요하다. 이를 통하여 LCD의 구조에 따른 시야각 제한성 등을 이해할 수 있다.

표 1. Classification of Low Molar Mass and Polymeric Liquid Crystals

	Amphiphilic	Non amphiphilic	
		Rod-like(Calamitic)	Disc-like
L.M.M. LC			
Main-Chain LCP			
Side-Chain LCP			
Combined main-chain/side-chain polymers			

표 2. 다양한 형태의 LCD 모드 및 그에 따른 보상 필름의 특징

mode	구조	시야각 (상하/좌우)	사용보상 필름
TN		$\triangle$ (120/100)	WV film ($N_x \neq N_y \neq N_z, q \neq 0$)
ASV		$\bigcirc$ (170/170)	일반 보상film ($n_x \neq n_y \neq n_z$)
VA		$\triangle$ (170/170)	일반 보상film ($n_x \neq n_y \neq n_z$)
OCB		$\bigcirc$ (160/120)	WV film ($N_x \neq N_y \neq N_z, q \neq 0$)

며 또한 이를 해소시키기 위한 보상 필름의 광학적 설계도 가능하다. **표 2**에서는 다양한 형태의 LCD 모드와 각각에 필요한 보상 필름의 광학 특성을 나타내었다.

액정 필름이란 LCD 등에 사용되는 유동성이 존재하는 저분자량의 액정에 대비하여, 자체적으로 혹은 지지체 상에서 필름 형태를 유지할 수 있는 액정 분자라 정의할 수 있다. 따라서 적정 분자량 이상의 올리고머 또는 거대분자 형태의 액정들부터 고분자 형태의 액정 필름 등 그 형태가 다양하다. 이러한 분자들은 그 구조에 따라 가역적으로 액정 상을 유지하거나 cross-linking에 의해 비가역적으로 상을 유지할 수도 있다. **그림 1**에서 보는 바와 같이 액정 필름을 형성할 수 있는 여러 가지 형태의 액정 분자들이 존재하지만 이들의 광학 특성 (이방성), 배향 특성, 내열 특성 그리고 가공성에 따라 LCD의 성능 향상 필름으로 적용이 가능하다.²

최근 LCD에 관한 급속한 기술적 발달과 제조 기술의 개발로 고성능, 대화면 표시 소자로서의 용도가 확대되고 있는 추세이다. 이에 따라 브라운관을 대체할 유력한 표시 소자로 여겨지고 있으며 LCD가 TV에 응용되어 그 시장을 확대하고 있는 실정이다. 이러한 용도와 시장의 확대에는 기존의 LCD가 가진 표시 소자로서의 약점, 즉 제한된 시야각과 휘도 등을 극복하고 실용화하는 과정이 필요하였고 앞으로도 지속적인 연구 개발이 진행될 것으로 예상된다. 이러한 LCD의 성능 향상에 있어 액정필름이 큰 역할을 했으며 지속적인 연구가 진행되고 있다.

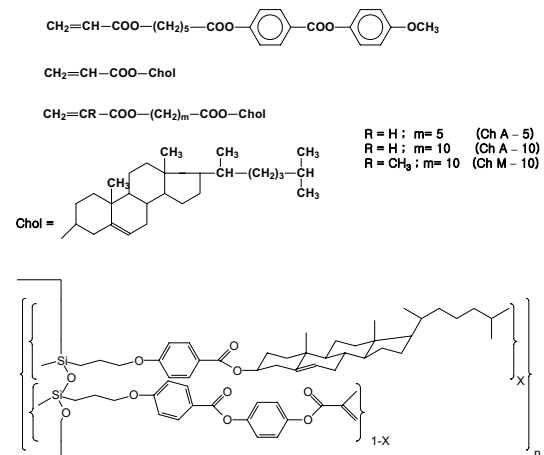


그림 1. 액정필름을 만들 수 있는 여러 가지 형태의 액정 분자.

다. 본고에서는 LCD의 광시야각과 고휘도 구현을 위한 액정 필름의 응용에 있어 그 원리와 적용 예를 살펴보고자 한다.

