

논문 15-10-12

수평배향된 액정셀에서의 스페이서 주변 액정 배향 연구

Study on the Alignment of the LC near Spacer in a Homogeneously Aligned LC Cell

정연학*, 김성운*, 이종문**, 이승희**
(Y. H. Jeong*, S. W. Kim*, J. M. Rhee**, and S. H. Lee**)

Abstract

Homogeneously aligned nematic liquid crystal displays (LCDs) driven by in-plane or fringe field were known to exhibit wide viewing angle and appeared to be black in the off state. However, the existence of spacers inside the cell causes the deformation of the liquid crystal molecules. Such a deformation of the liquid crystal causes light-leakage in the dark state, which lowers contrast ratio of the display. We found that the light-leakage due to deformation of the LC director near the spacer mainly depends on the dielectric anisotropy and the ratio of elastic constants of the LC. In this paper, the mechanism on deformation of the LC near spacer is investigated by optical polarizing microscopy.

Key Words : Liquid Crystal, Light-leakage, Dielectric anisotropy, Elastic Constants

1. 서론

액정을 이용한 디스플레이 (Liquid Crystal Display : LCD)에서, 스페이서는 셀갭을 유지하는 중요한 역할을 담당하여 왔다. 그러나 스페이서는 균일하게 배열된 액정 배향을 변형시키고 특히 어둡 상태에서 빛샘을 유발시키게 되어 LCD의 명암대비비 (Contrast Ratio)를 저하시킨다. 스페이서 주변의 빛샘은 전압을 인가하여 어둡상태를 구현하는 종래의 TN (twisted nematic)모드와 같은 Normally White Type에서는 스페이서 주변빛샘이 특별히 문제가 되지 않았으나, LCD의 시야각 특성을 개선하기 위해 제안되어진, FFS (fringe-field switching)모드나[1-3] IPS (in-plane switching)모드[4,5]와 같은 Normally Black Type에서는 이 문제가 심각하다.

두 모드에서는 전압인가전 액정이 상하판에 교차된 검광판(A) 및 편광판(P) 사이에서 수평배열을 하고 있고 액정의 광축이 편광판의 투과축과 일치 하고 있어 어두운 상태를 보여주는 LCD이다. 따라서, 스페이서의 존재는 액정배향을 변형시키고 이는 빛샘을 가져온다. 이 빛샘은 어둡상태에서 밤하늘의 은하수처럼 반짝거리며 디스플레이의 명암대비비의 특성을 저하시키는 주 원인으로 작용하고 있다. 이와 관련하여 스페이서 주변 빛샘을 측정하는 방법[6], 여러 종류의 액정 배열에서 스페이서 주변 빛샘과 domain 형성과의 관계에 대한 연구[7] 및 STN 모드에서 스페이서 주변 빛샘과 액정의 혼합물과의 관계[8] 등 스페이서 주변 빛샘에 대한 연구가 되어 왔다.

본 논문에서는 FFS 및 IPS모드와 같이 액정이 초기에 수평배열 상태를 가지는 LCD에서 액정의 특정한 물성치에 의존하는 스페이서 주변의 액정 배열을 편광현미경을 이용하여 연구하였고 편광현미경에서 관찰된 액정 Texture를 통해 스페이서 주변의 배향 모델링을 제시하였다. 또한 액정의 물성치에 의존하는 스페이서 주변 빛샘의 강도등을 연구하였다.

* : 현대 디스플레이 테크놀로지, 셀 공정기술그룹

** : 전북대학교 신소재공학부

(전북 전주시 덕진동 1가 664-14,

Fax : 063-270-2341

E-mail : lsh1@moak.chonbuk.ac.kr)

