

AFLC Cell을 이용한 반투과 LCD 모드의 새로운 광학적 구조

최덕운[†] · 김성철 · 강진우 · 박원상 · 심사용 · 이서현 · 윤태훈 · 김재창

부산대학교 전자공학과

☎ 609-735 부산광역시 금정구 장전동 산 30번지

(2001년 8월 2일 받음, 2002년 2월 4일 수정본 받음)

본 논문에서는 반투과 반사판과 22.5°의 in-plane tilt각을 가지며 $\lambda/2$ 로 설계된 반강유전성 액정 셀을 이용하여 새로운 형태의 반투과형 LCD모드의 구조를 제시하였다. 제안된 구조에서, 투과형 모드뿐만 아니라 광대역 $\lambda/4$ 필름을 사용한 반사형 모드에서도 높은 밝기와 명암대비비를 구현해 낼 수 있었다.

주제어 : Transflective LCDs, Poincare sphere, Antiferroelectric liquid crystal, Single polarizer mode-reflective LCDs, Wideband quarter-wave film.

I. 서 론

최근의 디스플레이 소자의 흐름은 휴대용 정보 기기들의 수요가 날로 늘어감에 따라 배면조명을 사용하는 투과형 LCD 보다는 주변광을 사용하는 반사형 LCD에 대한 요구가 날로 늘어가고 있다.^[1-6] 이러한 반사형 LCD는 반사판의 위치와 사용되는 편광판의 수, 그리고 보상판의 사용유무에 따라 여러 가지 구조를 가지게 되고 이에 따른 전기 광학적 특성이 달라지게 된다. 편광자 두 개를 사용한 반사형 액정표시 장치는 빛이 두 개의 편광자를 통과하게 되므로 투과율이 떨어지게 되어 밝기가 현저하게 낮아지는 단점이 있다. 또한 반사형 LCD는 주변광을 사용하기 때문에 어두운 장소나 밤에는 사용할 수 없는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 언제, 어디서나 사용 가능한 투과형과 반사형 모드가 동시에 채택된 반투과형 LCD에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[7-10]

본 연구에서는 응답 특성이 우수해 동화상 구현이 용이하며 넓은 시야각을 가지고 있는 반강유전성 액정 셀을 제작하여 여러 가지 광특성을 전산 모사해보고 측정해 보았다. 또한 반투과 모드로의 적용 가능성을 타진하기 위해 광학적 설계 및 액정 셀을 제작해 보았다. 제안한 구조는 단일 편광자를 이용한 반사형과 두개의 편광자로 구성된 투과형 모드를 만족하는 새로운 형태이며, 반강유전성 액정과 분산특성을 고려해 두 개의 광대역 $\lambda/4$ 필름을 사용하였다.

II. 반투과형 AFLCD의 구조 및 동작원리

그림 1에 AFLC 셀을 이용한 반투과형 LCD의 구조를 나타내었다. 두 장의 편광판과 광대역 $\lambda/4$ 필름, 반투과 반사판, 위상 지연이 $\lambda/2$ 로 설계된 액정 셀로 이루어져 있다. 반사형 모드의 경우에는 주변광원을, 투과형 모드에서는 배면조명

을 사용하는 구조이다.

2.1. 반사형 모드

어두운 상태에서 일반적인 $\lambda/4$ 필름은 한 파장에서만 반사된 빛을 90° 회전시키기 때문에 가시광선 전 영역에서 보면 누설광이 발생한다. 그러나 이 셀에 광대역 $\lambda/4$ 필름을 사용하면 전 가시광선 파장영역 빛의 편광상태를 90° 회전시켜 주므로 누설광을 크게 줄여서 어두운 상태를 우수하게 만들 수 있기 때문에 높은 명암 대비비를 얻을 수 있다. 그림 2는 광대역 $\lambda/4$ 필름 구조를 이용한 단일 편광판 반투과 모드 반사형 AFLCD의 동작원리를 나타낸다.^[11]