2. LCD 광 시야각 보상 필름

현재 알려져 있는 LCD의 동작 모드는 약 10가지 정도이다. 그 중에서 실용화되어 널리 사용되고 있는 것은 TN (twisted nematic)과 STN (super twisted nematic)이다. 이러한 LCD에서 액정 분자는 rubbing된 배향막 (주로 폴리이미드)을 통해 한쪽 방향으로 배열되게 된다. 이러한 배향은 **그림 2**에서와 같이 TN-LCD에서는 시야각에 따른 액정의 겉보기 Δn 의 변화를 일으켜 LCD에서의 시야각을 제한하는 원인이 된다.³ **그림 3**에서 보는 바와 같이 전기장의 인가에 의해 액정 분자의 배열이 변화하는 경우 진행하는 빛은 방향 1과 2에서 다른 각도로 액정 분자와 만나게 되고 이에 따라 통과되는 빛의 편광 상태에 차이가 발생하게 된다. 그 결과 통과된 빛이 LCD 표면의 편광판을 통과할 경우 2의 방향에서 일부의 빛이 누출 (leak-

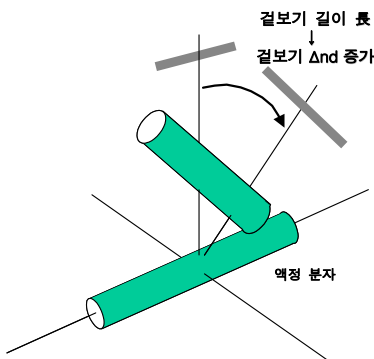


그림 2. 시야각에 따른 겉보기 Δn 변화.

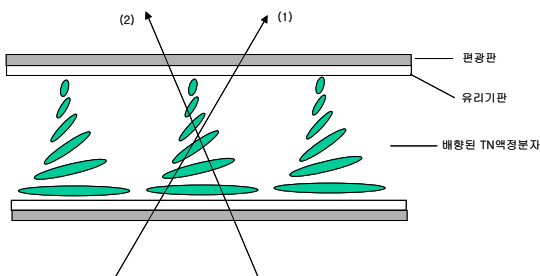


그림 3. TN mode에서의 액정분자의 거동.

age)된다. 이 경우 정면에서와 경사각에서 휘도의 차이가 나거나 콘트라스트 (contrast)의 역전이 일어난다. 이러한 현상을 극복하고 광시야각을 확보하는데 다양한 시도 (광배향에 의한 분할 배향 등)가 진행되었으나 보상 필름을 이용하는 방법이 비교적 널리 사용되어지고 있다.

보상 필름은 시야각의 증가에 따른 위상차의 변화 값을 가지면서 방향만 반대인 보상 필름을 사용하여 보상한다. **그림 4**에서와 같이 위상차의 증가는 편광 성분의 변화를 일으켜 정면에서의 색 특성 및 콘트라스트를 감소시킨다. 따라서 액정 셀의 위상차 변화를 직접적으로 보상해주는 보상 필름이 절대적으로 필요하다. **그림 5**는 시야각의 증가함에 따라 변화하는 위상차를 보상해주는 보상 필름의 특성을 나타내는 하나의 예이다.

광 시야각용 보상 필름에서 액정 필름을 사용할 수 있다. 편광형 액정 표시소자는 빛의 진행방향에 따라서 액정 셀의 retardation($d \cdot \Delta n$)이 달라져 화면의 휘도와 콘트라스트 비가 달라지는 문제가 발생한다. 이러한 문제는 보상필름을 써서 방향에 따라

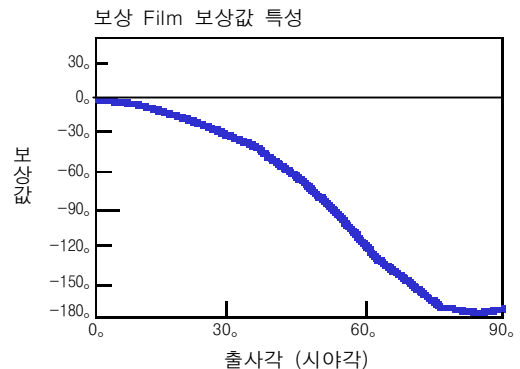


그림 4. 시야각 증가에 따른 위상차의 변화와 보상 효과.