2002년 4월 19일 접수, 2002년 5월 20일 1차 심사완료,

2002년 7월 2일 최종 심사완료

2. 실험 방법

본 실험에서 액정 셀 제작을 위해 두장의 투명한 유리기관위에 수평배향제를 코팅하고 프리틸트각이 2° 정도 되도록 러빙을 하였다. 직경이 4.0 μm인 스페이서를 산포한 후 두 장을 서로 러빙방향이 반대가 되도록 합착하였다. 사용된 스페이서는 NATOCO사의 KSEB Type의 고착형으로 스페이서 표면에 액정이 수직하게 배열되는 것을 특징으로 하는 타입이다. 상온에서 액정을 주입하였고, 주입 후에 액정셀을 액정의 clearing 온도 이상에서 수분 방치한 후 상온으로 냉각시켰다. 액정으로는 유전율이 양(양의 액정) 또는 음(음의 액정)인 두 액정을 사용하였고 각각의 물성치는 표 1에 나타나 있다. 여기서 K₁₁, K₂₂, K₃₃는 각각 액정의 splay, twist, bend 탄성 상수를 나타내고 ε_{||}, ε_⊥는 각각 액정의 장축방향 및 단축방향의 유전율값을 나타내고 Δε는 장축방향의 유전율값에 단축방향의 유전율 값을 뺀 유전율 이방성 값을 나타낸다. 표 1에는 두 종류의 액정 물성값들이 나타나 있지만 실제 실험에서는 양의 액정 및 음의 액정 각각 4 종류 이상을 실험하였고 크게 유전율 이방성이 음이냐 양이냐에 따라서 스페이서 주변 texture가 다르게 보였다. 또한 물성값에서 주목할 만한 것은 양의 액정의 액정 탄성상수의 비(K₃₃/K₁₁)값이 음의 액정 것보다 항상 크다는 것이다. 이러한 이유는 양의 액정과 음의 액정 구조 자체의 근본적인 차이 때문에서 기인한다고 볼 수 있다.

표 1. 유전율 이방성이 양과 음인 액정의 물성치.
Table 1. The physical properties of the LC with positive and negative dielectric anisotropy.

LCs	K ₁₁	K ₂₂	K ₃₃	K ₃₃ /K ₁₁	ε	ε _⊥	Δε
LC1	10.3	6	14.9	1.45	12.1	4	8.1
LC2	13.5	7.9	15.1	1.12	3.7	7.7	-4

분석 방법으로는 편광현미경을 이용하였으며, 편광판과 검광판이 서로 교차되어 있고 시계방향과 반시계방향으로 교차된 편광판들을 회전시키면서 액정 셀 내부에서의 스페이서 주변의 disclination (또는 dark) 선의 변화를 상온에서 관찰하여 스페이서 주변의 액정 배향을 모델링하였고, 이에 근거하여 스페이서 주변의 액정 배향과 액정의 물성과의 상관관계를 분석하였다.

3. 결과 및 토의

IPS나 FFS모드에서 투과율 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$T / T_0 = \sin^2(2\Psi)\sin^2(\pi d\Delta n/\lambda)$$

여기에서 Ψ는 교차된 편광판의 투과축중의 하나와 액정 광축 사이의 각을 나타내고, d는 셀갭을 나타내고 λ는 입사광선의 파장을 나타낸다. 따라서 수평배향된 셀의 광축이 편광판 투과축과 일치할 시 셀이 흑 상태를 보여주나 스페이서의 존재가 액정의 수평배열에 변형을 주어, 즉 Ψ가 0°가 아닌 임의의 값을 가져 스페이서 주변에서만 빛샘이 발생한다.

그림 1은 양의 액정을 사용한 셀에서의 스페이서 주변 빛샘 현상으로써 (a)~(c)는 90° 교차된 편광판을 시계 방향으로 각각 0°, 5°, 10° 회전시의 dark 선의 형상을 보여주고 있고, (d) 및 (e)는 반시계 방향으로 각각 5°, 10° 회전하면서 관찰한 사진들이다.

그림 1(a)는 화살표 방향의 러빙 방향과 편광축이 일치하고 있을 때로, 편광축 방향에서는 얇은 dark 선이, 러빙 방향과 직교하는 방향에서는 굵은 dark 선이 형성되어 있다. 그림 1(b) 및 1(c)의 경우는 90° 교차된 편광축들을 시계방향으로 5°, 10° 회전한 경우, 1(d) 및 1(e)는 반시계 방향으로 교차된 편광판을 회전시킨 경우는 초기 직교되어 있던 2개의 dark 선이 90° 보다 작아지는 것을 볼 수 있다. 또한

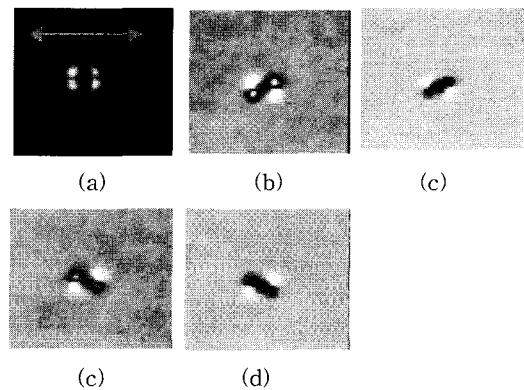


그림 1. 양의 액정 셀에서의 스페이서 주변 빛샘을 보여주는 편광현미경 사진.

