

## 고분자 분산형 액정 표시소자의 전기광학적 특성 개선

### Improvement in the electro-optical properties of PDLCs

최기석, 박우상, 박세근

( Kee-Seok Choi, Woo-sang Park, Se-Geun Park )

인하대학교 전기·전자·컴퓨터공학부 반도체전공

#### Abstract

The electro-optical properties of PDLCs ( Polymer Dispersed Liquid Crystals ) that have been interested for applications to projection display devices lately are significantly improved. For this improvement, we optimized not only the material parameters of liquid crystal and polymer but also the process conditions. Using TL series liquid crystals and polymer PN393 provided from Merck, we obtained the optimized process conditions such as cell gap, LC concentration, curing temperature and curing time. Under these conditions, we have achieved PDLC cells of threshold voltage 2.6V, contrast ratio 260 and negligible hysteresis.

**Key word (중요 용어) :** PDLC (고분자 분산형 액정 표시소자), Surface anchoring energy (표면 anchoring 에너지), Elastic energy (탄성에너지), Threshold voltage (문턱 전압), Hysteresis effects (히스테리시스 현상)

#### 1. 서론

고분자 분산형 액정 (Polymer Dispersed Liquid Crystals ; PDLC)은 고휘도의 투사형 display 혹은 고 contrast의 반사형 표시소자에 적용할 수 있는 액정과 고분자의 복합재료로서 최근 활발히 연구되고 있다.<sup>1)</sup> PDLC는 고분자 물질에 분산된 액정 droplet이 광을 투과 혹은 산란시키는 현상을 이용한 표시소자이기 때문에 제조공정이 간단하며 편광자를 사용하지 않아 광 이용효율이 높을 뿐만

아니라 시야각 특성이 우수하다는 장점 등을 가지고 있다. 그러나 PDLC는 높은 문턱전압으로 인하여 구동전압이 증가하고 또한 전기광학적 특성에 hysteresis현상이 존재하기 때문에 gray scale 이 감소하며 잔상이 발생하는 등의 문제로 인하여 현재 제한된 분야에서 실용화 되고 있을 뿐이다. 이러한 PDLC의 전기광학적 특성은 고분자 표면에서의 액정 분자의 거동과 액정 droplet의 형태 및

그 분산 구조에 의해 결정되어 지는 것으로 알려져 있다.<sup>2)</sup> 이에 본 연구실에서는 액정 및 고분자의 물성 특성과 함께 전기광학적 특성에 큰 영향을 미치는 cell gap, 고분자 농도, UV 조사시간 및 강도 등의 최적화를 통하여 전기광학적 특성의 개선을 시도한 바 있다.<sup>3)</sup> 금번 연구에서는 UV조사시의 경화온도 혹은 사용온도가 각종 전기광학 특성에 미치는 영향을 분석함으로써 PDLC의 전기광학적 특성의 최적화 및 온도특성을 조사하였다.

## 2. 실험 방법

먼저 ITO가 증착된 2장의 glass 기판 (Corning 사 7059)을 spacer 가 혼입된 UV 접착제로 합착시켜 test cell 의 gap을 형성한 후 여기에 UV 중합형 prepolymer와 nematic 액정의 복합물질을 모세관 현상을 이용해 주입시킨다. PDLC 의 경화온도에 따른 전기광학 특성의 변화를 조사하기 위해서 그림 1 과 같은 장치를 사용하여 prepolymer 와 nematic의 균일용액이 주입된 cell에 365 nm 파장의 UV 램프를 조사하여 prepolymer를 광중합하였다. 광중합이 완료된 cell 은 가장자리를 epoxy 수지로 봉지하였다.

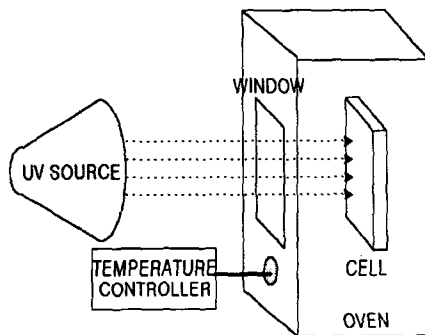


그림 1. UV 중합 장치  
Fig. 1 UV curing equipment

공정조건으로는 최적의 전기광학특성을 얻기 위하여 cell gap 13  $\mu\text{m}$ , UV 조사강도 5mW/cm<sup>2</sup>, UV 조사시간 3분으로 설정하였으며<sup>3)</sup>, 액정과 고분자 재료로는 Merck 사의 TL series 액정과 이에 가장 적합한 prepolymer system 으로 알려져 있는

PN 393 을 사용하였다.

