

## 초기에 투명한 상태인 고분자 분산형 액정셀의 전기 광학 특성

김미숙\* · 원해경 · 송성훈\* · 이명훈 · 이승희†

전북대학교 공과대학 신소재공학부, \*BOE HYDIS Technology, Panel Design Group

(2004년 1월 5일 접수, 2004년 6월 18일 채택)

### Electro-Optic Characteristics of Polymer Dispersed Liquid Crystal Cell with Transparent State Initially

M. S. Kim\*, H. K. Won, S. H. Song\*, M. H. Lee, and S. H. Lee†

School of Advanced Materials Engineering, Chonbuk National University,  
Chonju, Chonbuk 561-756, Korea

\*BOE HYDIS Technology, Panel Design Group

†e-mail : lsh1@moak.chonbuk.ac.kr

(Received January 5, 2004; accepted June 18, 2004)

**초록 :** 유전율 이방성이 음인 액정과 UV 경화용 단량체를 사용해 초기에 투명한 상태인 고분자 분산형 액정 (PDLC) 셀을 제작하였고 그 셀의 전기 광학 특성을 연구하였다. 액정과 단량체의 비율이 70/30 wt%, 20 °C의 노광 온도, 198 mW/cm<sup>2</sup>의 노광 세기에서 만들어진 셀이 명암 대비율이 가장 우수하였다. 이 조건에서 만들어진 초기에 투명한 상태를 나타내는 고분자 분산형 액정 셀은 종래 PDLC 셀과 달리 액정들이 초기에 수직 배향막에 의해 기판에 수직으로 서게 되고 노광에 의해 중합된 고분자는 액정의 배열에 영향을 크게 미치지 않아 전압 인가 전에는 입사 된 빛이 통과하게 된다. 전압 인가 시에는 전기장에 액정들이 기판에 수직 방향으로 누우면서 고분자와 액정의 굴절율 차이를 만들어내고 이는 입사된 빛을 산란 시킨다. 또한 이러한 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀은 기존의 초기에 산란을 일으키는 PDLC 셀보다 우수한 시야각 특성을 보여주었다.

**ABSTRACT :** We fabricated a polymer dispersed liquid crystal (PDLC) cell using LC with negative dielectric anisotropy and UV curable monomer exhibiting transparent state initially (called normally transparent (NT)) and studied the electro-optic characteristics. The NT PDLC cell made with the ratio of LC : monomer = 70/30 wt%, curing temperature of 20 °C and strong UV intensity of 198 mW/cm<sup>2</sup> had high contrast ratio and showed good electro-optic characteristics. In this condition, LC is aligned vertically on the substrate due to the vertical alignment layer and the polymer made with the UV exposure does not influence the alignment of the LC much. Therefore, the transmittance at the zero voltage is very high and the scattering state of the cell is good after applying the voltage because LC with negative dielectric anisotropy tries to align perpendicular to the field. And also, the NT PDLC cell showed better viewing angle characteristics than that in the normally scattering (NS) PDLC.

**Keywords :** normally transparent / normally scattering polymer dispersed liquid crystal.

### 1. 서론

최근 액정 디스플레이 (LCD)의 연구가 활발히 진행되면서 LCD의 화질이 cathode-ray tube (CRT) 를 대체할 만큼 우수해져 노트북, 모니터 등 많은 부분에 응용되고 있다. 그 중 대표적인 모드는 광시야각을 나타내는 광시야각 비틀린 네마틱 액정디스플레이 (wide-view twisted

nematic),<sup>1</sup> 수평 거동 액정 디스플레이 (in-plane switching),<sup>2,3</sup> 프린지 필드 스위칭 액정디스플레이 (fringe-field switching),<sup>4</sup> 다중 도메인 수직 배향 액정디스플레이 (multi-domain vertical alignment)와<sup>5</sup> 같은 투과형 모드로 이러한 모드는 편광판을 2장 사용하며 배향막 코팅과 러빙 등에 의한 제조 공정이 복잡한 단점이 있다. 이에 반해 대표적인 산란형 모드인 고분자 분산형 액정 (PDLC)<sup>6</sup> 모드

는 편광판이 필요 없고 제조공정이 간단해 switchable window에 주로 적용된다. 이러한 PDLC 셀 제작 시 노광 온도, 액정과 고분자의 혼합 비율, 노광 세기 등의 다양한 상 분리 요소를<sup>7,9</sup> 고려하면 전기 광학 특성이 우수한 셀을 만들 수 있다. 초기에 산란상태 (NT : Normally transparent)를 나타내는 기존의 PDLC 모드는 전압 인가 전 초기가 산란 상태를 나타내기 때문에 보통의 유리처럼 사용하기 위해서는, 즉 투명한 상태를 유지하기 위해서는 셀에 전압을 항상 인가해야만 하기 때문에 전력 소모가 크다는 단점이 있다. 이에 반해 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 모드는 전압 인가 전 투명한 상태를 나타내며 전압 인가 시 산란 상태 (NS : Normally scattering)를 나타내기 때문에 기존의 산란형 PDLC 보다 switchable window에 더욱 적합하며 최근에 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>10</sup> 일반적으로 초기에 투명한 상태를 나타내는 모드는 고분자의 비율이 5 wt% 미만이며 수직 배향막과 노광에 의해 형성되는 비등방성 고분자 네트워크에 의해 전압 인가 전 액정들이 수직으로 배열하게 된다. 하지만 고분자의 비율이 적으면 대면적 switchable window로 사용시 중력에 의해 액정이 흘러내리는 단점이 있는데 이러한 문제점을 고려해 본 논문에서는 고분자의 비율을 20% 이상 포함하는 새로운 형태의 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀을 제작하였고 이 셀의 전기 광학 특성을 살펴보았다.