Fig. 1. Photo showing the phenomenon of light leakage near the spacer of the cell with positive LC (Δε>0).

아령 모양의 dark선이 10° 회전시에는 굵은 dark선으로 변하고 그 선은 검광판 투과축 방향의 근처에서 형성되고 있다. 그리고 그림 1(b) 및 1(c)와 1(d) 및 1(e)는 서로 대칭적인 texture를 보이고 있음을 발견할 수 있었다.

그림 2는 음의 액정을 사용한 셀에서의 스페이서 주변 빛샘 현상으로써 (a)~(c)는 90° 교차된 편광판을 시계 방향으로 각각 0°, 5°, 10° 회전시의 dark 선의 형상을 보여주고 있고, (d) 및 (e)는 반시계 방향으로 각각 5°, 10° 회전하면서 현상한 사진들이다.

그림 2의 음의 액정을 사용한 셀의 경우에는 그림 1의 양의 액정을 사용한 셀의 경우와는 사뭇 다른 양상을 보여 주고 있다. 우선 그림 2(a)는 화살표 방향의 러빙 방향과 편광판축이 일치하고 있을 때로, 편광판축 방향에서는 다소 굵은 dark 선이, 러빙 방향과 직교하는 방향에서는 얇은 dark 선이 형성되어 있어 양의 액정을 사용하였을 경우와 반대의 특성을 보이고 있다. 그림 2(b) 및 2(c)의 경우는 90° 교차된 편광판들을 시계방향으로 각각 5°, 10° 회전한 경우, 2(d) 및 2(e)는 반시계 방향으로 교차된 편광판들을 회전시킨 경우이다. 교차된 편광판들을 회전시 초기 직교되어 있던 2개의 dark선이 90° 보다 작아지면서 또한 회전 방향과 반대의 방향에서 dark 선들이 머물러 있어 이 또한 양의 액정을 사용한 셀과는 반대의 현상을 보이고 있다. 마찬가지로 그림 2(b) 및 2(c)와 그림 2(d) 및 2(e)는 서로 대칭적인 모습을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 특이한 것은 초기 스페이서 주변의 넓은 영역의 dark선의 비

교시, 동일한 배율의 사진에 있어서 양의 액정의 경우가 음의 액정의 경우보다 넓고, 따라서 스페이서 주변의 빛샘도 상대적으로 약함을 알 수 있다.

상기의 관찰 결과를 통한 모델링을 위해 하기와 같은 접근방식을 취하였다. 액정의 배열에 미치는 힘을 분석해보면 두 가지로 분석 될 수 있다. 첫째는, 스페이서 표면에서 액정들이 수직하게 배열하려는 힘이며, 둘째는 상하판 180° 반대 러빙에 의해 액정들이 수평배열을 하려는 힘이다. 액정 분자의 배열은 두 힘의 경쟁에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 액정 분자 배열 해석에는 사진의 결과에서 보여주는 바와 같이 교차된 편광판 사이에서 셀을 회전시키면서 관찰한 dark선의 변화를 위치별 및 유전율 이방성이 다른 두 종류 액정에 대해 분석하였다. 마지막으로 이러한 결과로 액정의 배열 상태를 모델링 하였고 액정의 물성값에 어떻게 의존하는지를 분석하였다.

다음의 그림 3은 셀의 수직방향에서 바라본 스페이서 주변에서 스페이서의 수직 배향력, F_s 과 러빙에 의한 수평배향력, F_r 로 인하여 스페이서 주변의 각 위치별 액정의 탄성 변형력을 나타낸 그림이다.

