

선경사각에 따른 광학적 자기보상 스플레이 셀의 상전이와 응답속도 연구

황성한, 정병선, 황정연*, 서대식*, 이승희
 전북대학교, *연세대학교

Study on Phase Transition and Response Time of Optically Compensated Splay Cell according to Pretilt Angle

Seong Han Hwang, Byoung Sun Jung, Jeoung Yeon Hwang*, Dae Shik Seo*, Seung Hee Lee
 Chonbuk National Univ. *Yonsei Univ.

Abstract : We have studied phase transition time and response time of optically compensated splay(OCS) cell as a function of surface pretilt angle. With decreasing surface pretilt angle, phase transition time decreases and response time becomes faster in the OCS cell. Besides, the more surface pretilt angle decreases, the easier OCS structure is obtained.

Key Words : fast response time, optically compensated splay

1. 서론

현재 LCD의 문제점인 시야각 특성과 응답속도를 개선하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 그 중에서 in-plane switching (IPS) [1], multi-domain vertical alignment (MVA) [2], fringe-field switching (FFS) [3, 4], 그리고 optically compensated bend (OCB) [5] 모드 등이 개발되었다. 특히 OCB 모드는 넓은 시야각특성과 고속 응답속도를 가지고 있지만 우수한 어둡상태를 보이기 위해서는 여러개의 보상필름이 필요한 문제점을 가진다.

최근 우리는 액정분자들이 셀 중앙을 중심으로 splay 형태를 가지고 셀 자체에 두 개의 hybrid 형태의 구조를 갖는 optically compensated splay (OCS) [6-8]모드를 제안하였다. 이는 거울상 구조를 가지고 있어 넓은 시야각특성과 고속 응답속도를 가진다. 하지만 OCS 모드는 OCB 모드와 비슷하게 bend 상태에서 splay 상태로 가는데 임계전압이 필요하고 시간이 소요되는 문제점이 있다.

따라서 본 연구는 시뮬레이션과 실험을 통해 표면의 선경사각의 변화에 따른 상전이 시간과 응답속도에 관하여 연구하였다.

2. 실험

표면의 선경사각 효과를 확인하기 위해 선경사각(Θ_p)이 88°, 85°, 70° 그리고 48°인 셀을 제작하였다. 700Å 두께의 ITO가 코팅된 상하 유리기판위에 수직 배향막을 코팅하고 상하 기판이 서로 평행하게 러빙을 하였다. 4개의 셀 두께는 4.5 μ m이고 실온에서 유전율이방성($\Delta\epsilon$)이 -4, 복굴절률(Δn)은 0.077이다. 제작한 셀은 60Hz의 정현파 인가 후 편광현미경에서 관찰하였다.

그림 1은 평행하게 러빙한 수직배향 셀의 전압인가에 따른 액정배열의 변화를 보여준다. 두가지 서로 다른 액정배열의 변화가 가능하며 (a)와 같이 수직 배향된 초기의

액정은 문턱전압(V_{th})이상의 전압을 인가하면 액정은 상하 기판에 180°꼬이면서 눕게 된다. 두 번째(b) 구조는 임계 전압이상의 전압이 인가되면 중앙의 방향자를 중심으로 대칭을 가지는 hybrid 구조를 가지며 중앙의 방향자는 기판에 평행하고 꼬임이 없는 splay 구조를 가지며, 여기에 전압을 더 인가하면 액정은 기판에 평행하게 배열하게 된다. splay구조는 셀 중앙의 방향자를 중심으로 유체의 흐름이 서로 같은 방향이어서 빠른 응답속도를 가진다.

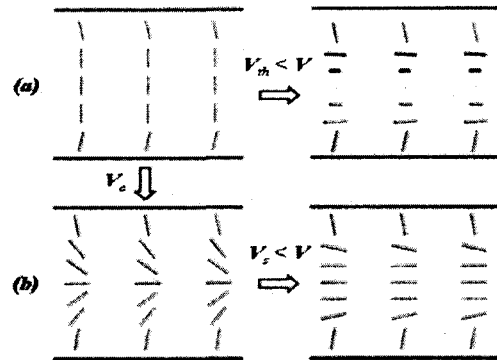


그림 1. 평행하게 러빙한 수직배향 셀에 전압인가에 따른 액정의 변형

3. 결과 및 검토

임계전압이상의 전압 인가 후 전압이 감소해도 OCS 배열을 유지하는 전압을 setting 전압(V_s)으로 정의하였다. 그림 2와 그림3은 OCS셀에서 표면 선경사각에 따른 V_s 의 변화와 상전이 시간 변화를 나타낸다. 표면의 선경사각이 감소함에 따라 setting 전압과 상전이 시간이 감소하게 된다. Θ_p 가 88° 일때 Pulse 전압의 인가 없이는 OCS배열은 발생하지 않으므로 비교적 높은 19V의 전압이 인가되어야 하고 전압이 3.4V까지 감소해도 OCS 배열은 유지된다. 그러나 Θ_p 가 48° 인 경우, 초기상태의 액정 배열이 비틀림

이 없는 splay구조를 가진다. 이를 확인하기 위해 셀을 러빙 방향과 교차된 편광판의 투과축을 45°를 이루게 회전하면 셀은 어둡은 상태에서 밝은상태를 보이고 다시 90°회전시키면 어둡은상태를 보인다. 또한 초기상태에서 splay구조를 입증하기 위해 시뮬레이션을 통한 표면 선경사각에 따른 twist와 splay상태의 Gibbs free energy를 통해 Θ_p 가 45°일때 splay 상태가 twist 상태보다 안정함을 확인하였다.

