

반강유전성 액정에서의 스위칭 거동에 대한 전산묘사 Simulation of Switching Behavior in AFLCs

박원상, 이기동, 윤태훈, 김재창
부산대학교 전자공학과
pws@hyowon.cc.pusan.ac.kr

1988년 Chandani와 동료 연구원들에 의해 처음으로 반강유전성 액정 MHPOBC⁽¹⁾를 발견한 이래로 이 반강유전성을 디스플레이에 적용하기 위한 여러 가지 노력이 진행되고 있다.^{(2) (3)} 또한 최근에는 thresholdless antiferroelectric liquid crystal(TLAF)을 이용하여 TFT-LCD에서 완전한 동화상을 구현하려는 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이미 Toshiba 연구소에서는 TFT-TLAF-LCD 시제품을 시연한 바도 있다.⁽⁴⁾ 하지만 이러한 시제품은 아직 약하게 히스테리시스가 있고, AC 구동시에 contrast 비가 낮은 등 여러 가지 문제점이 있기 때문에 제품을 양산하지 못하고 있다. 이러한 문제점들은 배향제 및 액정의 재료개발과 구동방법 개발을 통해서 해결할 수 있는데, 아직 반강유전성 및 TLAF 액정의 스위칭 특성에 대한 메카니즘이 명확하게 규명되어 있지 않았기 때문에 쉽게 가시적인 성과를 얻지 못하고 있는 실정이다.

반강유전성 액정 및 TLAF 액정의 스위칭 특성에 대한 모델은 이미 M. Nakagawa⁽⁵⁾, J. H. Kim⁽⁶⁾, H. Pauwels⁽⁷⁾, A. Fukuda⁽⁸⁾, N. J. Mottram⁽⁹⁾ 등에 의해서 보고된 바 있다. M. Nakagawa는 반강유전성 액정의 히스테리시스를 전산묘사하였고, J. H. Kim은 next nearest(NN) 이웃층간의 상호작용이 중요함을 보였으며, A. Fukuda 및 N. J. Mottram, 그리고 Fornier group의 H. Pauwels은 아직까지 TLAF의 스위칭 특성을 규명하기 위해서 논쟁중이다. A. Fukuda는 transverse dipole moment의 영향으로, H. Pauwels은 negative anchoring force의 기여로 TLAF의 스위칭 특성이 나타난다고 각각 주장하고 있으며, N. J. Mottram은 TLAF의 스위칭 특성이 나타나는 특정한 cell 두께와 F/AF ordering parameter가 존재한다고 주장하고 있다.

우리는 본 논문에서 M. Nakagawa의 히스테리시스 모델을 기초로하여 Fornier의 polar anchoring force와 J. H. Kim의 NN 이웃층간의 상호작용, 그리고 Sako⁽¹⁰⁾의 induce dipole moment를 추가하여 식 (1)과 같이 새로운 free energy를 구성한 후 식 (2)의 Landau-Ginzberg Equation에 적용하여 수치해석적인 방법으로 전산묘사하였다.

$$\begin{aligned}
 F = & -\frac{1}{2} P_s E_m (\cos \phi_o + \cos \phi_e) E(t) + \frac{1}{2} \epsilon_0 E_m^2 [\epsilon_1 + \epsilon_1 + \Delta\epsilon (\sin \theta \sin (\phi_o - \phi_e))^2] E(t)^2 \\
 & - \frac{1}{2} \gamma_1 P_s^2 [\cos^2(\phi_o - \phi_o^0) + (\cos^2(\phi_e - \phi_e^0))] - \frac{1}{2} \gamma_2 P_s [\cos(\phi_o - \phi_o^0) + \cos(\phi_e - \phi_e^0)] \\
 & + J_1 P_s^2 \cos(\phi_o - \phi_e) + \frac{J_2 P_s^2}{2} [\cos^2(\phi_o) + \cos^2(\phi_e)] \quad \text{----- (1)}
 \end{aligned}$$

※ Landau-Ginzberg Equation $-\eta \frac{d\phi_o}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \phi_o}$, $-\eta \frac{d\phi_e}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \phi_e}$ ----- (2)

여기서 각 파라메타의 정의는 다음과 같다.