즉, 스페이서 표면의 액정 배향과 셀 내의 액정배향이 거의 수직인 영역 ①, 임의의 각도를 갖는 영역 ②, 서로 평행한 영역 ③으로 나타낼 수 있고, 서로간의 배향력에 의하여 액정의 변형정도는 ①>②>③으로 영역 ①에서 가장 클 것으로 예상할 수 있다. 따라서 스페이서 주변의 액정의 모델링을 위해서는 액정의 변형정도가 가장 클 것으로 예상되어

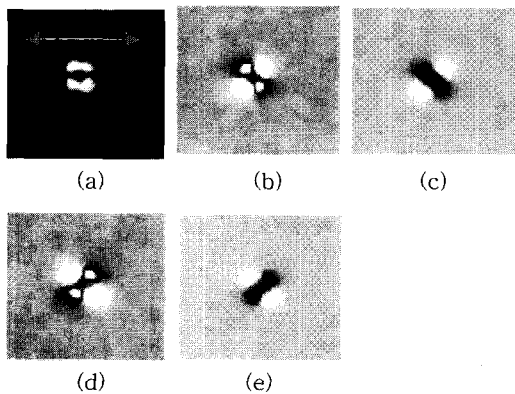


그림 2. 음의 액정 셀에서의 스페이서 주변 빛샘 현상을 보여주는 편광현미경 사진.

Fig. 2. Photo showing the phenomenon of light leakage near the spacer of the cell with negative LC ($\Delta\epsilon < 0$).

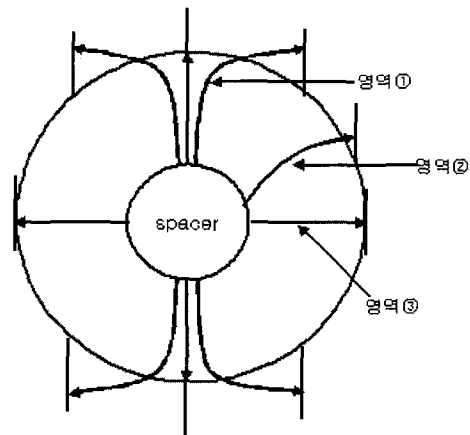


그림 3. 스페이서 주변에서의 액정의 탄성 변형 정도.
Fig. 3. Elastic deformation of the LC around the spacer.

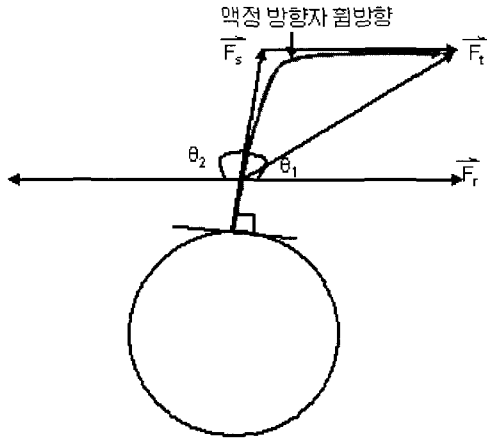


그림 4. 영역 ①에서의 액정에 미치는 두 방향의 탄성력 및 두 힘의 합에 의한 액정 방향자의 방향.
 Fig. 4. Two elastic forces affecting the alignment of the LC and direction of the LC director by resultant force in area ①.

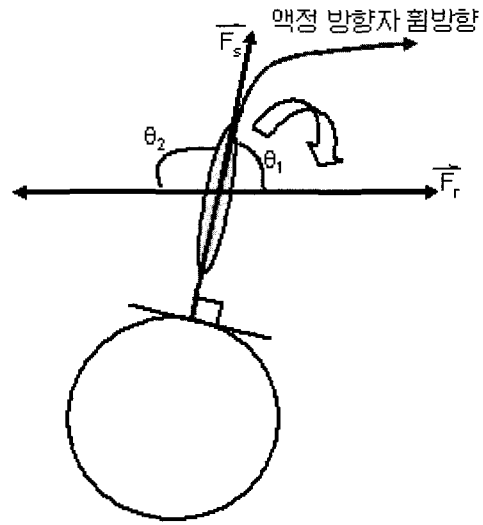


그림 5. 영역 ①에서 액정의 방향자가 검광판 축으로부터 θ_1 방향으로 휘는 경우.
 Fig. 5. The case that the LC director rotates from the axis of analyzer to the direction of θ_1 in area ①.

지는 영역 ①에서의 액정의 배열을 우선적으로 모델링을 할 필요가 있다.

그림 4는 영역 ①에서의 두 방향의 배향력 및 합성 벡터 힘과 그 힘에 의해 액정의 변형이 일어날 수 있는 방향을 보여주고 있다.