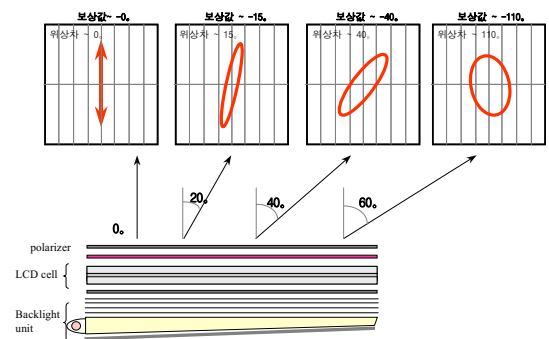


그림 5. 보상필름에서의 위상차 보상값 특성.

달라지는 retardation의 차이를 보상함으로 해결할 수 있다. **그림 6**은 수직 배열된 네마틱 액정분자 ($n_x=n_y < n_z$)와 negative birefringence의 보상 필름 ($n_x=n_y > n_z$)의 입사각에 따른 p 파의 굴절률 차이를 나타낸 것이다. 입사각이 커질 때 액정분자의 p 파 성분의 굴절률이 커지지만 ($\Delta n_p / \Delta \theta > 0$), negative birefringence의 보상 필름을 지날 때는 반대로 p 파 성분의 굴절률이 작아진다 ($\Delta n_p / \Delta \theta < 0$). 따라서 배열된 액정 셀에 negative birefringence의 보상 필름을 붙이면 입사각에 대한 위상차가 보상된다.

이와 같은 원리로 VA mode에서의 보상 필름의 효과를 나타낼 수 있다. VA mode는 수직배향의 특성상 정면에서는 높은 콘트라스트 비를 나타내지만 경사각에서의 콘트라스트 비는 비교적 낮다. **그림 7**과 같이 negative birefringence 특성을 갖는 액정 필름을 이용하면 광 시야각을 얻을 수 있다.

TN 셀에서 LC 구조는 좀더 복잡하고 셀 액정층의 광축은 z 축을 따라 다양하다. 위의 보상 필름의 원리에 따르면 negative birefringence 필름은 수평면 (horizontal plane)에서의 전기광학 특성을 증가

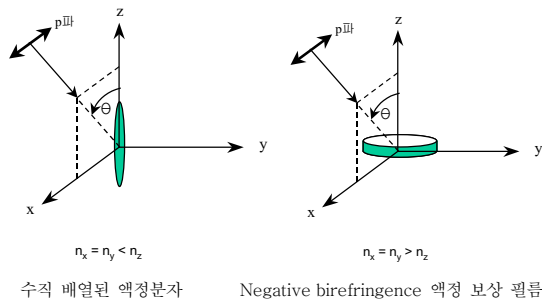


그림 6. 수직 배열된 액정분자의 입사각에 따른 굴절률의 변화와 negative birefringence 보상 필름의 입사각에 따른 굴절률의 변화.

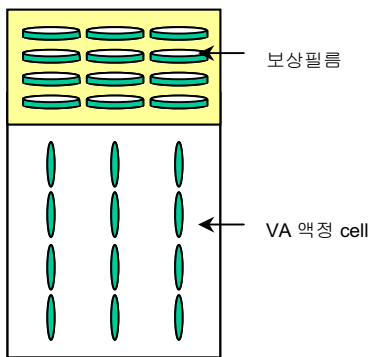


그림 7. VA mode 셀과 보상 필름의 구조.

시킬 수 있지만 수직면 (vertical viewing plane)에서의 시야각 특성은 좋지 못하다. 비스듬하게 (obliquely) 배향된 액정을 보상하고 수직면에서의 gray scale 특성을 증가시키기 위해 기울어진 (inclined) 광축을 가진 negative birefringence 필름이 필요하다.^{4,5} Fuji Photo Film co.에서 실현된 이 보상 필름의 구조를 살펴보면 **그림 8**과 같다. 광 시야각 보상 필름은 Negative birefringence 필름으로의 TAC (Triacetate cellulose) 필름과 구부러지고-벌어진 (bend-splay) hybrid 배향을 갖는 discotic 액정 필름 층으로 구성된다. Normally black 상태에서의 액정 방향자를 rubbing 방향으로 일정한 경사각을 갖는 위 아래와 수직인 가운데의 세부분으로 나누어, 액정 셀 가운데 부분은 negative retardation을 갖는 TAC 필름이, 밖의 두 부분은 경사지게 배열된 상하 discotic 액정 필름이 위상을 보상한다. TN 셀의 양쪽 위 아래 면에 광 시야각 보상 필름을 적용하면 훌륭한 보상효과를 얻을 수 있다.