## 2. 셀 동작원리 및 실험 조건

초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 모드의 구조는 Figure 1과 같다. 상하 기판에 수직 배향막이 코팅되며 UV 경화 가능한 고분자 단량체와 액정의 혼합물을 셀에 주입한 후 노광을 통해 액정과 고분자의 상 분리를 유도한다. 적절한 조건에서 전압 인가 전 액정들은 기판에 수직으로 배열하게 된다. 따라서 수직으로 입사된 빛이 액정의 단축과 고분자를 지나며 이때 액정의 단축과 고분자의 굴절률이 같기 때문에 입사광이 셀을 통과해 투명한 상태가 된다. 또한 전기장 방향에 수직으로 움직이는 유전율 이방성이 음 (-)인 액정 (LC)을 사용하기 때문에 전압 인가 시 액정이 무질서한 방향으로 누우면서 배열하게 된다. 이때 입사된 빛이 액정과 고분자의 굴절률 차이에 의해 산란 된다. 여기서 중요한 사실은 Figure 1(a)에서 보이는 것처럼 초기에 투명한 상태를 나타내는 기존 PDLC 셀의 경우 고분자의 비율이 적게 포함되고 (5 wt% 이하) UV 조사 시 비등방성 고분자 네트워크가 형성된다는 것이다. 이러한 고분자 네트워크는 수직 배향막에 의해 수직배열 된 액정의 배

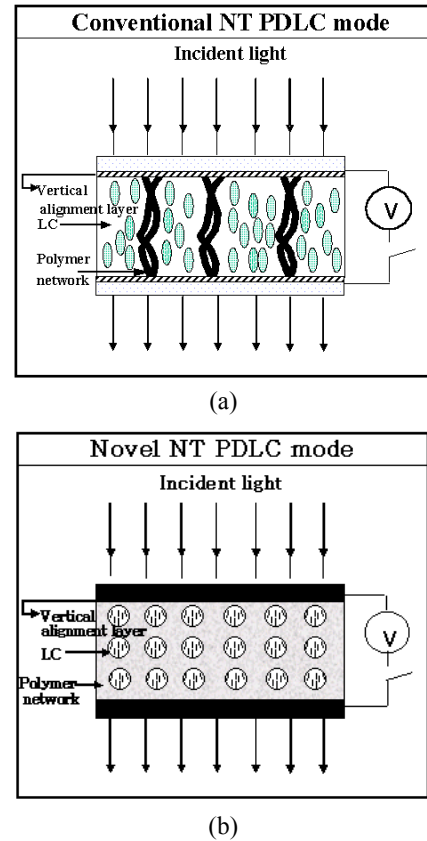


Figure 1. Cross-sectional structures of the conventional (a) and new (b) NT PDLC cells.

열에 크게 영향을 미치지 않아 액정들이 기판에 수직으로 서게 되어 전압인가 전 높은 투과율을 보여주나 전압 인가 시 산란도가 적은 단점이 있다. 이에 반해 본 연구에서는 Figure 1(b)과 같이 30 wt%의 고분자 비율을 포함하는 초기에 투명한 상태를 나타내는 새로운 PDLC 셀을 제작하였다. 비등방성 고분자 네트워크가 형성되지 않았음에도 불구하고 초기 투과율이 우수하였다. 실제로 초기 투과율이 높기 위해서는 액정들이 기판에 수직으로 배열되어 있어야 하는데 실험결과를 통해 액정들이 기판에 수직으로 배열되는 것을 알 수 있었으며 이는 노광에 의해 생성되는 고분자 matrix가 수직 배향막에 의해 기판에 수직으로 서있는 액정의 배향을 크게 흐트러뜨리지 않았기 때문이다.