액정 방향자의 휨 방향이 F_s 과 F_r 이 이루는 각중에 예각인 θ_1 방향 즉 합성력, F_r 방향으로 액정 방향자가 휘는 것을 예상할 수 있고, 액정 방향자의 휨 정도가 스페이서 표면과 멀어질수록 크다는 것, 즉 셀 내의 액정 배향 형태로 액정 방향자가 따라간다고 예측될 수 있다. 이는 셀 내에서 러빙에 의해 수평 배향력을 가지고 있는 배향력 F_r 에 비해 스페이서 표면 배향력 F_s 는 거리가 멀어질수록 약해지는 성질을 가지기 때문이다. 이와 같은 이유로 영역 ①에서의 액정의 배열은 그림 4에서와 같이 액정 방향자의 휨 방향을 따를 것이라 예측할 수 있다. 그러면, 영역 ①에서 위치에 따른 액정의 배열을 파악하기 위해서는 그림 1(a) 및 그림 2(a)에서와 같이 dark 선이 형성되어 있는데 이 dark 선의 형성원인을 분석해야 한다. Dark 선이 형성되기 위해서는 액정의 방향자가 편광판 혹은 검광판과 일축이 되어야 하므로, 2가지의 경우를 들어 그림 5와 그림 6에 도시하였다.

그림 5는 영역 ①에서 액정의 방향자가 스페이서 표면 근처에서는 검광축을 따라 배열 하고 있고 스

페이스의 표면에서 멀어질수록 점진적으로 러빙방향과 일축이 되므로 액정의 변형 형태가 bend 변형을 가지는 경우로 액정 방향자가 예각인 θ_1 방향으로 휘게 된다.

그림 6의 경우는 영역 ①에서 액정 방향자가 편광판의 투과축과 일치하는 경우를 가정하여 모델링한 것이다.

스페이서 표면에서 수직하게 세워져 있던 액정이 영역 ①에서 액정이 90° 에 가깝게 변형이 될 경우, 즉 액정이 splay 변형을 가질 수 있다. 이 경우 액정의 회전방향은 θ_3 및 θ_4 의 두 가지의 방향으로 생각할 수 있고, 여기에서도 마찬가지로 액정 방향자가 예각을 가지는 θ_3 방향으로 회전하게 된다.

편광현미경을 통한 스페이서 주변에서 관찰된 texture 결과인 그림 1 및 그림 2의 결과를 종합하면, 양의 액정 및 음의 액정을 사용한 셀에서는 반대의 현상이 나타났는데, 즉 초기 액정 광축과 편광판 투과축이 이루는 각이 0° 의 경우 양의 액정을 사용한 셀에서는 러빙방향과 수직인 방향에서 굵은 dark 선이 형성되고 음의 액정을 적용한 셀에서는 러빙 방향에서 굵은 dark 선이 형성되었다. 또한, 양의 액정 적용셀에서의 dark 선은 교차된 편광축의

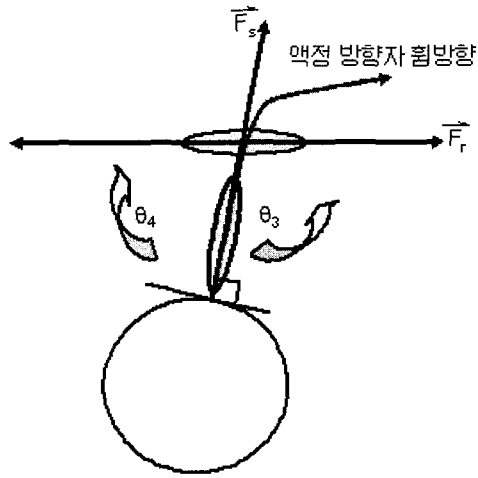


그림 6. 영역 ①에서 액정의 방향자가 편광축과 일치할 경우.

Fig. 6. The case that the LC director coincides with the axis of polarizer in area ①.

회전방향과 동일한 방향에서 발생하나, 음의 액정 적용셀에서는 회전방향과 반대방향에서 dark 선의 생성등을 들 수 있다.

우선 양의 액정을 사용한 셀의 영역 ①에서의 액정 배열을 보면 스페이서 표면의 수직하게 세워져 있던 액정이 그림 5와 같이 bend 형태로 점차적으로 회전할 것인지, 혹은 그림 6과 같이 스페이서 표면 외에서 바로 90°로 액정분자가 변형을 가질지는 사진이 쉽게 증명하여 주고 있다.

