

액정의 Kerr 효과를 이용한 액정표시소자 연구

김민수, 강병균, 정준호, 하경수, 송은경, 윤석인, 김미영, 이명훈, 이승희
전북대학교 고분자 나노 공학과

Study on Liquid Crystal Displays Utilizing Kerr effect

Min Su Kim, Byeong Gyun Kang, Jun Ho Jung, Kyung Su Ha, Eun Gyoung Song, Sukin Yoon, Miyoung Kim, Myong Hoon Lee and Seung Hee Lee

Department of Polymer Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract : There are various application of liquid crystal materials to devices, especially, blue phase liquid crystal (BP LC) and nano-structured liquid crystal mixture have been studied recently because BPs existing temperature range has been expanded by polymer-stabilization and liquid crystal has been confined in room which has certain coherence length so that their particular characters, such as fast response time and optically isotropic state at no electric field, could apply to advanced liquid crystal display devices. However, there is an crucial problem which is high operating voltage from low Kerr constant and limited electric field utilization using in-plane electric field. In this paper, we will analyze cell structure in the way of using electric field and show effective electric field utilization to reduce operating voltage.

Key Words : Blue phases, Fringe-field switching, In-plane switching, Transmittance

1. 서론

현재 상용화되고 있는 디스플레이 중에는 평판화가 선호되면서 액정 패널 디스플레이가 cathode ray tube (CRT)를 대체하며 널리 사용되고 있다. 여러 가지 액정 상 중에서도 nematic 액정 상이 주로 이용되고 있고, 최근에는 대면적 액정 패널 디스플레이가 개인용 컴퓨터 모니터와 TV 쪽을 장악하면서 광시야각 기술이 발달하여 좋은 화질을 실현시키는데 일조하고 있다. 주로 multi-domain vertical alignment (MVA) [1], patterned vertical alignment (PVA) [2], in-plane switching (IPS) [3], fringe-field switching (FFS) [4-5] 같은 구동 모드들이 이런 액정 디스플레이에 사용되고 있는 모드들이다. 하지만 이 nematic 액정의 경우 PVA와 MVA를 제외한 상기 모든 구동 모드들이 넓은 영역에 일정하게 한 방향으로 액정을 배향해야 한다는 것이 공정 마진과 화질 면에서 기본적인 문제가 되고 있다. 게다가 동영상 구현하는데 있어 그만큼의 빠른 액정의 반응 속도를 기대하기 어렵다. 한 가지 대안으로 또 다른 액정 상인 블루 상 액정이 고분자 안정화를 통해 액정 디스플레이에 응용될 수 있어 최근 관심을 모으고 있다 [6-8]. 이는 기본적으로 IPS 모드 소자와 같은 전극 구조에 적용되는데 그 전기장의 세기가 전극 간의 거리에 따라 차이를 보인다. 때문에 전기장의 세기를 크게 하기 위해서는 전극 간의 거리를 줄여야 하지만 그러다 보면 전극 위에서는 거의 전기장이 형성되지 않는 이유로 투과율이 발생하지 않기 때문에, 결국 전체적인 투과율이 저하된다. 높은 투과율과 높은 전기장 세기를 동시에 얻을 수는 없다는 사실이다.

본 논문에서는 그런 관점에서 어떻게 하면 최대한의 높은 투과율과 높은 전기장 세기를 동시에 얻을 수 있는지

최적화할 수 있는 방안에 대해 연구하였다.