셀을 만드는데 사용한 네마틱 액정은 MJ001327 ( $\Delta\epsilon = -3.9$ ,  $T_{NI} = 96$  °C,  $\Delta n = 0.1547$ ,  $n_e = 1.6447$ ,  $n_o = 1.49$ ,  $\lambda = 589.3$  nm)이며 단량체는 아크릴레이트계 PN393 ( $n = 1.473$ )이다. 지름이 4  $\mu\text{m}$ 인 스페이서를 사용해 셀 갭을 형성했으며 액정 대 단량체의 비율을 50/50 wt%에서 70/30 wt%까지 변화시켰다. 위의 재료를 사용 시 액정의 비율이

70 wt% 이상에서는 노광 전 액정과 단량체가 균일하게 섞이기 않기 때문에 액정의 비율을 70 wt% 까지만 변화시켰다. 또한 노광 온도(20 °C, 30 °C, 40 °C)와 노광 세기 (1.3 mW/cm<sup>2</sup>, 198 mW/cm<sup>2</sup>)를 달리하면서 다양한 조건에서 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀을 제작했다. 만들어진 셀의 전압에 따른 투과율 변화를 살펴보기 위해 광학 테이블을 사용해 전압 인가 전과 후 셀을 통과하는 빛의 양의 변화를 포토 다이오드로 측정하면서 전압에 따른 투과율 변화를 측정해 셀의 전기 광학 특성을 살펴보았다<sup>11</sup>.

### 3. 결과 및 토론

일반적인 고분자 분산형 액정 셀에서 형성되는 액정 방울의 크기와 밀도는 셀의 광학 특성에 크게 영향을 주며 다음의 식과 같이 나타내어진다<sup>12</sup>.

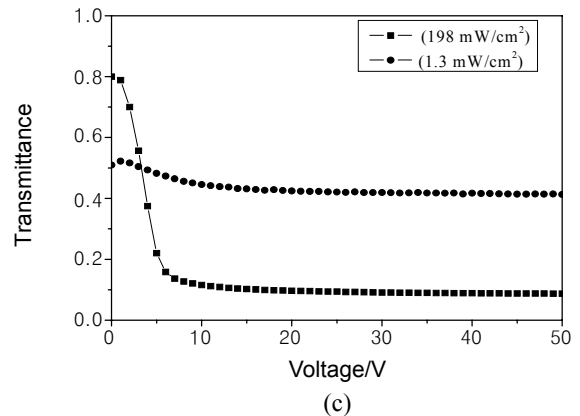
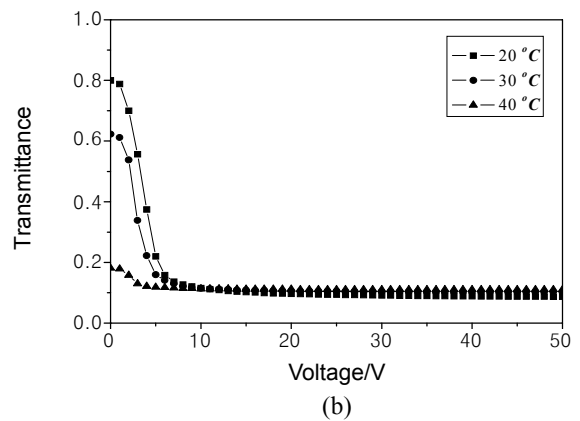
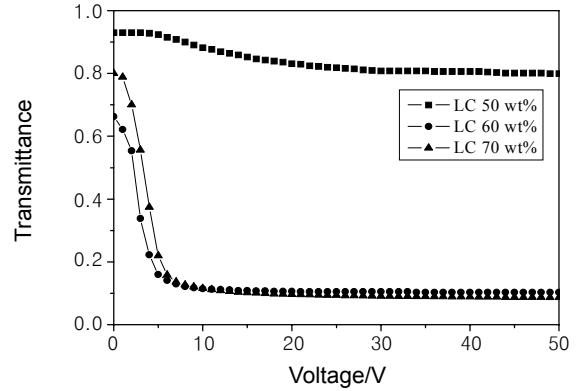
$$I_t = I_o e^{-\beta d \sigma} \quad (1)$$

여기서,  $I_t$ 는 셀을 통과한 빛의 세기이며  $I_o$ 는 입사 된 빛의 세기이며,  $\beta$ 는 액정 방울의 체적밀도,  $d$ 는 샘플의 두께이다.  $\sigma$ 는 액정 방울의 총 산란 단면적으로 다음과 같이 표현 될 수 있다.

$$\sigma = 2\sigma_0(kR)^2 \left[ \frac{n(\theta)}{n_p} - 1 \right] \quad (2)$$

여기서,  $\sigma_0$ 는 기하학적인 단면적,  $k = 2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 입사광의 파장),  $R$ 은 액정 방울의 반경,  $n_p$ 는 고분자의 굴절률,  $n(\theta)$ 는 네마틱 액정 방울의 유효굴절률로 시야각  $\theta$ 의 함수이다. 위의 식에서 표현된 것처럼 액정 방울의 밀도가 많고 직경이 클수록, 샘플의 두께가 클수록 산란되는 빛의 양이 많아짐을 알 수 있다. 본 논문에서 전기 광학 특성이 우수할 때의 셀에서 액정 방울 크기와 밀도 정도를 알기 위해 노광 온도, 액정과 고분자의 혼합 비율, 노광 세기 등의 다양한 상분리 요소를 고려해 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀을 만들어 전기 광학 특성을 살펴보았으며 이때의 액정 방울의 크기와 밀도를 관찰하기 위해 편광 현미경에서 셀을 관찰했다. 이때 샘플의 두께는 4  $\mu$ m로 고정시켰다.

