

Tri-state Liquid Crystal Display Applicable to Memory and Dynamic Operating Modes

전철규, 윤태훈, 김재창

부산대학교 전자공학과

there@pusan.ac.kr

현재의 액정 디스플레이 기술은 동영상 구현이 가능한 다이내믹 모드와 쌍안정 특성을 이용한 메모리 모드에 관한 기술로 양분된다.¹ 다이내믹 모드는 인가전압이 제거되면 고유의 안정한 상태로 돌아가는 특성을 가지고 있다. 다이내믹 모드는 TN (Twisted Nematic) 모드를² 기반으로 하여 산업화가 시작되었고, active matrix 구동 방식과³ 광시야각 특성의^{4,5} 개발로 인하여 현재 LCD 기술의 주류가 되었다. 한편 쌍안정 특성을 이용한 메모리 모드는 한번 정보를 표시하면 표시된 정보가 영구적으로 유지되어 소비전력을 줄일 수 있어 전자책 (E-book)이나 개인휴대단말기 (PDA)와 같은 장치에 적합한 액정 디스플레이 기술이다. 또한 메모리 모드를 반사형으로 설계하면, 배면광원이 필요 없기 때문에 소비전력이 최소화되어 반영구적으로 사용이 가능하다. 이러한 장점 때문에 차세대 LCD 기술로 많은 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 다이내믹 모드와 메모리 모드를 동시에 구현 가능한 새로운 액정 모드에 관해 살펴보고자 한다. Tri-state liquid crystal display는 초기 스플레이 상태로 제작되어 인가전압에 따라 밴드 상태와 π 트위스트 상태 등의 다양한 액정 디렉터의 분포가 유도된다. 따라서 외부 전기장을 이용하여 액정 분자를 적절히 제어하면 메모리 모드와 다이내믹 모드가 동시에 구현이 가능하다. 메모리 모드로 구동할 경우 두 안정한 상태는 위상학적으로 다른 상태이기 때문에 메모리 시간이 긴 장점이 있으며, 다이내믹 모드로 구동할 경우 빠른 응답특성을 얻을 수 있다.

액정 셀 내부의 디렉터 분포는 액정의 물성, 배향 물질, 배향 조건, 픽셀의 경계 조건 등 다양한 요소에 의해 결정된다. 평행한 방향으로 러빙된 상부 기판과 하부 기판을 사용하면 스플레이, 180° 트위스트, 밴드 상태가 얻어지며, 적당한 전압을 인가하면 이들 상태 간의 전이도 가능하다. 인가전압에 따른 액정 디렉터의 전이 과정의 모식도를 그림 1에 나타내었다. 스플레이 상태에 수직 전압을 인가하면 스플레이 상태는 낮은 밴드 상태를 거쳐 높은 밴드 상태로 전이되고 이때 인가 전압을 제거하면 180° 트위스트 상태로 스위칭된다. 180° 트위스트 상태에 수평 전압을 인가하면 초기 스플레이 상태로 돌아간다. 액정 디렉터를 낮은 밴드 상태와 높은 밴드 상태 사이에서 스위칭하여 다이내믹 모드를 구현하고, 스플레이 상태와 180° 트위스트 상태는 메모리 모드의 쌍안정 상태로 이용된다.

Tri-state LCD의 동작 특성을 확인하기 위하여 단위셀을 제작하여 메모리 모드와 다이내믹 모드의 전기광학 특성을 살펴보았다. 메모리 모드의 스위칭 특성을 그림 2에 나타내었다. 스플레이 상태를 트위스트 상태로 스위칭시키기 위해 20 V의 수직 전압을 500 ms동안 인가하였으며, 트위스트 상태를 스플레이 상태로 전이시키기 위해 20 V의 수평 전압을 700 ms동안 인가하였다. 전이된 메모리 상태는 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있었다.

스플레이 상태에 전압을 인가하면 밴드 상태로 전이되고 이때 인가한 전압을 제거하면 스플레이 상태로 돌아가지 않고 밴드 상태와 위상학적으로 같은 180° 트위스트 상태로 전이된다. 180° 트위스트 상태에 전압을 인가하면 다시 밴드 상태로 전이되어 인가전압에 따라 액정 디렉터가 밴드 상태와 180° 트위스트 상태 사이에서 스위칭 되는 단안정 특성이 나타난다. 이때 적당한 크기의 바이어스 전압이 인가된 경우, 완화과정 동안 트위스트 상태로의 전이를 막음으로써 낮은 밴드 상태와 높은 밴드 상태사이를 스위칭 하여 빠른 응답 특성을 얻을 수 있다. 그림 3에서 다이내믹 모드로 동작하는 경우의 응답특성을

나타내었다. 3.5 V의 바이어스 전압이 인가된 경우 1.7 ms의 빠른 응답특성을 가짐을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 다이내믹 모드와 메모리 모드를 동시에 구현 가능한 Tri-state liquid crystal display의 전기광학 특성에 관하여 살펴보았다. 메모리 모드로 구동할 경우 두 안정한 상태는 위상학적으로 다른 상태이기 때문에 메모리 시간이 긴 장점이 있으며, 다이내믹 모드로 구동할 경우 1.7 ms의 빠른 응답특성을 얻을 수 있다.