E_m : Amplitude of external electric field P_s : Spontaneous Polarization f : Frequency of external electric field

η : viscous coefficient γ_1 : Non-polar anchoring contribution γ_2 : Polar anchoring contribution

J_1 : first nearest coupling constant J_2 : second nearest coupling constant

ϕ_o^0 : The azimuthal angle at initial state (up dipole), ϕ_e^0 : The azimuthal angle at initial state (down dipole)

전산묘사에 필요한 총 자발분극은 $P = P_s(\cos \phi_o + \cos \phi_e)$ 이고, 인가 전기장은 $E(t) = E_m \sin(2\pi ft)$ 이다. 이러한 전산묘사의 결과는 그림 1과 같이 전형적인 반강유전성을 잘 나타내었다. 또한 이 모델의 전산시뮬 결과로부터 그림 2와 같이 TLA의 스위칭 특성도 찾아낼 수 있었는데, 기존의 주장과는 달리 TLA의 스위칭 특성은 ϕ_o^0 와 ϕ_e^0 즉, 액정의 초기배향상태의 영향이 아주 크다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 LGPhilips-LCD의 산학협동과제 연구비로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) A. D. L. Chandani, E. Goreka and Y. Ouchi, Jpn. J. Appl. Phys. **28**, L729-732 (1988)
- (2) Y. Yamada, N. Yamamoto, M. Yamawaki, I. Kawamura and Y. Suzuki, Jpn. J. Appl. Phys. **31**, 57-60 (1992)
- (3) T. Tanaka, K. Sakamoto, K. Tada and J. Ogura, SID'94 Digest. 430 (1994)
- (4) T. Saishu, K. Takatoh, R. Iida, H. Nagata and Y. Mori, SID'96 Digest. 703 (1996)
- (5) M. Nakagawa, Jpn. J. Appl. Phys. **30**, 1795-1764 (1991)
- (6) J. H. Kim, J. H. Lee and S. D. Lee, Mol. Cryst. Liq. Cryst, **302**, 99-110 (1997)
- (7) H. Pauwels, B. Verweire, K. D'have and J. Fornier, SID'98 Digest. 1175 (1998)
- (8) A. Fukuda, S. S. Seomun, T. Takahashi, Y. Takahashi and K. Ishikawa, Mol. Cryst. Liq. Cryst, **303**, 379-390 (1997)
- (9) N. J. Mottram and S. J. Elston, Liquid Crystal. **26**, No 3, 457 (1999)
- (10) T. Sako, N. Itoh, A. Sakaigawa, M. Koden, Appl. Phys. Lett **71**, No 4, 461- 463 (1997)

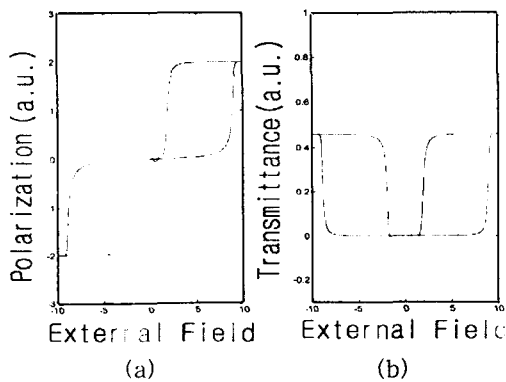


그림 1. 반강유전성 스위칭 특성의 전산묘사.
(a) P-E curve (b) T-E curve

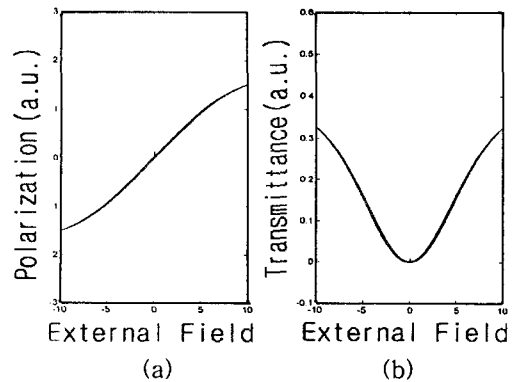


그림 2. TLA 스위칭 특성의 전산묘사.
(a) P-E curve (b) T-E curve