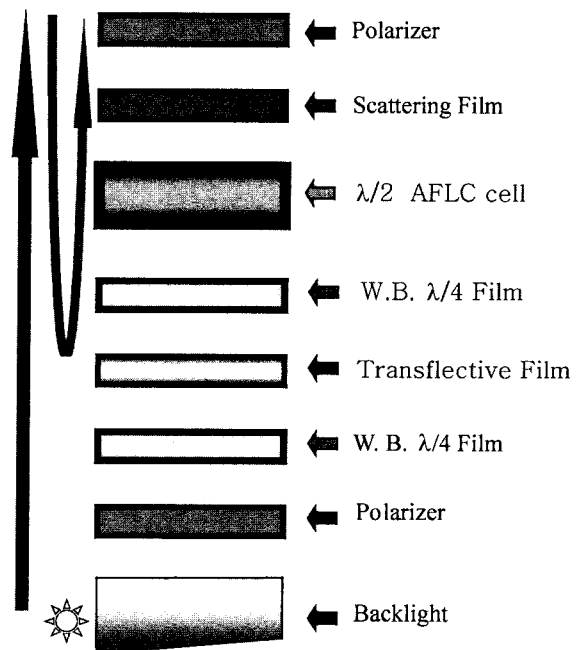


그림 1. 반투과형 AFLCD의 구조.

[†]E-mail: dwchoi@home.pusan.ac.kr

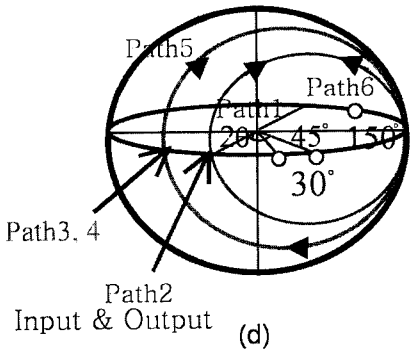
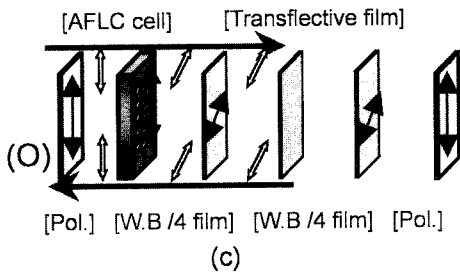
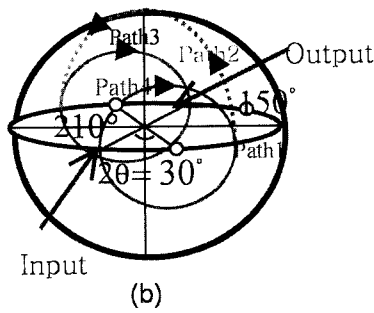
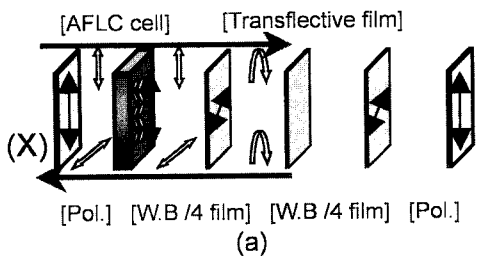


그림 2. 반사형 모드에서의 동작원리와 뿔앙가래 구면을 통한 표현. (a) 반사형 배치(어두운 상태), (b) 뿔앙가래 구면을 통한 표현(어두운 상태), (c) 반사형 배치(밝은 상태), (d) 뿔앙가래 구면을 통한 표현(밝은 상태).