Figure 2는 혼합물의 비율과 노광 조건을 달리할 때 전압에 따른 투과율 곡선이다. Figure 2(a)에서 나타난 바와 같이 액정의 비율이 50 wt%일 때에는 초기 투과도



**Figure 2.** Voltage-dependent transmittance curves : (a) for different LC wt% in a polymer with UV intensity of 198 mW/cm<sup>2</sup> at 20 °C, (b) for different curing temperatures with a LC 70 wt% in a polymer and UV intensity of 198 mW/cm<sup>2</sup>, (c) for different UV intensities with a LC 70 wt% in a polymer and a temperature of 20 °C.

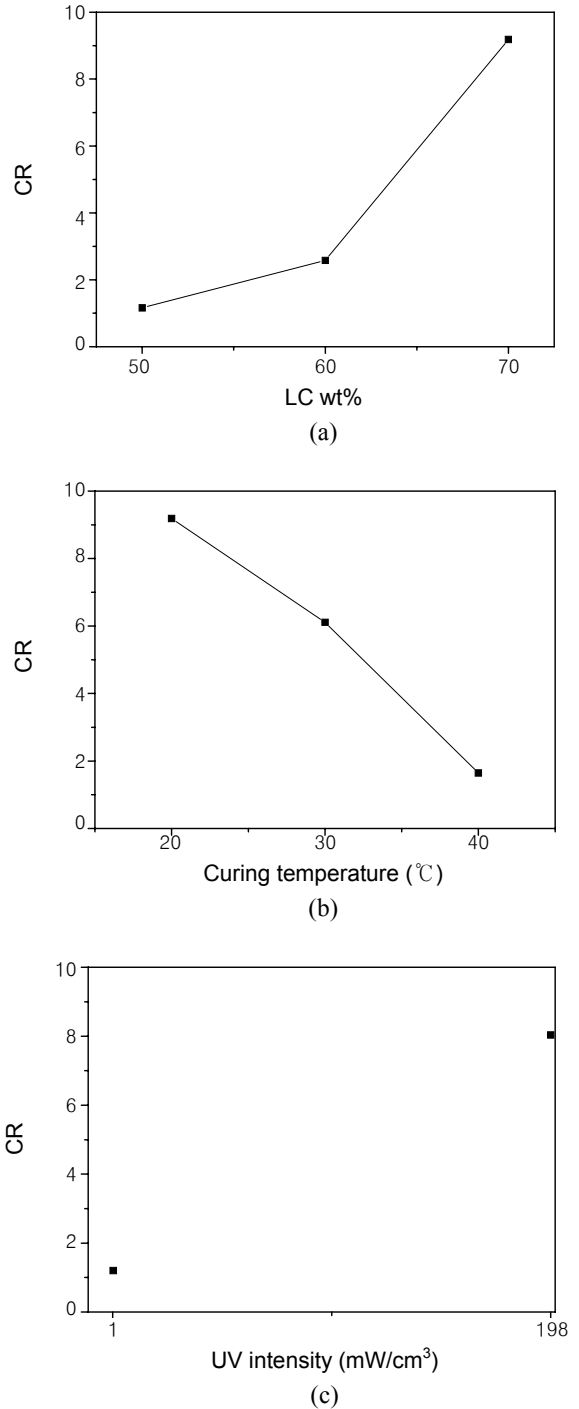
가 우수하나 전압에 따른 투과율 변화가 적었다. 액정의 비율을 60 wt%와 70 wt%로 증가 시 초기 투과율은 약간 감소하나 전압 인가 시 산란도가 증가함에 따라 셀의

투과율이 감소하여 명암대비가 좋은 셀을 얻을 수 있었다. 또한 전압이 약 10 V 정도 인가되면 투과율은 10% 정도였으며 전압을 50 V까지 인가 시는 투과율이 10% 이하로 감소하였다. 이때 노광 조건은 노광 세기 198 mW/cm<sup>2</sup>에서 20 °C이다. Figure 2(b)는 노광 온도를 변화시킬 때 전압에 따른 투과율 곡선이다. 온도가 20 °C에서 40 °C로 증가 시 전압 인가 전 투과율이 감소하였다. 이를 통해 노광 온도가 상 분리에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이때 액정 비율은 70 wt%, 노광 세기는 198 mW/cm<sup>2</sup>이다. Figure 2(c)는 액정 비율은 70 wt%인 셀에서 상온에서 노광 세기를 변화시킬 때 전압에 따른 투과율을 나타낸다. 노광 세기가 198 mW/cm<sup>2</sup>에서 1.3 mW/cm<sup>2</sup>로 감소 시 초기 투과율이 감소할 뿐만 아니라 노광 세기가 약할 시는 전압인가에 따른 투과율 변화도 적음을 알 수 있었다.