그림 1(a)에서 굵은 dark 선이 회전시 1(b)에 나타난 것처럼 교차된 편광판의 회전방향으로의 dark 선의 이동 등은 양의 액정 셀의 경우 영역 ① 근방에서 액정들이 bend 형태를 가져 그림 5와 같은 변형 형태를 갖는다고 판단 할 수 있다. 만약 이 영역에서 splay 변형 형태를 가져 그림 6을 따를 경우는 액정들이 영역 ①에서 대부분의 액정들의 방향자가 검광판의 투과축과 임의의 각도만큼 기울어지게 되어 얇은 dark 선으로 보일 것이고, 스페이서 표면 및 스페이서의 배향력을 거의 상실하는 영역에서 주로 dark 선이 보이게 될 것이다. 또한 이와 같은 경우에는 교차되어 있는 편광축을 회전시, 회전방향에서는 오히려 검광판 및 편광판 축과 일치하는 방향자들이 점점 더 사라지고, 반대방향에서 편광축과 일치 축이 되는 방향자들이 늘어나게 되어 dark 선은 결국 회전방향과 반대방향에서 형성이 될 것이다.

이와 같은 분석에 의해 양의 액정은 액정의 변형력이 큰 영역 ①에서 bend 형태로 변형하게 되고, 음의 액정은 splay 형태로 변형하게 된다고 예측 할 수 있다.

지금까지의 분석결과를 토대로 액정의 물성치와 스페이서 주변의 액정 방향자와 어떤 관계가 있는지를 모델링을 통해 규명하고자 한다. 우선적으로 액정의 변형력 및 배열에 가장 직접적으로 영향을 미칠 것으로 예상되는 탄성계수를 비교해 보았다. 표1에 액정의 물성치 비교에도 나타나 있지만 여러 가지 양의 액정 및 음의 액정들의 물성치를 비교해 본 결과 양의 액정의 경우가 음의 액정에 비해 탄성 상수들의 합이 현저히 적다. 아울러 K_{33}/K_{11} 비의 값을 비교 시 양의 액정의 경우는 그 수치가 1.45 근방 또는 그 이상의 값을 가지며, 음의 액정들은 그 수치가 1.12 근처로 양의 액정의 값에 비해 작음을 알 수 있었다. 이러한 사실은 스페이서 주변의 액정 변형이 서로 다를 수 있다는 것을 암시하는데 즉, 양의 액정들은 음의 액정들에 비하여 액정/액정 상호 분자력이 약해 스페이서나 기판 표면의 배향력에 의해 분자들의 배열이 결정된다고 볼 수 있고 K_{33} 값이 K_{11} 값보다 크기 때문에 액정 분자들의 변형이 bend 보다는 splay 형태가 쉽다고 볼 수 있다. 따라서 그림 7에 스페이서 주변에서 액정 분자의 배열을 보여준 것처럼 영역 ①에서는 스페이서 배향력에 의해 액정 분자가 수직배열을 하고 표면에서 떨어진 영역에서는 수평배열을 하여 액정 분자가 bend 변형을 하고 있다. 영역 ② 및 영역 ③에서는 마찬가지로 스페이서 표면의 수직 배향력의 영향을 받아 bend 형태를 유지하려는 성질이 있으나, 스페이서 표면에 액정이 수직 배열을 하고 표면에서 멀어질수록 수평배열을 하여 bend 변형 대신에 splay 변형을 하고 있다. 이러한 이유에서 영역 ②에서는 액정 분자와 교차된 편광판축과 45°각을 이루어 빛샘이 강하게 발생하고, 또한 영역 ③보다는 영역 ①에서 좀 더 많은 액정 분자들이 검광판축과 일치하여 있기 때문에 굵은 dark 선을 보여준다고 볼 수 있다. 이에 반하여 음의 액정의 경우에는 액정/액정 상호분자력이 커 상대적으로 스페이서나 기판 표면의 배향력에 의해 영향을 덜 받고 K_{33} 값과 K_{11} 값이 유사하기 때문에 bend 나 splay로 변형율이 거의 같다고 볼 수 있다. 따라서 음의 액정의 경우 액정/액정 상호 분자력이 크기 때문에 변형력이 큰 영역 ①에서는 스페이서 표면에 의한 수직 배열 보다는 그림 8에서 보여주는 것과 같이 splay 형태의 변형을 갖는다고 볼 수 있고 영역 ③에서는 액정분자들이 기판