여기서 사용된 광대역 $\lambda/4$ 필름의 구조는 편광판의 투과축에 대해 15° 의 광축을 가진 $\lambda/2$ 필름과 75° 의 광축을 가진 $\lambda/4$ 필름으로 구성되어 있으며, 이는 45° 의 광축을 가진 선편광영역에서 $\lambda/4$ 의 위상지연을 느낄 수 있는 구조가 된다. 이 구조에서는 $\lambda/2$ AFLC 셀과 $\lambda/4$ 필름이 광대역 $\lambda/4$ 필름으로 동작하도록 하였다. 전압을 인가한 F 상태의 경우, 선편광된 입사 빛은 액정과 $\lambda/4$ 필름을 지나면, 총 위상지연을 전 편광 영역에서 $\lambda/4$ 만큼 느껴 원편광으로 바뀌고, 다시 반투과 반사판을 지나 되돌아오면 결국 $\lambda/4$ 필름을 두 번 지나는 셈이 되므로 총 $\lambda/2$ 의 위상지연을 느껴 들어온 빛에 대해 90° 회전

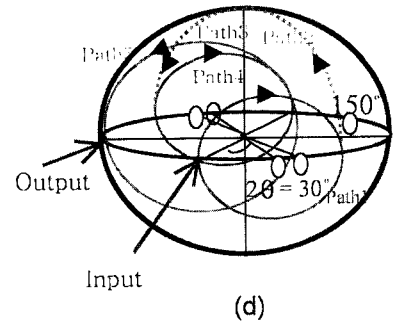
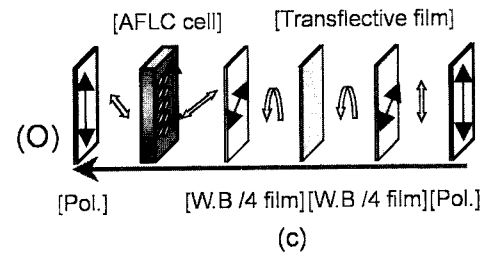
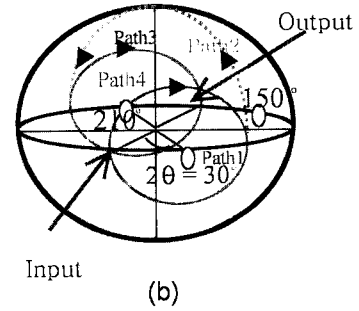
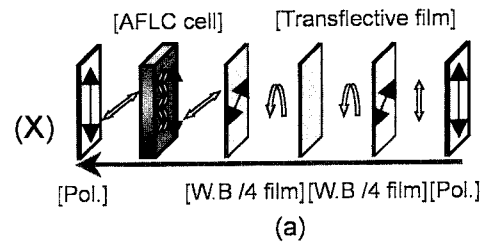


그림 3. 투과형 모드에서의 동작원리와 뿔앙가래 구면을 통한 표현. (a) 투과형 배치(어두운 상태), (b) 뿔앙가래 구면을 통한 표현(어두운 상태), (c) 투과형 배치(밝은 상태), (d) 뿔앙가래 구면을 통한 표현(밝은 상태).

된 선편광 성분이 나오게 되어 결국 들어간 빛에 대해 90° 회전된 빛이 나오게 되 편광판에 의해 차단되어 어두운 상태를 구현할 수 있다. 밝은 상태는 앞의 어두운 상태와는 달리 전압을 인가하지 않은 AF 상태를 구현하여 액정의 광축이 37.5° 가 되어 액정의 위상지연만 느끼도록 한 것이다. 편광판에 의해 선편광된 빛은 편광판의 투과축에 대해 37.5° 의 광축을 가지고 $\lambda/2$ 의 위상지연을 느끼므로 75° 방향으로 선편광된 빛이 나오며 다시 이 빛은 75° 로 놓인 $\lambda/4$ 필름을 지나는데, 이때 필름의 위상지연을 느끼지 못하고 편광 상태를 계속 유지하게 된다. 결국 반투과 반사판을 지나 되돌아오면 총 위상지연은(만큼 느껴 편광이 입사 방향, 즉 0° 방향으로 회전하여 처음의 편광상태로 다시 돌아와 밝은 상태를 구현할 수 있다.