또한 낮은 구동전압을 얻기 위해서는 표면 선경사각은 70°보다 작아야 하고 유전율이방성($\Delta\epsilon$)은 -4 보다 커야하며, 표면 선경사각 작을수록 OCS 구조를 형성하기 위한 임계전압이 낮아지는 경향을 실험과 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

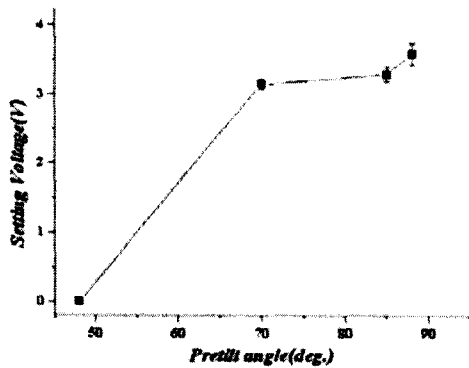


그림 2. OCS 셀에서 선경사각에 따른 setting 전압 변화

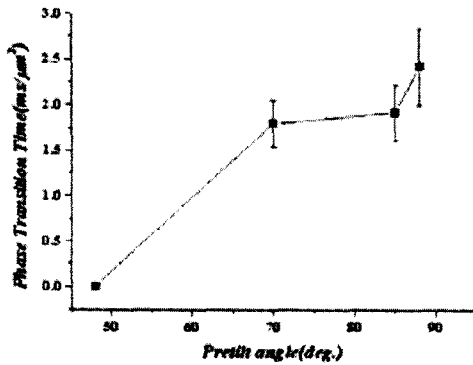


그림 3. OCS 셀에서 선경사각에 따른 상전이 시간 변화

표 1은 6 계조 별로 응답속도를 측정한 결과이다. Θ_p 가 88°인 경우, 비록 액정의 점도($\gamma=171\text{mPa}\cdot\text{s}$)가 매우 크지만 모든 계조별 응답속도는 8ms이하를 보인다. 그리고 Θ_p 가 48°인 경우, Θ_p 가 88° 보다 응답속도 빠르며 특히 저 계조에서 응답속도가 현저히 빨라지며 표면 선경사각 효과가 크게 나타난다.

4. 결론

본 연구는 OCS 모드에서 실험과 시뮬레이션을 통해 표면 선경사각이 감소함에 따라 setting 전압과 상전이 시간이 감소함을 확인하였다. 따라서 선경사각이 작을수록

OCS 상태를 얻기 위한 임계전압과 상전이 시간이 감소하는 결과를 얻었다. 또한 선경사각(Θ_p)가 48°일때 응답속도가 현저히 빨라지며 선경사각이 작을수록 OCS 상태에 빨리 도달하는 결과를 얻었다.

표 1. OCS 셀에서 계조별 응답속도 (a) $\Theta_p=88^\circ$ 와 (b) $\Theta_p=48^\circ$

(a)

rise \ decay	L0	L1	L2	L3	L4	L5
L0		5.0	5.9	5.5	5.7	6.3
L1	7.8		7.7	6.7	7.0	6.1
L2	6.2	5.3		5.3	5.2	5.4
L3	4.5	4.5	4.1		4.3	4.0
L4	3.1	3.0	2.7	3.0		2.5
L5	2.6	2.6	2.3	2.1	1.8	

(b)

rise \ decay	L0	L1	L2	L3	L4	L5
L0		4.8	4.6	4.6	5.2	6.0
L1	3.8		3.0	3.2	3.8	6.0
L2	3.0	2.2		3.6	4.2	3.0
L3	2.4	2.2	1.6		2.2	2.6
L4	2.4	1.9	1.6	1.6		2.4
L5	2.4	1.8	2.1	1.2	1.8	

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] M. Oh-e, M. Ohta, S. Aratani, K. Kondo, Proceedings of the 15th IDRC, P.577, 1995
- [2] A. Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. China, H. Tsuda, K. Ohmura, Y. Koike, T.Sasabayashi, and K.Okamoto, SID Dig. Tech. Pap., p.1077, 1998
- [3] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett. 73, 2881, 1998
- [4] S. H. Lee, S. M. Lee, H. Y. Kim, J. M. Kim, S. H. Hong, Y. H. Jeong, C. H. Park, Y. J. Choi, J. Y. Lee, J. W. Koh and H. S. Park, SID Dig. Tech. Pap., p.484, 2001
- [5] P. J. Bos, P. A. Johnson and K. R. Koehlerberan, SID Dig. p.30, 1983
- [6] S. J. Kim, S. H. Jung, S. H. Hong, S. S. Shin and S. H. Lee, Proc. of the 18th of Korean Society for Imaging science and Technology, p. 99, 2002
- [7] S. H. Lee, S. J. Kim, and J. C. Kim, Appl. Phys. Lett., 84, 1465, 2004
- [8] S. J. Kim, S. S. Shin, H. Y. Kim, S. H. Hong, Y. J. Lim and S. H. Lee, IMID ' 03, p.173, 2003