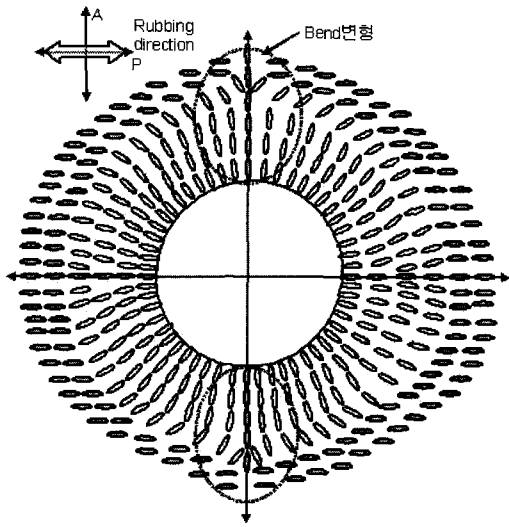


그림 7. 스페이서 주변에서 양의 액정의 배향 정도를 보여주는 모형도.

Fig. 7. Schematic drawing of the alignment of the LC ($\Delta\epsilon>0$) near spacer.

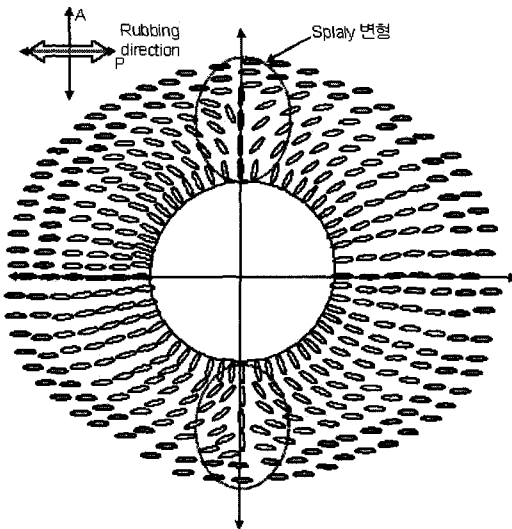


그림 8. 스페이서 주변에서 음의 액정의 배향 정도를 보여주는 모형도.

Fig. 8. Schematic drawing of the alignment of the LC ($\Delta\epsilon<0$) near spacer.

의 수평 배향력에 의해 수평 배열을 하고 있어 상대적으로 많은 액정 분자들이 액정/액정 상호 분자력에 의해 스페이서 표면력에 의한 수직 배열력을 이

기고 수평배열을 하고 있어 bend 변형을 하고 있다. 이와 같은 이유로 음의 액정을 적용한 셀의 경우 러빙 방향 영역에서 좀더 굵은 dark선이 보여진다. 또한 전체적으로 빛샘이 영역 ②에서 음의 액정을 적용한 셀이 양의 액정을 적용한 셀 보다 큰 이유는 (그림 1 및 그림 2 참조) 탄성상수들의 합이 큰 경우 액정들 사이에 강한 상호분자력이 작용함으로 스페이서와 같은 이물질로 인해 러빙에 의한 액정들의 배열이 변형을 일으키는 경우, 복귀하는데 더 힘들고 넓은 거리를 요구한다는 것이다.

그림 7 및 그림 8은 이와 같은 지금까지의 분석결과를 토대로 양의 액정 및 음의 액정 셀에서의 스페이서 주변의 액정의 배열을 모델링을 한 것이다. 상기와 같이 분석한 결과를 토대로 다음과 같이 스페이서 주변 빛샘 현상을 요약 할 수 있다.