2.2. 투과형 모드

반투과형 AFLCD의 투과형 모드의 경우, 반투과 반사판은 앞선 반사형 모드와는 달리 반사판의 역할을 가진 것이 아니라 투과의 역할을 하도록 설계된 것으로 이때 반투과 반사판은 반사율과 투과율이 동시에 높은 것이 요구된다. 투과형 모드의 동작원리는 앞선 반사형 모드의 경우와는 다르다. 반투과형 AFLCD의 투과형 모드의 동작원리는 그림 3에 나타내었다.^[11]

이 모드는 전압을 인가한 두 가지 상태, F(+)와 F(-) 상태에서 어두운 상태와 밝은 상태를 얻을 수 있다. 어두운 상태는 전압을 인가한 F(+) 상태에서 구현할 수 있는데, 이 때 액정의 광축은 15°로 놓여있다. 편광판을 지난 선편광 성분의 빛은 반투과 반사판 뒤에 위치한 45°의 광축을 가진 광대역 λ/4 필름과 반투과 반사판 앞의 광축이 75°인 λ/4 필름을 지나게 되면 120°로 회전된 선편광 성분이 나온다. 그리고 이 성분은 15°로 놓인 λ/2 AFLC 셀을 지나면 다시 90°로 회전된 선편광 성분이 나와 이 빛은 편광판에 의해 차단되어 어두운 상태를 구현할 수 있다. 밝은 상태는 전압을 인가하여 F(-) 상태로 하면 액정의 광축은 60°로 회전하게 된다. 편광판을 지난 선편광 성분은 위의 어두운 상태와 마찬가지로 액정 셀에 도달하기 전까지는 동일한 편광상태를 유지하게 되어 결국 120°로 회전된 선편광 성분이 나온다. 이 성분은 60°의 광축을 가진 AFLC 셀을 지나면 0° 방향으로 회전하여 밝은 상태를 나타낼 수 있다. 여기서 어두운 상태와 밝은 상태의 총 위상지연은 각각 λ/2와 λ 만큼을 느낀다.

III. 실험

본 연구에서 사용된 반사판은 두께 조절이 가능한 반투과 반사판으로서 금속판 위에 은 금속층을 설치하고 그 표면에는 경면 또는 확산면이 형성되어있다. 금속판에는 전 표면의 20~50%의 면적률로 지름 5~30 μm의 미소구멍이 있어 투과율을 조절할 수 있다. 실험에 사용된 시편의 제작을 위해서 ITO 코팅된 유리기판 위에 polyimide 배향제 RN-1175을 약 400Å의 두께로 입힌 후 섭씨 80°C에서 30분간 전열처리 후 섭씨 250°C에서 경화시켰다. AFLC 셀은 1.5 μm의 스페이서(spacer)를 뿌리고 냉압기(cold presser)의 압력과 압력유지 시간으로 두께를 조정하였다. 액정은 Chisso 사의 CS-4001을 사용하였으며, 상온에서 큰 점성을 갖기 때문에 등방성을 갖는 섭씨 90°가 유지되도록 장치된 전기로 안에서 모세관 현상을 이용하여 준비된 시편에 주입하였다. 제작한 반투과형 AFLC 셀의 분광 특성을 실험과 시뮬레이션을 통하여 알아보았다

IV. 결과 및 토의

그림 4와 5는 반투과형 모드 AFLCD 셀의 반사 및 투과형 모드에서의 iso-luminance contours map과 분광 특성을 나타낸 것이다.