Reference

- 1 Peter J. Collings and Jay S. Patel: Handbook of Liquid Crystal Research (Oxford University Press, 1997) Chap. 15, p. 567.
- 2 M. Schadt, and W. Helfrich, *Appl. Phys. Lett.* **18**, 127 (1971).
- 3 Lechner. B. J., *Proc. IEEE* **59**, 1566 (1971).
- 4 M. Oh-e and K. Kondo, *Appl. Phys. Lett.* **67**, 3895 (1995).
- 5 K. H. Kim, and J. H. Souk, *EURODISPLAY'99 Dig.*, 115 (1999).

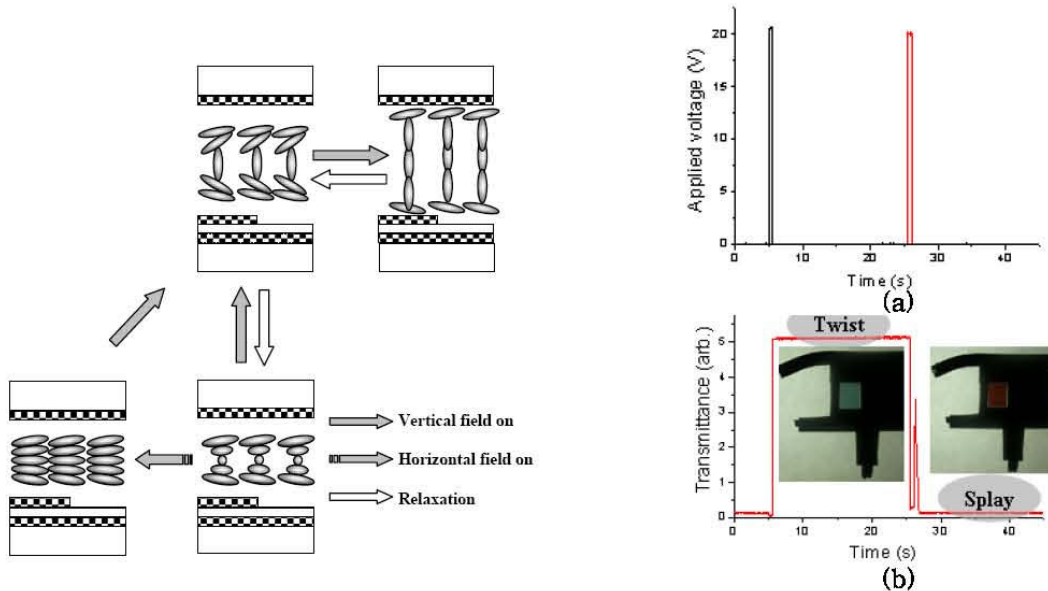


그림1. 인가전압에 따른 액정 디렉터의 전이과정

그림 2. 메모리 모드의 스위칭: (a) 인가전압과 (b) 응답 특성

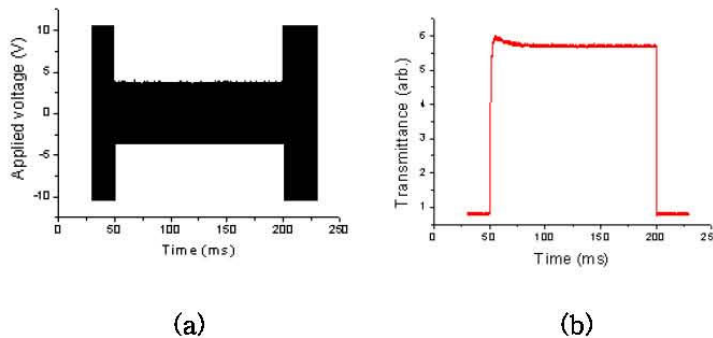


그림 3. 다이내믹 모드의 스위칭 특성: (a) 인가전압과 (b) 응답 특성

Acknowledgment

This research was supported by a grant (F0004052) from the Information Display R&D Center, one of the 21st Century Frontier R&D Programs funded by the Ministry of Commerce, Industry and Energy of the Korean Government and supported in part by BK21 Program of the Ministry of Education & Human Resources Development, Korea.