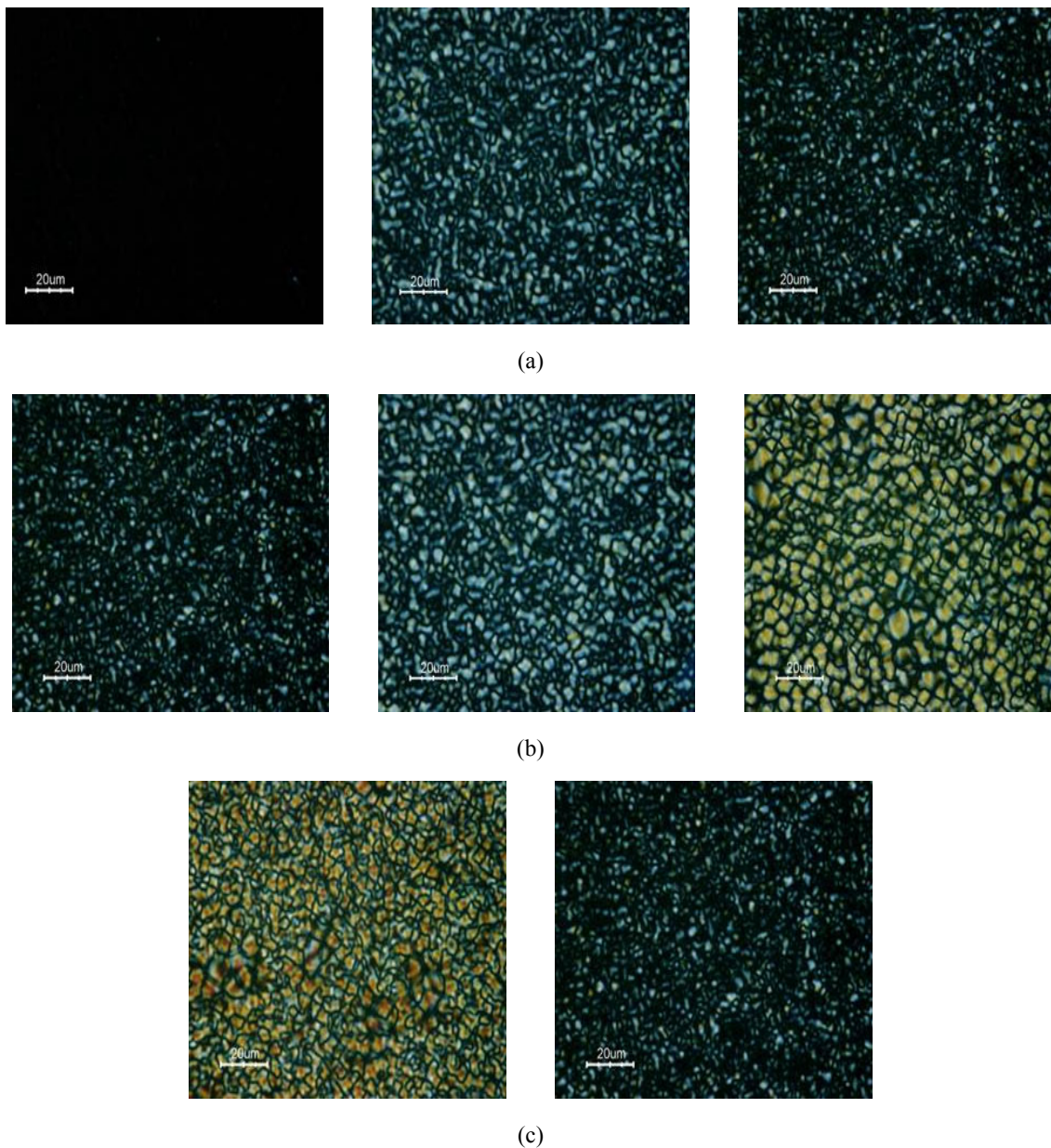
다음은 액정과 고분자의 혼합물의 비율과 다양한 UV 조건에 따른 셀의 전기 광학 특성을 좀더 자세히 분석하기 위해 셀의 명암 대비비 (CR)를 측정 후 비교해 보았다. 명암 대비비가 크면 클수록 switchable window로 적합하다고 볼 수 있다. 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀에서 CR은 산란 상태에서의 투과율에 대한 투명한 상태에서의 투과율의 비 ( $T_{0V}/T_{50V}$ )로 정의된다. 본 실험에서 투명한 상태에서의 투과율은 0 V에서의 투과율 ( $T_{0V}$ )로, 산란 상태에서 투과율은 50 V에서 투과율 ( $T_{50V}$ )로 표현했다. 실제로 50 V 이상에서 산란도의 차이가 거의 존재하지 않기 때문에 구동전압은 50 V로 고정시켰다. Figure 3는 다양한 조건에서의 CR 값을 나타내며 Figure 3(a)에서 보이는 것처럼 액정의 비율이 50 wt%인 경우 1.1, 60 wt%에서는 2.64, 70 wt%에서는 8.04로 액정의 비율의 50 wt%에서 70 wt%로 증가할수록 큰 CR 값을 가지는 것을 알 수 있다. Figure 3(b)는 노광 온도에 따른 CR 값 변화로 20 °C에서는 8.04, 30 °C에서는 6.1, 40 °C는 2.6으로 노광 온도 증가 시 CR 값이 떨어지는 것을 알 수 있다. Figure 3(c)는 노광 세기에 따른 CR 변화이다. 1.3 mW/cm<sup>2</sup>의 적은 노광 세기에서는 1.2, 198 mW/cm<sup>2</sup>의 강한 노광 세기에서는 8.04의 CR 값을 가지는 것을 보아 액정의 비율이 커질수록 노광 온도가 낮을수록 노광 세기가 강할수록 전기 광학 특성이 우수한 셀이 만들어졌다.