어두운 상태는 광대역 λ/4 필름을 사용하여 가시영역의 누설광을 최소화 하여 우수한 어두운 상태를 구현하였다. 반사

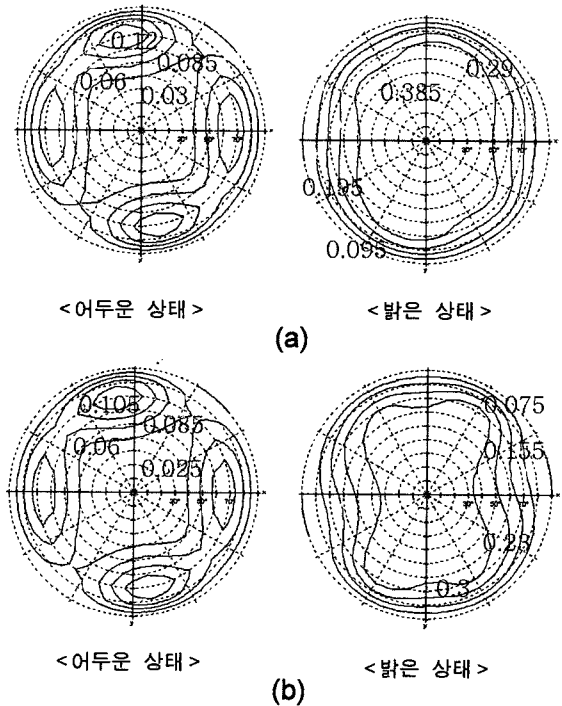


그림 4. 반투과형 LCD 셀의 iso-luminance contours map. (a) 반사형 모드, (b) 투과형 모드.

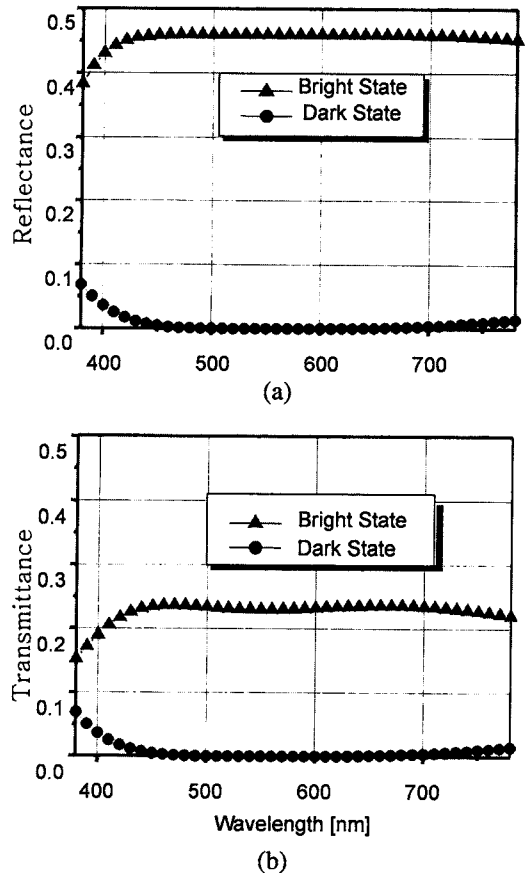


그림 5. 반투과형 LCD 셀의 분광 특성. (a) 반사형 모드, (b) 투과형 모드.

형 모드의 경우, 밝은 상태에서 반사형의 최대 반사율인 50%에 가까운 반사율을 얻을 수 있음을 알았다. 그리고 거의 모든 파장에서 분광 특성이 우수하여 밝은 상태의 색상이 거의 백색과 동일하게 나타남을 알 수 있었다. 최대 명암 대비비는 셀 표면의 수직 방향 근처에서 나타나는데, 이때 측정된 명암대비비는 약 24:1이었다. 투과형 모드의 경우, 밝은 상태는 투과율이 반사 모드에 비해 떨어지지만 이전 연구^[8,9]에 비해 높은 투과율을 얻을 수 있었으며, 분광 특성은 거의 모든 가시영역에서 우수함을 알 수 있었다. 수평방향과 수직방향 모두 우수한 시야각 특성을 나타내고 있으며, 정면에서의 명암 대비비는 약 80:1이었다. 그리고 대체로 수평방향이 수직 방향에 비해 더 우수한 시야각 특성을 나타냄을 알았다.

