

## 카본나노튜브가 액정의 물성과 Twisted Nematic 액정 셀의 전기광학 특성에 미치는 영향

전상연, 정석진, 정석호\*, 신승환, 안계혁\*, 이승은\*\*, 이승희, 이영희\*  
전북대학교, \*성균관대학교, \*\*Merck Advanced Technologies Ltd.

### Carbon Nanotube Effects on Physical Properties of Liquid Crystal and Electro-Optic Characteristics of Twisted Nematic Liquid Crystal Cell

S. Y. Jeon, S. J. Jeong, S. H. Jeong\*, S. H. Shin, K. H. An\*, S. E. Lee\*\*, S. H. Lee and Y. H. Lee\*  
Chonbuk National Univ. \*Sungkyunkwan Univ. \*\*Merck Advanced Technologies Ltd.

**Abstract :** Carbon nanotubes (CNTs) effects on physical properties of the liquid crystal and twisted nematic (TN) liquid crystal (LC) cells have been investigated. The minute doping of CNTs reduces rotational viscosity of the LC, and thus switching time of the TN cells is improved, especially in grey scale response time. In addition, the dielectric anisotropy and birefringence are not affected by such a small amount of CNT-doping and thus voltage-dependent transmittance remains the same.

**Key Words :** Carbon Nanotube(CNT), Twisted Nematic, Response Time, Rotational Viscosity

### 1. 서 론

최근 카본나노튜브(CNT)가 액정의 물성과, 액정 셀의 전기광학 특성에 미치는 영향에 대한 여러 연구가 보고되고 있다. CNT에 관련된 여러 연구들에 의하면 CNT는 액정 방향자와 평행하게 배열하려고 하는 성질을 가지고 있고<sup>1</sup>, CNT가 도핑된 액정 셀에 전압을 인가하면 CNT가 액정 방향자를 따라 회전하는 현상이 나타난다.<sup>2</sup> 또한 카본나노튜브나 C<sub>60</sub>과 같은 Carbon nanosolids의 첨가에 따른 Twisted Nematic (TN)액정 셀의 특성에 관한 연구도 발표되고 있다.<sup>3</sup> 이처럼 많은 연구들이 수행되었음에도 불구하고 CNT가 액정의 점도나 TN 셀에서의 응답시간이, 문턱전압 등의 전기광학 특성에 미치는 영향에 대해서는 여전히 논의의 여지가 있다.

응답속도의 개선은 액정 디스플레이(LCD)의 화질을 평가하는데 가장 중요한 요소 중 하나이다. 현재까지 응답속도 개선을 위한 여러 연구가 진행되었고, 그 방법으로는 고속응답 모드의 적용<sup>4</sup>, 구동 시스템 개선<sup>5</sup> 등이 있다. 구동 시스템 개선의 예로서 오버드라이빙을 들 수 있는데 이 방법은 LCD에 실제 필요한 전압보다 높은 전압을 인가하여 응답속도를 향상시키는 원리이다. 그러나 이러한 방법은 복잡한 구동 회로와 고비용 등이 요구되는 등의 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 CNT에 의한 액정의 물리적 성질의 변화에 대하여 연구하였다. 또한 단층카본나노튜브(SWNT)와 다층카본나노튜브(MWNT)가 첨가된 TN 셀을 제작하여 CNT에 의한 전기광학 특성, 특히 응답

시간의 개선에 관하여 연구하였다.

### 2. 실험

셀 제작에 있어서 액정은 다음과 같은 물성(유전율 이방성  $\Delta\epsilon = 7.4$ , 복굴절률  $\Delta n = 0.088$  at  $\lambda = 589\text{nm}$ , 회전 점도  $\gamma_1 = 147\text{mPas}\cdot\text{s}$ )을 가지는 super-fluorinated 액정이 사용되었다. 배향막은 폴리이미드 계열의 SE-7492 (Nissan Chemical, JAPAN)가 사용되었고, 이를 상하의 패터닝 Indium-tin-oxide (ITO)기판에 코팅하였다. 러빙은 상하 기판이 서로 직교되도록 실시하였다. CNT가 분산된 액정을 제조하기 위하여 용매(Dichloroethane)에 분산된 CNT를 SWNT의 경우  $1 \times 10^{-4}$ ,  $5 \times 10^{-5}$  그리고 MWNT의 경우  $1 \times 10^{-4}$ ,  $5 \times 10^{-4}$  wt% 의 농도가 되도록 각각 액정에 첨가한 후 용매를 증발시켰다. 순수 액정과 CNT가 도핑된 액정은 상온에서 모세관 현상에 의해 셀에 주입되었다. 셀 겹의 경우 순수 액정과 CNT가 첨가된 액정 셀 모두  $4.5 \sim 4.6 \mu\text{m}$  범위 내에 존재한다. 액정 주입 후 편광판을 투과축이 서로 직교되도록 TN 셀의 상·하부 기판의 바깥쪽에 부착하여 전압을 인가하기 전에 셀이 밝은 상태가 되도록 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 1은 순수 액정과 CNT가 함유된 액정의 유전율 이방성, 복굴절률, 회전 점도의 물성을 보여준다. 유전율 이

표 1. 측정된 순수 액정과 CNT가 도핑된 액정의 물성

	Pure LC	MWNT 1X10 <sup>-4</sup> wt%	SWNT 1X10 <sup>-4</sup> wt%
$\Delta\epsilon$	7.4	7.41	7.41
$\gamma_1$ (mpas·s)	147	140	136
$\Delta n$	0.088	0.0881	0.0881

방성과 복굴절률은 순수 액정과 CNT가 도핑된 액정이 큰 차이를 보이지 않지만 회전점도의 경우에는 다른 물성값에 비해 큰 차이를 보여준다. 특히 SWNT가 도핑된 셀의 경우 회전점도가 7% 가량 감소한 결과를 보였다.