3. STN LCD용 Color 보상 액정 필름

STN-LCD의 동작원리는 TN-LCD와 거의 같은 단계 꼬인 각도에서 차이가 있을 뿐이다. 이러한 STN-LCD에서는 완벽한 black and white가 아닌 색을 띠어 콘트라스트를 저하시키는 문제가 발생한다. 이러한 착색 (coloration)은 셀을 통과하는 정상 광선 (ordinary ray)과 이상 광선 (extra-

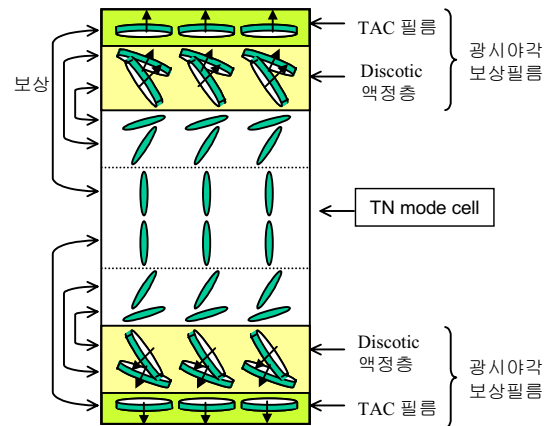


그림 8. TN mode LCD 셀에 부착하는 광 시야각 보상 필름의 구조.

ordinary ray)사이의 여러 다른 파장에서의 위상차 때문이다. 이러한 위상차를 광학적으로 보상하는 것은 black and white STN-LCD를 얻기 위해서는 효과적인 방법이다. 완벽한 광학 보상을 이루기 위해서는 driving cell과 보상 unit의 광학적 꼬인 방향이 반대이어야 하고, 광학 retardation 값이 동일해야 한다. 이러한 광학 보상을 위해 꼬인 방향이 반대이고 retardation이 같은 두 개의 STN 셀 (Dual STN)이 사용되기도 한다.

이러한 보상용 STN 셀을 추가하는 대신에 액정 필름을 활용할 수 있다. STN-LCD용 색 보상용 액정 필름은 twist-nematic 형태의 액정성 고분자로 구성된다. 이러한 꼬인 구조의 액정성 필름의 내부 구조는 STN driving cell의 구조와 유사하고 retardation 값은 같지만 꼬인 방향은 반대이어서 전통적인 STN-LCD의 위상차를 보상함으로써 색을 띠지 않고 높은 콘트라스트의 이미지를 갖게 한다 (그림 9). 이러한 액정 필름을 STN driving cell과 상판 polarizer 사이에 삽입하여 driving cell에서 발생한 위상차를 보상한다. 즉, blue-yellow mode의 STN-LCD를 효과적으로 black-white mode로 전환할 수 있다. 액정 필름제조에 사용되는 변수에는 액정 재료의 retardation 값과 복굴절도 (Δn)의 파장 분산성 및 네마틱 구조의 꼬인 각도가 있다. 액정 필름을 제조하는데 변수를 최적화하면 셀 디자인을 변경하지 않고도 STN driving cell의 특성을 향상할 수 있다. 이 필름은 다양한 STN-LCD 즉, 내부광을 갖는 투과형 display 및 반사형 display에 적용할 수 있다

4. STN LCD 온도 보상 필름

액정 필름을 이용한 LCD 특성의 향상에는 사용

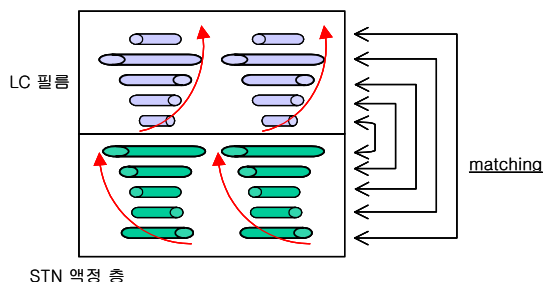


그림 9. STN-LCD의 색보상 효과.