각 셀에서 액정 방울의 크기와 밀도를 관찰하기 위해 셀의 양쪽에 편광판이 90°로 교차된 편광 현미경에서 셀을 관찰하였다. Figure 4는 혼합물의 비율과 노광 조건을 달리할 때 전압 인가 전 초기 상태를 나타낸다. Figure 4(a)에서 보이는 것처럼 액정의 비율이 50 wt%일 때에는 완벽한 어둠 상태를 보여준다. 이것은 상 분리가 일어

나지 않아 방울을 형성하지 않은 액정들이 기관에 완벽하게 수직으로 배열되어 있음을 나타낸다. 액정의 비율이 60 wt%인 경우 액정 방울의 크기는 1~4 μm이며 액정의 비율이 70 wt%인 경우는 0.2~2 μm의 작은 액정



**Figure 3.** Measured contrast ratio (CR): (a) at different LC wt% (50, 60, 70 wt%), (b) at different curing temperature (20, 30, 40 °C), and (c) at different UV intensity (1.3 mW/cm<sup>2</sup>, 198 mW/cm<sup>2</sup>).



**Figure 4.** Polarizing microscope images for the NT PDLC cells at zero voltage: (a) at different LC wt% (50, 60, 70 wt%), (b) at different curing temperature (20, 30, 40 °C), and (c) at different UV intensity (1.3 mW/cm<sup>2</sup>, 198 mW/cm<sup>2</sup>).

방울들이 형성된다. 이는 UV노광 전 혼합물은 단량체와 액정이 잘 섞인 blending 상태이며 모노머의 양이 많은 경우 단량체가 UV에 의해 고분자가 되면서 UV에 반응하지 않는 액정들이 UV에서 멀어지는 쪽으로 점차적으로 확산하면서 액정 분자들이 쉽게 aggregation 되고 액정 방울이 형성되면서 상 분리가 일어나기 때문이다. 즉, 단량체가 40 wt%인 경우보다는 더 적은 30 wt%인 경우 액정들이 확산되면서 aggregation 되기 전에 모 단량체가 고분자화 되면서 액정 방울이 형성되기 때문

에 액정들의 aggregation 정도가 적으며 따라서 액정 방울의 크기가 40 wt% 보다는 상대적으로 작게 된다. 결과적으로 액정의 비율이 60 wt%에서 70 wt%로 증가 시  $\sigma$  값이 감소해 초기 투과율이 증가한다. Figure 4(b)는 노광 온도를 20, 30, 40 °C로 변화시킨 경우이며 노광 온도가 20 °C인 경우 액정 방울의 크기는 0.2~2  $\mu$ m, 30 °C인 경우는 2.5~6  $\mu$ m, 40 °C인 경우는 10  $\mu$ m 이상으로 노광 온도 증가 시 액정 방울의 크기가 더 커진다. 이는 노광 온도 증가 시 온도에 의한 열에너지로 인해