2. Kerr 효과

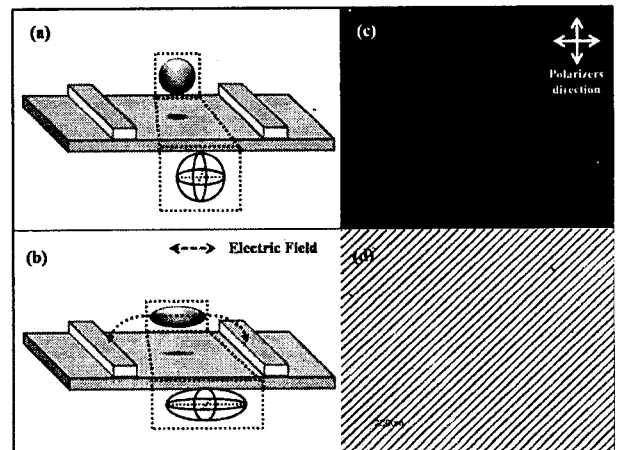


Figure 1. Schematics of optical state of polymer-stabilized BP LC with in-plane electric field : (a) Voltage off, (b) Voltage on, Switching images of cell driving in the experiment : (c) Voltage off, (d) Voltage on.

고분자 안정화 블루 상 액정 디바이스 내에서 액정이 어떤 세기 이상의 전기장을 느끼게 되면 Kerr 효과에 의해 복굴절이 유도된다. Figure 1(a)에서와 같이 고분자 안정화를 통해 상온에서 전압인가 전 액정은 광학적으로 등방성인 상태를 나타내어 Figure 1(c)처럼 직교된 편광판 사이에서 어둡게 나타난다. Figure 1(b)에서처럼 전압이 인가되어 전기장이 형성되면 전기장의 방향에 따라 복굴절이 유도되어 Figure 1(d)와 같이 투과율이 발생되고 밝은 상태가 된다. 이 때 유도되는 복굴절 $\Delta n_{induced}$ 은 식 (1)로 표현된

다.

$$\Delta n_{induced} = \lambda K E^2 \quad (1)$$

λ 는 빛의 파장, K 는 Kerr 상수, E 는 전기장 세기를 나타내고 $\Delta n_{induced}$ 는 K 값과 E^2 에 비례한다. 유도되는 복굴절을 효과적으로 발생시키려면 K 값과 E 값이 중요한 인자가 되는데 구동전압을 낮추기 위해서는 기본적으로 이 두 값을 높여야 한다. 이 중, 전기장을 효과적으로 이용함으로써 구동전압을 낮출 수 있다.

3. 구동전압을 낮추기 위한 셀 구조

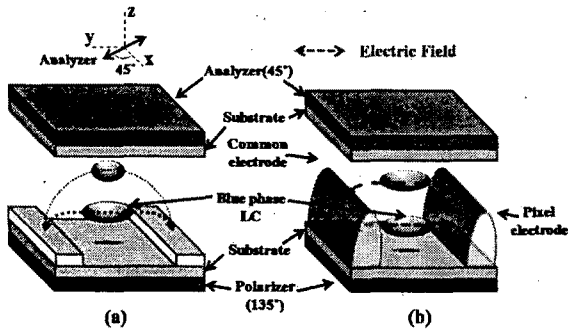


Figure 2. (a) Voltage on state BP LC in conventional IPS structure, (b) Voltage on state BP LC in proposed partition-wall shaped electrode structure.

Figure 2(a)를 보면, 블루 상 액정은 전기장이 형성되는 세기에 따라 복굴절이 다르게 유도되기 때문에 z축 방향의 위치에 따라 유도되는 복굴절 값이 다르다. 즉, 하부 기판에서 멀어져 상부 쪽으로 갈수록 전기장의 세기가 약해지므로 그만큼 복굴절도 약하게 발생하는 것이다. 기존의 IPS 셀 구조에서 전극 사이의 거리를 좁혀서 전기장의 세기를 향상시키면 전체 셀 내의 광효율적인 면에서 투과율이 떨어진다. 따라서 전극 간의 거리를 변화시키지 않고 전극 자체를 높게 형성시키면 전기장 세기가 약한 상부 쪽에서도 하부 쪽과 동일한 세기의 전기장이 형성된다. 결과적으로 cell gap에 최대한 가깝게 전극을 높게 형성시킬수록 셀 전체 영역에 동일한 값의 복굴절을 유도시킬 수 있으므로 전극 간의 거리에 따른 투과율은 유지하면서 구동전압은 떨어뜨릴 수 있게 된다. 실제 공정상에서 이런 격벽 전극을 형성 시키려면 보통 유기막 위에 전극을 올리는 방식이어야 하는데 이럴 경우 실제 전극모양은 Figure 2(b)에서와 같은 윗부분이 완만한 모양이 된다. 이를 토대로 실제 이와 같은 모양의 전극을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다.