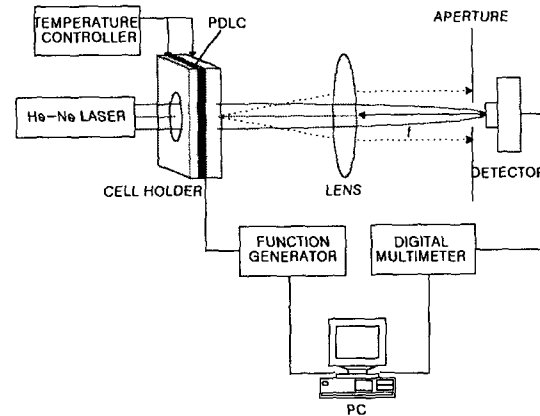


그림 2. PDLC cell 의 전기광학적 특성 측정장치  
Fig. 2. Electro-optical properties measurement systems of PDLC cells

한편 PDLC의 전기광학적 특성의 온도의존성을 측정하기 위하여 그림 2의 장치를 사용하였다. 그림의 aperture 는 off 상태에서 산란되는 빛을 차단하기 위한 것으로써 본 실험에서의 집광각은 약 3° 이다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3 은 경화온도변화에 따른 문턱전압의 변화를 나타내는 것으로 온도가 증가함에 따라 문턱전압이 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 온도가 높아질수록 상분리가 촉진되어 액정 droplet 간의 유착현상이 일어나게 되고<sup>4)</sup>, 그 결과 액정상이 타원구조를 취하게 됨으로써 문턱전압이 증가하는 것으로 생각할 수 있다. 또한 그림 4 에서 볼 수 있듯이, hysteresis 현상은 경화온도가 상승할수록 증가함을 알 수 있다. 이는 경화온도가 높아질수록 유착으로 인해 droplet 크기가 증가하게 되는데, 이 경우 표면과의 interaction 에너지가 감소하게 되며 상대적으로 액정 bulk 내에서의 탄성에너지는 증가하게 되므로 hysteresis 가 증가하는 것으로 생각된다.<sup>3)</sup> 그림 5 는 경화온도에 따른 contrast 비의 변화를 보여 준다. 그림에서 경화온도의 증가에 따라 contrast 비가 감소함을 보이는데, 이는 off

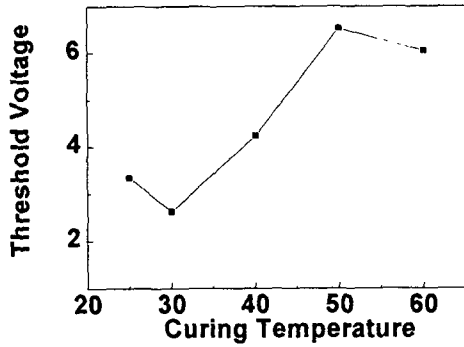


그림 3. 경화온도와 문턱전압과의 관계  
Fig. 3 Correlation between curing temperature and threshold voltage

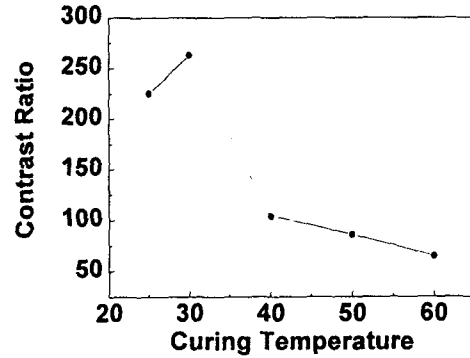


그림 5. 경화온도와 CR와의 관계  
Fig. 5 Correlation between curing temperature and CR

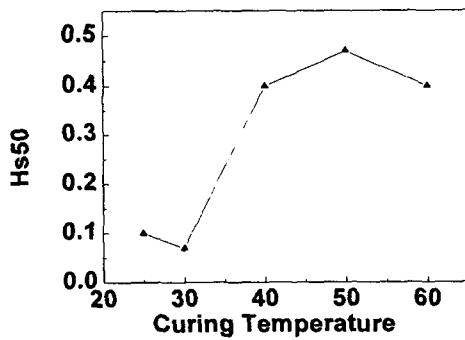


그림 4. 경화온도와 hysteresis와의 관계  
Fig. 4 Correlation between curing temperature and hysteresis

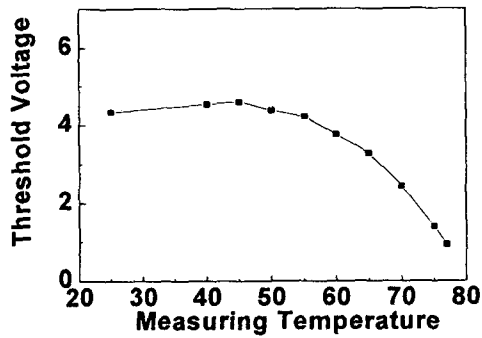


그림 6. 측정온도와 문턱전압과의 관계  
Fig. 6 Correlation between measuring temperature and threshold voltage

상태에서의 투과율의 증가에 따른 것으로 생각할 수 있다. 즉 온도의 증가에 따라 droplet 크기가 커지며 이것은 고분자/액정 droplet 계면에서의 빛의 산란능력의 감소로 이어지고 그 결과 투과율이 증가하는 것으로 볼 수 있다.