액정 분자들의 확산이 빨라지면서 액정 분자들의 aggregation 현상을 돕기 때문이다. 따라서  $\sigma$  값의 증가로 초기 투과율이 감소하게 된다. Figure 4(c)는 노광 세기를 변화시킨 경우로 1.3 mW/cm<sup>2</sup>의 약한 노광에서는 약 2~7  $\mu\text{m}$ 의 액정 방울이 만들어지고 198 mW/cm<sup>2</sup>의 강한 노광 세기에서는 0.2~2  $\mu\text{m}$ 의 액정 방울이 만들어지면서  $\sigma$  값이 작아지기 때문에 전압 인가 전 초기 투과율이 높게 된다. 즉 액정의 비율이 70 wt%, 노광 온도 20  $^{\circ}\text{C}$ , 강한 노광 세기인 198 mW/cm<sup>2</sup>에서 만들어진 셀이 전압 인가 전 경우는 0.2~2  $\mu\text{m}$ 의 작은 액정 방울들이 만들어져 초기 투과율이 좋게 된다. 또한 이 조건에서 액정들이 기판에 거의 수직으로 서기 때문에 전압 인가 전 투과율이 좋으며 액정의 방울의 밀도가 높아서 전압 인가 후 액정들이 전기장 방향에 수직인 방향으로 무질서하게 재배열하기 때문에 액정 단축의 굴절률과 고분자의 굴절률 차에 의한 셀의 산란 상태 역시 우수하다. Figure 5는 이러한 조건에서 만들어진 셀을 주사 전자 현미경 (SEM)을 통해 관찰한 결과이다. 그림에서 보이는 것처럼 고분자의 형상은 일반적인 초기에 투명한 상태를 나타내는 모드에서 보이는 비등방성 구조로 나타나지 않았으며 1  $\mu\text{m}$  미만의 작은 액정 방울이 만들어졌다. 그림에도 불구하고 셀의 초기 상태가 투명한 이유는 본 실험과 같이 4  $\mu\text{m}$ 의 작은 셀 갭 조건에서 노광에 의해 생성되는 고분자 매트릭스가 수직 배향막의 배향력을 깨뜨리지 않고 따라서 액정의 초기 배열 역시 수직상태를 유지하기 때문이다. Figure 6은 이러한 조건에서 만들어진 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀과 초기에 산란을 일으키는 PDLC 셀<sup>11</sup> (E7 80 wt%+NOA65 20 wt%, 셀 갭 20  $\mu\text{m}$ , 액정 방울 크기 3~4  $\mu\text{m}$ )의 투명상태에서의 시야각 특성을 보여준다. 시야각 곡선은 정면에서 좌우 70 $^{\circ}$  극각 까지 10 $^{\circ}$ 씩 증가시키면서 측정하였다. 초

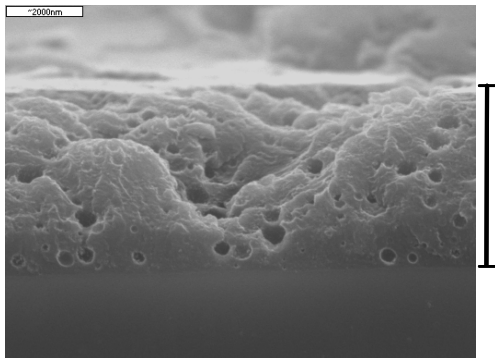


Figure 5. SEM image for the NT PDLC cell made under LC 70 wt%, curing temperature of 20  $^{\circ}\text{C}$ , and strong UV intensity of 198 mW/cm<sup>2</sup>.

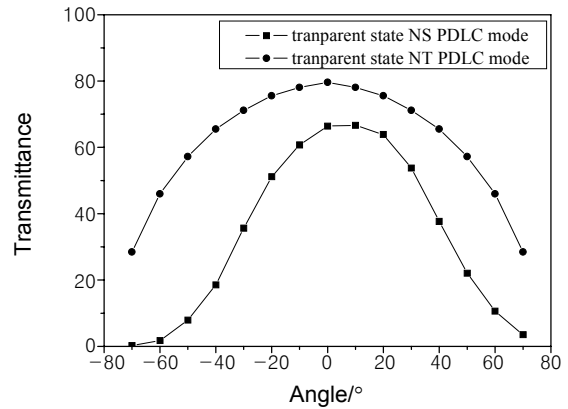


Figure 6. Comparison of viewing angle characteristics in transparent state between the NT PDLC cell with LC 70 wt%, curing temperature, 20  $^{\circ}\text{C}$  and strong UV intensity, 198 mW/cm<sup>2</sup> and the conventional NS PDLC cell.

기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 모드의 투명한 상태에서의 시야각에 따른 투과율 변화가 기존의 초기에 산란을 일으키는 PDLC 모드의 경우보다 훨씬 더 적음을 알 수 있었다. 각 모드에 따른 PDLC 셀의 시야각 의존성을 다음과 같이 모델링 될 수 있다. 초기에 투명한 상태를 나타내는 셀의 경우 액정방울 안에서 액정 방향자 ( $n$ )가 거의 수직으로 서 있다고 ( $\phi=0^{\circ}$ ) 가정하고 초기에 산란을 일으키는 셀에서는 초기 산란형 모드로 전압 인가 시 액정이 전계 방향에, 즉 기판에 수직으로 완벽히 설 수가 없다. 따라서 액정방향자가 좌우 각각 전계 방향에 대해  $\pm 10^{\circ}$  정도 틀어져 있다고 볼 수가 있다 (Figure 7 참조). 또한 산란 단면적을 나타내는 식 (2)에서  $n(\theta)$ 는 아래의 식으로 기술된다.

$$n(\theta) = \frac{n_o n_e}{[n_e^2 \cos^2 \theta + n_o^2 \sin^2 \theta]^{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

여기서  $n_e$ ,  $n_o$ 는 각각 선편광 된 빛이 액정 장축 및 단축을 지났을 때의 굴절율을 나타내며 유효 굴절율이 시야각에 따라 달라짐을 알 수 있다. 따라서 유효 굴절율이 시야각에 따라서 변화가 심하면 식 (2)의  $\sigma$  값이 시야각에 따라 변화가 크다는 것을 의미하며 이것은 즉 시야각에 따른 투과율의 변화가 크다는 것을 의미한다. 각각 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀 및 초기에 산란을 일으키는 PDLC 셀에서 Figure 7과 같은 액정의 배열과 식 (2)에서 다른 물성 값은 상수 ( $\sigma_o = k = R = n_p = 1$ )라고 가정하고 제곱근 항만 계산하여 시야각에