시뮬레이션 장비는 Sanayi system의 Techwiz를 사용하였고, 전극의 너비(w)는 $4\mu m$, 전극 간의 거리(l)은 $6\mu m$, 셀갭(d)는 $6\mu m$ 이고 전극의 높이는 $1.8\mu m$ 이다. Figure 3은 기존의 IPS 전극 구조와 제안된 격벽 전극 구조에서의 인가되는 전압별 투과율을 나타내는 그래프이다. 구동 전압은 각각 90V, 148V 로 격벽 전극 구조를 이용할 때 40% 가

까이 구동전압이 떨어지는 것을 볼 수 있다.

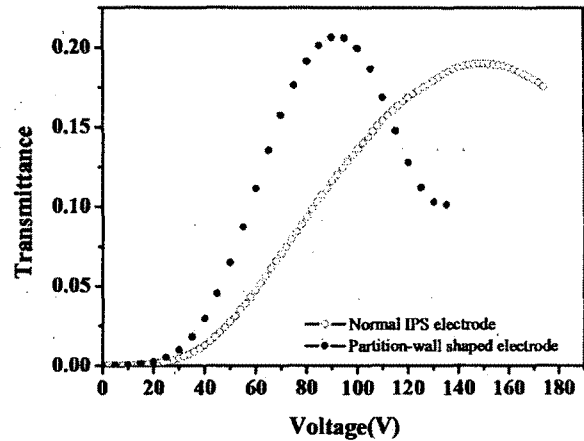


Figure 3. Voltage dependant transmittance curves of normal IPS electrode and proposed partition-wall shaped electrode structure.

4. 결과 및 고찰

본 논문에서는 고분자로 안정화 된 블루 상 액정 혼합물을 구동시키는 소자에 있어 이의 높은 구동 전압을 어떻게 낮출 수 있는지에 대한 방안을 연구하였다. 이는 액정 분자들이 고분자에 의해 잡혀있기 때문에 높은 탄성상수를 갖게 되고 수십~수백 μs 범위의 반응속도를 갖지만 100V 이상의 높은 구동전압이 단점이다. 실제 소자에 응용하기 위해서는 재료의 높은 Kerr 상수와 강한 전기장을 형성시켜 전 영역에 복굴절을 발생시키는 것이 중요하다. 본 논문에서는 전극의 높이를 높여 셀 내 전체적인 영역에 모두 강한 전기장이 형성되도록 격벽모양의 전극을 형성시켜 구동전압을 현저히 떨어뜨렸다.

참고 문헌

- [1] A. Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, K. Ohmuro, T. Sasabayashi, Y. Koike, K. Okamoto, Proc. SID Symposium, 1077, 1998.
- [2] K. H. Kim, K. H. Lee, S. B. Park, J. K. Song, S. N. Kim and J. H. Souk, Proc. Asia Display, 383, 1998.
- [3] M. Oh-e, and K. Kondo, Appl. Phys. Lett., 67, 3895, 1995.
- [4] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett., 73, 2881, 1998.
- [5] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Proc. Asia Display, 371, 1998.
- [6] M. J. Costello, S. Meiboom, M. Sammon, Phys. Rev. A. 29, 2957, 1984.
- [7] P. P. Crooker, H. S. Kitzerow and C. Bahr(Eds), Springer-Verlag, New York, 2001.
- [8] H. Kikuchi, M. Yokota, Y. Hisakado, H. Yang, T. Kajiyama, Nat. Mater., 1, 64, 2002.