온도에 따른 LCD 광학 특성의 변화를 보상하는 목적으로 이용하는 경우도 있다. LCD의 광학 보상 필름은 연신된 고분자 필름을 이용하여 현재도 많이 사용되고 있다. 이 경우 광학 이방성이 매우 적은 고 투명, 고균일도의 필름을 목표하는 특성의 광학 이방성을 가해주도록 일축 혹은 이축 연신하여 사용한다. 이러한 고분자 보상 필름은 주로 폴리카보네이트, 폴리스폰 등 내열성이 좋은 소재를 사용하는 데 이 경우 온도에 따른 광학 이방성의 변화는 극히 미미하다. 하지만 상용 환경 변화, 특히 온도의 변화가 심한 경우 LCD의 이용되는 액정의 온도에 따른 광학 특성 변화는 매우 크다. 즉 사용 온도에 따라 광학 보상용 고분자 필름과 액정 셀의 복굴절 변화 차이로 보상 효과에 부조화로 표시 품질이 악화되는 현상이 발생한다. 이러한 현상은 자동차의 네비게이션 (car navigation)용 디스플레이로 사용되는 STN LCD에서 흔히 나타날 수 있다. 즉 온도 변화에 따른 상이한 광학 보상 효과를 부여할 수 있는 보상 필름이 필요하게 되었다.

이러한 목적으로 측쇄형 액정 고분자 (side-chain liquid crystal polymer)를 이용하면 온도에 따라 적절한 광학 보상 효과를 부여할 수 있다. 이는 액정 셀의 온도에 따른 복굴절을 변화에 상응하는 특성의 액정 고분자 필름을 구현하므로 온도에 따라 변화하는 LCD의 색상 혹은 콘트라스트 변화를 방지할 수 있게 된다. 이러한 측쇄 액정 고분자는 고분자 주쇄에 의해 필름의 안정성을 가지도록 하며, 온도 변화에 따라 측쇄 액정 분자들이 가역적으로 이동하여 액정 셀의 변화와 상응한 변화를 갖도록 한다. 이러한 구조와 특성의 측쇄 액정 고분자를 통하여 일반 연신 고분자 필름의 부족한 온도 대응 특

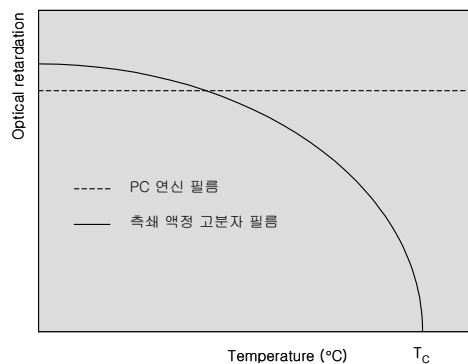


그림 10. 액정 필름과 고분자 연신 필름의 광학 이방성의 온도 변화 특성.

성을 확보할 수 있다. **그림 10**은 측쇄 액정 고분자 필름과 일반 연신 고분자 필름의 온도에 따른 복굴절 변화를 모식하였다.

5. 휘도 향상용 필름

일반적으로 상용되는 대부분의 LCD는 backlight unit을 광원으로 하고 편광판을 이용하여 편광을 유도하여 그 표시 성능을 구현한다. TN형 TFT-LCD의 광투과율은 편광판 2매, 칼라 필터 및 개구율의 영향으로 약 6%로 매우 적어 광 이용 효율 면에서는 매우 열악하고 다른 디스플레이와 비교할 때 휘도의 향상이 필요해 왔다. 특히 LCD의 대형화, 고성능화 추세로 발전하면서 높은 휘도가 더욱 필요하게 되었다. 개구율의 증가와 backlight의 휘도를 증가시키는 방법 외에 휘도 향상 필름을 이용하는 방법을 통하여 LCD의 휘도 개선이 가능하다. 이는 흡수형 편광판에 의한 편광 발생 방식을 반사형 편광판의 이용을 통한 편광 발생 및 빛의 재활용의 개념을 구현하여 달성할 수 있는데 콜레스테릭 액정의 선택 반사 특성을 이용하는 경우 이러한 휘도 향상 필름을 실현할 수 있다.