한편 그림 6 에서는 측정온도에 따른 문턱전압의 변화를 알 수 있는데, 측정온도가 높아질수록 문턱전압이 낮아지고 있다. 이는 온도가 높아질수록 액정의 유동성이 증가하게 되고 따라서 낮은 인가전압에서도 쉽게 정렬하게 되므로 문턱전압이 낮아

지게 된다. 또한 hysteresis 현상은 그림 7 과 같이 측정 온도에 따라 감소함을 알 수 있다. 이것은 온도가 높아질수록 splay 변형에 대한 탄성계수가 작아지게 되므로 hysteresis 현상이 감소하는 것으로 해석할 수 있다. 한편 그림 7 의 결과를 바탕으로 하여 gray scale 을 다음과 같이 정의하고,

$$N_g = \frac{(V_{90} - V_{th})}{Hs_{50}} + 1$$

온도변화에 따른 gray scale 의 변화를 그림 8 에

나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 본 연구에서 제시된 최적화 조건에서 제작된 PDLC cell 은 비교적 넓은 온도범위에서 10 전후의 gray scale을 나타내었다. 그림 9 는 최적화 조건에서 제작된 PDLC cell 의 전기광학 특성을 보인다. 여기서 문턱전압 2.6V, contrast 비 260, hysteresis 0.07V 임을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 UV 조사시 경화온도가 각종 전기광학 특성에 미치는 영향을 분석하여 경화온도 조건을 최적화함으로써 문턱전압 2.6V, contrast 비 260, hysteresis 0.07V 의 양호한 특성의 PDLC cell 을 제작하였다. 또한 사용온도에 대한 전기광학적 특성의 변화를 조사한 결과, 온도의 증가에 대해 문턱전압 및 hysteresis 현상이 감소함으로써 비교적 넓은 온도범위에서 10 정도의 gray scale 을 얻을 수 있었다.

\* 본 연구는 인하대학교 1997년도 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

#### 참고 문헌

1. L.L.Ferguson, SID Technical Digest, 16, pp68~70, 1986
2. S.Niiyama, Y.Hirai, Y.Ooi, M.Kunigita, H. Kumai, T. Wakabayashi, S.Iida, T. Gunjima, "Hysteresis and Dynamic Response Effects on the Image Quality in a LCPC Projection Display", SID 93 Digest, pp869~872, 1993
3. 고영부, 박우상, "고분자 분산형 LCD의 전기광학적 특성", 제1회 한국 정보디스플레이 학술대회 논문집, pp. 9~10, 1997
4. S. A. Carter, J. D. LeGrange, W. white, J. Boo, and P.Wiltzius, "Dependence of the morphology of dispersed liquid crystals on the UV polymerization process", J. Appl. Phys. Vol 81, No. 9, pp. 5992~5999, 1997

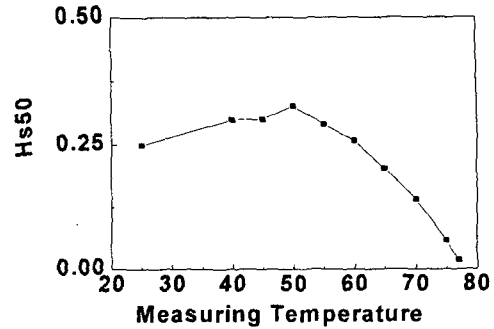


그림 7. 측정온도와 hysteresis와의 관계  
Fig. 7 Correlation between measuring temperature and hysteresis

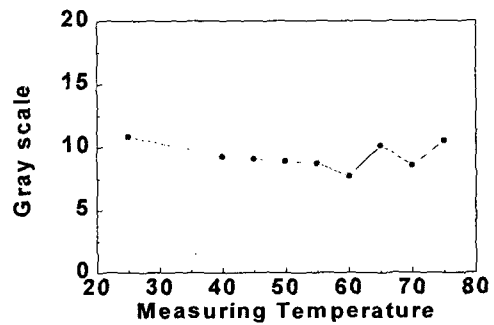


그림 8. 측정온도와 Gray scale와의 관계  
Fig. 8 Correlation between measuring temperature and Gray scale

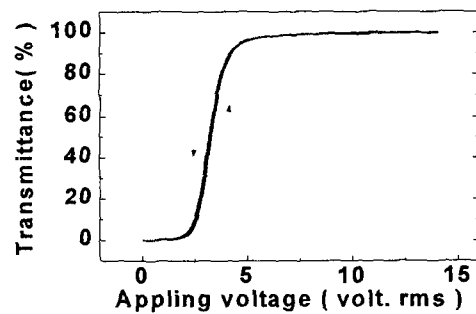


그림 9. 최적화된 PDLC cell 의 전기광학 특성  
Fig. 9 Electro-optical properties of optimized PDLC cells