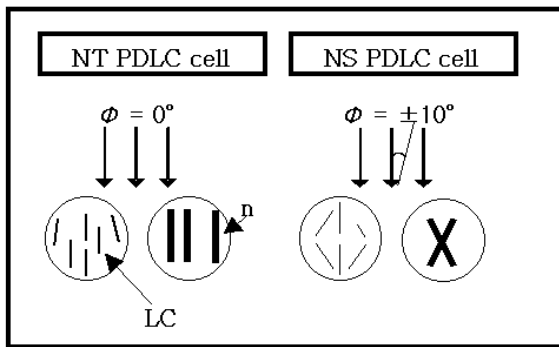


Figure 7. Modeling of the LC orientation in a droplet for the NT and NS PDLC cell.

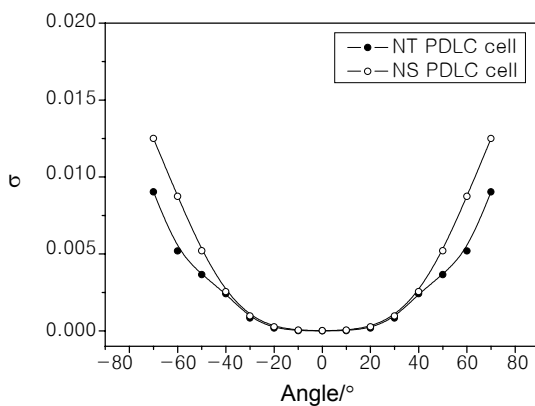


Figure 8. Viewing angle-dependent  $\sigma$  curves.

따른  $\sigma$  값을 계산해 보았다. Figure 8에 나타난 것처럼 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 모드보다 초기에 산란을 일으키는 PDLC 모드가 좌우 극 각 20° 이상에서  $\sigma$  값의 변화량이 큰 것을 알 수 있다. 따라서 초기에 산란을 일으키는 PDLC 모드의 경우 시야각에 따른 투과율 변화가 크면서 시야각이 커지면 투과율이 더 떨어지게 된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 노광 온도, 혼합물의 비율, 노광 세기 등의 적절한 상분리 조건을 고려해 고분자의 비율이 많은 새로운 형태의 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀을 제작했으며 이때 전기 광학 특성을 알아보았다. 액정의 비율이 70 wt%, 노광 온도 20 °C, 강한 노광 세기인 198 mW/cm<sup>2</sup>에서만 셀이 전기 광학 특성이 가장 우수했으며 이 조건에서 만들어진 액정 방울의 크기는 0.2~2 μm로 매우 작았다. 이러한 액정들은 전압 인가 전 기관에 수직으로 배열하기 때문에 초기 투과율이 높으며 액정 방울의 밀도가 높기 때문에 전압 인가 시 산란 상태 역시 우수했다. 또한 이러한 조건에서 만들어진 초기에 투명한 상태를 나타내는 PDLC 셀은 기존의 산란형 PDLC 셀보다 시야각 특성이 우수하였다.

#### References

1. S. H. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, H. Y. Kim, and J. Y. Lee, *Journal of the SID*, 155 (2001).
2. N. Koma, Y. Baba, and K. Matsuoka, *SID'95 Digest*, 869 (1995).
3. J-I. Hirakata, A. Shingai, K. Ono, K. Kawabe, and T. Furuhashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 1623 (2003).
4. H. Y. Kim, I. S. Song, and S. H. Lee, *Trans. on EEM*, **4**, 24 (2003).
5. S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, *Appl. Phys. Lett.* **73**(20), 2881 (1998).
6. C. H. Choi, S. H. Kim, and B. K. Kim, *Polymer(Korea)*, **18**(6), 1035 (1994).
7. G. W. Smith, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **196**, 89 (1991).
8. H. Ren, and S-T Wu, *Appl. Phys. Lett.*, **81**(19), 3537 (2002).
9. H. Ren, and S-T Wu, *J. Appl. Phys.*, **92**(2), 797 (2002).
10. R. Yamaguchi, Y. Waki and S. Sato, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36**, 2771 (1997).
11. M. S. Kim, Y. H. Seo, M-H. Lee, J. M. Rhee, T. S. Lee, S. H. Lee, *J. of KIEEME*, **17**(1), 59 (2004).
12. J. W. Doane, "Polymer Dispersed Liquid Crystal Displays", in *Liquid Crystals: Applications and Uses*, B. Bahadur, Editors, World Scientific, Singapore, Vol 1, p 378 (1990).
13. O. J. Choi, M. K. Chung, Y. Ryu, and M. H. Lee, *Polymer (Korea)*, **26**,701 (2002).
14. W. Dong, M. H. Yi, and S. H. Paek, *Polymer(Korea)*, **27**, 484 (2003).