콜레스테릭 액정은 그 구조상의 특징에 따라 입사되는 빛에 선택적으로 반사하는 특징을 갖는다. 이러한 선택 반사는 특정 파장의 빛을 특정 원 편광 상태로 반사하고 특정 파장 이외의 빛과 특정 파장의 반대 원 편광의 빛은 투과시키는 현상이다. 콜레스테릭 액정의 평균 굴절률과 콜레스테릭 피치에 따라 반사되는 특정 파장이 결정되며 콜레스테릭 액정의 회전 방향에 따라 반사되는 원 편광이 결정된다. 또한 반사되는 빛의 영역은 콜레스테릭 액정의 이방성에 의해 결정되는데 일반적으로 50 nm 정도의 반사 파장 영역을 갖게 된다. 따라서 콜레스테릭 액정은 반사 파장 영역에서 원편광자의 역할을 하며 빛의 흡수가 없는 반사형 편광자의 역할을 할 수 있다. 선택적으로 투과된 원편광은 $\lambda/4$ 위상차 막을 지나는 경우 선편광으로 바뀌어 반사형 선편광자의 역할을 할 수 있다.

위에서 설명된 콜레스테릭 액정의 특성을 응용하면 흡수형 편광판을 이용하는 LCD에서 반사형 편광판을 사용할 수 있다. 반사형 편광판은 투과된 원편광이 선편광으로 변형되어 LCD로 투사될 수 있으며 반사된 절반의 원편광은 LCD의 backlight

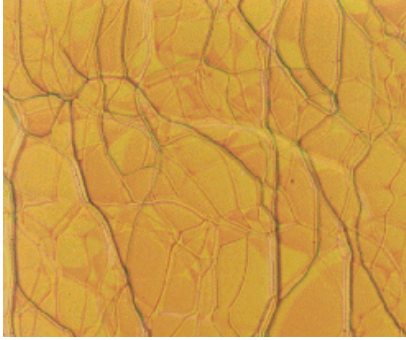
unit에서 재 반사되어 다시 편광판쪽으로 입사되게 된다. 이를 빛의 재활용 과정으로 볼 수 있는데 이러한 재활용 과정에서 backlight unit내 다양한 반사과정을 거치는 빛은 그 편광 상태가 변하여 편광판으로 입사되어진다. 따라서 빛의 재활용이 복합적으로 일어나고 이론적으로는 빛의 손실 없이 back-light에서 초기에 편광판으로 입사된 빛의 전부가 활용될 수 있다.

이러한 반사형 편광판을 구현하기 위해서는 50 nm 정도의 콜레스테릭 액정 반사 파장 영역을 최소한 가시광 영역 (400~700 nm)으로 넓히는 것이 필요하다. 콜레스테릭 액정의 반사 파장은 그 이방성과 피치로 표현되는데 ($\Delta\lambda = \Delta n \cdot p$) 이로부터 이방성이 큰 액정을 이용하는 방법이 제시되기도 한다. 하지만 액정의 이방성은 0.1~0.45 정도의 범위를 갖기 때문에 콜레스테릭 액정의 반사 파장은 최대 약 150 nm 정도의 영역을 갖게 된다. 이는 가시광선 전 영역을 포함하기는 부족하며 이에 따라 적층이나 콜레스테릭 액정의 구조의 변형을 구현하는 연구가 진행되었다.⁶

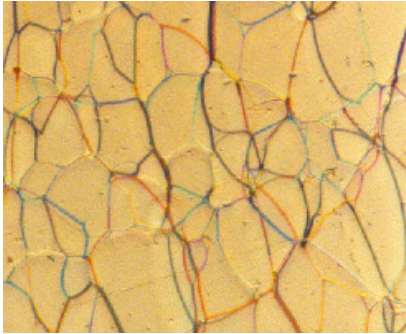
일반적인 콜레스테릭 액정은 그 피치가 일정하고 따라서 정해진 영역의 선택 반사 특성을 갖는다. 일정한 콜레스테릭 피치를 여러 가지 방법으로 변화시켜 피치의 간격을 조절하거나 피치의 분산을 유도한다면 다양한 피치 구조로부터 다양한 반사 파장의 유도되어 원하는 정도의 반사 파장을 확보할 수 있다.⁷ **그림 11**에서 보는 바와 같이 콜레스테릭 액정은 특정 피치에 따라 그 반사 영역이 규정되어 반사 상태의 현미경 상은 특정 색상이 관찰된다 (**그림 11(a)**). 하지만 콜레스테릭 피치의 변화를 구현하는 경우 그림에 나타나듯 다양한 색상의 피치가 나타나게 된다 (**그림 11(b)**). 이러한 기술을 적용하면 빛의 흡수가 없는 반사형 편광판이 형성되게 된다.