액정 물성의 변화가 TN 셀의 전기광학특성에 미치는 특성을 알아보기 위해 TN 셀의 전압별 투과율과 응답시간을 측정해보았다. 그림 1은 순수 액정과 CNT가 도핑된 액정이 주입된 TN 셀의 전압에 따른 투과율(V-T) 곡선 그래프이다. 전압 인가는 0.05V 단계로 하여 전압별 투과율을 측정하였다. 그래프에서 볼 수 있듯이 순수 액정과 CNT가 도핑된 액정 셀의 V-T 곡선이 큰 차이를 보이지 않는 것으로 측정되었고, 소량의 CNT 도핑은 V-T 특성에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 결론 내렸다.

액정 셀의 응답시간은 액정의 회전 정도에 크게 영향을 받는다. 따라서 회전 정도에서의 CNT 효과를 알아보기 위해 TN 셀의 응답시간을 측정해보았다. 그림 2에서 보는 바와 같이 CNT가 도핑된 셀이 순수 액정 셀에 비해 빠른 응답특성을 보여주었다. Response Time은 액정의 회전 정도에 비례하고, 셀 갭의 제곱에 반비례한다. 그러나 실험에 사용된 셀의 경우 셀 갭이 거의 같기 때문에 그에 따른 영향은 무시할 수 있을 정도로 작다. 그러므로 응답시간의 감소는 회전점도의 감소에 의한 효과로 볼 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 네마틱 액정에서의 CNT 효과와 그에 따른 TN 셀에서의 전기광학 특성에 대한 실험을 실시하였다. 실험 결과 CNT에 의해 액정의 물성이 개질될 수 있음을 확인하였다. 특히 CNT가 액정의 회전 정도에 큰 영향을 미치게 되고 그로인해 전압별 투과율에는 큰 변화 없이 응답시간이 빨라지는 현상을 확인하였다.

#### 감사의 글

This research was supported by a grant(F0004132) from Information Display R&D Center, one of the 21st Century Frontier R&D Program funded by the Ministry of Commerce, Industry and Energy of Korean government.

#### 참고 문헌

[1] D. Lynch and D. L. Patrick, "Organizing Carbon Nanotubes with Liquid Crystals", Nano Lett. Vol. 2, p. 1197, 2002.

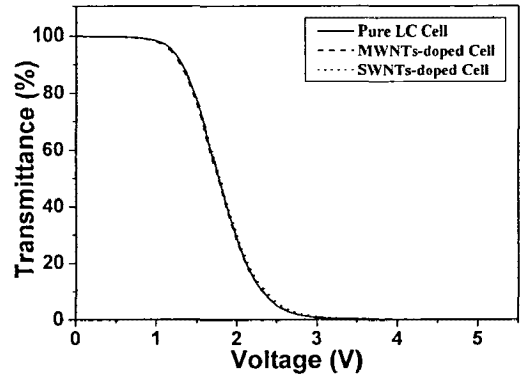


그림 1. 전압에 따른 투과율곡선 그래프

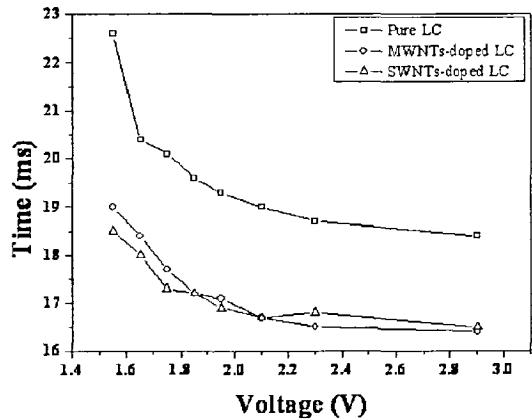


그림 2. 순수 액정과 CNT가 도핑된 TN 셀의 Response Time.

- [2] I. Dierking, G. Scalia, and P. Morales, "Liquid crystal-carbon nanotube dispersions", J. Appl. Phys. Vol. 97, p. 044309, 2005.
- [3] I.-S. Baik, J. Y. Lee, S. Y. Jeon, K. H. An, J. W. Choi, S. H. Lee, and Y. H. Lee, "Electrical-field effect on carbon nanotubes in a twisted nematic liquid crystal cell", Appl. Phys. Lett. Vol. 87, p. 263110, 2005.
- [4] S. M. Oh, B. S. Jung, J. Y. Hwang, D. S. Seo, S. H. Lee, "Study on Initial Setting Voltage and Response Time of the Optically Compensated Splay Cell", IDW'05, p. 119, 2005.
- [5] H. Okumura, M. Baba, K. Taira and A. Kinno, "Advanced Level Full HD-LCTVs", SID'02, p 68, 2002.