- (1) 액정의 물성치중에 탄성상수의 비율(K_{33}/K_{11})이 스페이서 주변의 액정의 배열에 지배적인 영향을 미친다.
- (2) 탄성상수의 비율(K_{33}/K_{11})을 조절하여 스페이서 주변 빛샘 제거가 가능할 것으로 보인다.
- (3) 양의 유전율 이방성을 가지는 액정이 음의 유전율 이방성을 가지는 액정에 비해 스페이서 주변 빛샘이 적어 명암대비율에 유리하다는 것을 알 수 있다.
- (4) 탄성상수의 합이 작은 액정이 스페이서 주변에서 러빙에 의한 초기배열 상태로의 복귀에 용이하며 따라서 빛샘영역도 줄어들음을 알 수 있다.
- (5) 90° 교차된 편광판들의 한축과 일치하는 액정의 배열이 bend 형태를 유지시 보다 넓은 영역에 걸쳐 dark 선이 형성되고, splay 변형은 액정의 배열이 일정한 축을 기준으로 방사하게 되므로 가느다란 dark 선이 생기게 된다.
- (6) 양의 유전율 이방성을 가지는 액정은 러빙방향과 90° 의 각도를 이루는 방향에서는 bend 변형을, 러빙방향과 평행에 가까울수록 splay 변형을 유지하려 한다.
- (7) 음의 유전율 이방성을 가지는 액정은 러빙방향과 평행을 이루는 방향에서 bend 변형을, 각도가 커져 탄성변형이 커질수록 splay 형태를 좀 더 유지하려 한다.

4. 결론

본 연구를 통해 스페이서 주변의 빛샘과 액정 물

성과의 상호관계를 연구하였다. 스페이서 주변의 액정 배열의 분석 결과, 액정배열이 액정의 물성 특성 중 탄성상수의 비율 K_{33}/K_{11} 에 강하게 의존한다는 것을 알았다. 편광관과 동일축이 되는 영역에서 액정의 배열이 splay 변형에 가까울수록 가느다란 dark 선이, bend 변형에 가까울수록 굵은 dark 선이 생기며, 탄성상수의 비율 K_{33}/K_{11} 값이 클수록 변형력이 큰 영역에서 bend 변형을, 변형정도가 작은 영역에서는 splay 변형을 유지하려는 성질이 있다. 또한 탄성상수의 비율 K_{33}/K_{11} 값이 상대적으로 작을수록 반대의 현상을 보여주었다. 즉, 탄성상수의 비율 K_{33}/K_{11} 값에 따른 스페이서 주변의 액정 배열 형태가 두 종류가 가능하다는 것을 보여주었다. 현존하는 대부분의 액정 중 유전을 이방성이 양인 경우가 음인 경우보다 K_{33}/K_{11} 값이 커 양인 경우에는 러빙방향과 수직방향, 음인 경우에는 러빙방향과 수평방향에서 굵은 dark 선이 존재한다. 향후 스페이서 표면에서 액정이 수직이 아닌 수평하게 배열이 되는 타입의 경우 등은 앞으로 좀 더 분석해야 할 과제이다.

감사의 글

본 논문은 2001년도 전북대학교의 지원 연구비에 의하여 연구된 논문입니다.

참고 문헌

- [1] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, "Electro-optic characteristics and switching principle of a nematic liquid crystal cell controlled by fringe-field switching", Appl. Phys. Lett., Vol. 73, No. 20, p. 2881, 1998.
- [2] 정연학, 김향울, 이승희, "프린즈 필드에 의해 구동되는 하이브리드형 네마틱 액정 디스플레이의 전기광학 특성", 전기전자재료학회논문지, 15권, 6호, p. 524, 2002.
- [3] 김향울, 고재완, 노정동, 서대식, 이승희, "유전을 이방성이 음인 액정을 이용한 이중 도메인 FFS 모드와 전기광학 특성", 전기전자재료학회 논문지, 15권, 8호, p. 720, 2002.
- [4] M. Oh-e and K. Kondo, "Electro-optical characteristics and switching behavior of the in-plane switching mode", Appl. Phys. Lett., Vol. 67, No. 26, p. 3895, 1995.

- [5] 김향울, 서대식, 남상희, "IPS셀의 전압보유율 및 잔류 DC특성 연구", 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p. 169, 2002.
- [6] M. Hasegawa and H. Yamanaka, "Leakage of light from spacer balls in nematic LCDs", IDW '98, p. 45, 1998.
- [7] Y. Utsumi, Y. Tomioka, and K. Kondo, "Achieving high contrast ratio in IPS TFT-LCDs by domain formation control around spacers", SID '00, p. 854, 2000.
- [8] Y. Utsumi, S. Komura, Y. Iwakabe, S. Matsuyama, and K. Kondo, "Dependence of light-leakage caused by domain formation around spacers on liquid crystal mixture in normally black mode LCDs", IDW '99, p. 289, 1999.