6. 액정 필름 제조 방법

앞에서 기술된 바와 같이 액정 필름은 다양한 용도에서 LCD의 성능을 향상시키는 역할을 한다. 이를 위해서는 특정한 배향 상태의 가역적 혹은 비가역적인 액정 필름이 제조되어 진다. 무엇보다도 액정 필름의 제조에 있어서는 특정 배향을 부여하는 것이 중요하다. 액정 필름은 LCD에 이용되는 저분자 액정과 그 형태가 상이하지만 액정의 일반적



(a)



(b)

그림 11. 콜레스테릭 액정의 반사 현미경 상.

특성, 배향성과 상변이 특성을 이용하여 배향을 구현하게 된다. 즉 rubbing 방식이나 광 배향 방식 등이 이용될 수 있다. 한가지 특이한 점은 액정 필름의 한 면의 배향이 수평인 반면, 다른 한 쪽은 수직인 hybrid type의 배향이 종종 이용되는 점이다. 이는 TN 방식의 LCD의 시야각 개선 시 많이 이용된다.

액정의 배향이외에 액정 필름의 제조에 있어 고려해야 하는 점은 제조 시 사용되는 물질이다. 즉 서론에 설명된 다양한 형태의 액정 물질을 이용할 수 있는데 어떠한 물질이 액정 필름의 배향 및 특성 구현에 적절한가 선택되어야 한다. 액정 필름들이 수 마이크론의 두께로 형성되어지고 그 제조 공정이 코팅 공정이며 제조된 필름은 여러 가지 가혹 조건 (예: 90%RH, 60도, 500시간) 등을 견뎌야 하는 특성을 고려하면 고분자 혹은 경화형 저분자 액정을 이용하는 것이 적합하다. **그림 1**은 알려진 경화형 저분자 액정을 나타낸다. 경화형 저분자 액정은 그 배향이 고분자 액정에 비해 수월하고 예측

가능한 상 변화 특성을 가지므로 특정 온도에서 일정 배향을 유지하면서 광 경화를 유도하는 경우 내후성이 우수한 액정 필름을 구현할 수 있다. 이 경우 얻어지는 액정 필름은 비가역적이지만 온도 변화에 따른 광학 특성 안정성이 우수하여 휘도 향상 필름 등에서는 우수한 선택으로 보여진다. 액정 필름의 제조에 있어 열경화 공정은 액정의 상 변화 특성상 피해야 한다.

7. 결론

액정 필름은 다양한 물질 및 구조로 응용되고 있으며 CRT이후 다음 세대의 디스플레이로 각광받고 있는 LCD의 시야각 개선, 휘도 개선 등 표시품위 향상에 중요한 역할을 하고 있다. 현재 이러한 액정 필름이 많이 확산되어 사용되어 지고 있으나 모든 LCD에 적용되어 지는 것은 아니며 그 범용화의 bottleneck은 고가의 원재료에 있다고 할 수 있다. 국내에서는 아직 이러한 물질의 개발이 미미한 상태이며 LC필름의 연구도 부족한 상태이다. 우리나라는 세계 1위의 LCD생산국으로 최근 소재 부품의 국내 생산이 가속화되고 있으며 편광판의 국내 생산도 급속히 증가되고 있는 실정이다. 이와 함께 국내에서도 액정 필름의 물질 개발과 액정 필름에 관련된 연구가 시급하다 할 수 있다.

참고문헌

1. S. Boileau and D. Teyssie, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymer*, **1**, 247 (1991).
2. Y. S. Freidzon *et al.*, *Eur. Polym. J.*, **22**, 13 (1986).
3. K. Kano, N. Matsuura, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **L109**, 21 (1982).
4. H. Hirata *et al.*, *IDW'96*, Digest of Technical Papers, p.193,
5. H. Mori *et al.*, *IDW'96*, Digest of Technical Papers, p.189,
6. S. T. Kim, T. M. Kim, Y. K. Kim, H. Hwang, and I. Kim, US Patent 6252640 (2001).
7. J. R. Park, G. Ryu, J. Byun, H. Hwang, S. T. Kim, and I. Kim, *Optical Review*, **9**, 207 (2002).