V. 결 론

본 논문에서는 in-plane tilt각이 22.5°인 $\lambda/2$ 액정 셀과 두 개의 광대역 $\lambda/4$ 필름을 사용한 반투과형 AFLCD 모드의 새로운 광학적 구조를 제안하였다. 반사형 모드의 경우에는 광대역 $\lambda/4$ 필름을 사용함으로써 높은 밝기와 명암 대비비를 얻을 수 있었다. 또한 투과형 모드의 경우도 마찬가지로 높은 명암 대비비를 얻을 수 있었다.

감사의 글

This work was supported in part by University Research Program of MIC (Ministry of Information and Communication) and G7 Project.

참고문헌

[1] T. Ogawa, S. Fujita, Y. Iwai, and H. Koseki, "The trend of reflective LCDs for future electronic paper," *SID 98 Digest*,

pp. 217-220, 1998.

[2] W. S. Park, S.-C. Kim, G.-D. Lee, T.-H. Yoon, and J. C. Kim, "A new reflective display mode for antiferroelectric liquid crystal," *KIDS 2000*, pp. 93-94, 2000.
 [3] 김성철, 박원상, 진현석, 이기동, 윤태훈, 김재창, "반사형 반강유전성 액정 표시장치의 전기광학 특성," 한국광학회 2000년도 동계학술발표회, pp. 112-113, 2000.
 [4] G.-D. Lee, G.-H. Kim, S.-H. Moon, J.-D. Noh, S.-C. Kim, W. S. Park, T.-H. Yoon, J. C. Kim, S. H. Hong, and S. H. Lee, "Reflective liquid crystal display using a non-twist half-wave cell," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 39, pp. L221-L224, 2000.
 [5] T.-H. Yoon, G.-D. Lee, G.-H. Kim, S.-C. Kim, W. S. Park, J. C. Kim, and S. H. Lee, "Reflective liquid crystal display using 0°-twisted half-wave cell," *SID 00 Digest*, pp. 750-753, 2000.
 [6] W. S. Park, S.-C. Kim, G.-D. Lee, S. H. Lee, T.-H. Yoon, and J. C. Kim, "New reflective display mode using antiferroelectric LC and thresholdless antiferroelectric LC," *IDW 00*, pp. 149-152, 2000.
 [7] D. H. Lee, J. Y. Chung, G. B. Park, and I. J. Chung, "Development of the new structure of transfective LCD," *KIDS 2000*, pp. 203, 2000.
 [8] S.-C. Kim, W. S. Park, D. W. Choi, J. W. Kang, G.-D. Lee, T.-H. Yoon, J. C. Kim, and H. H. Shin, "An optical configuration of transfective LCD modes using an antiferroelectric liquid crystals," *KLCC 2000*, vol. 3, p. I-3, 2000.
 [9] 김성철, 박원상, 이기동, 윤태훈, 김재창, "AFLC Cell을 이용한 반투과 LCD 모드의 광학적 구조," *Photonics Conference 2000*, pp. 97-98, 2000.
 [10] 김성철, 박원상, 최덕운, 강진우, 이기동, 윤태훈, 김재창, "AFLC Cell을 이용한 반투과 LCD 모드의 새로운 광학적 구조," 대한전자공학회, pp. 19-23, 2000.
 [11] E. Collett, *Polarized Light Fundamentals and Applications* (Marcel Dekker Inc, New York, US, 1993), Chapter 11.

A new optical configuration for a transfective display mode using an antiferroelectric liquid crystal cell

Duk Woon Choi[†], Sung-Chul Kim, Jin Woo Kang, Won Sang Park, Sa-Yong Shim
 Seo Hern Lee, Tae-Hoon Yoon, and Jae Chang Kim

Department of Electronics Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, KOREA

[†]E-mail: dwchoi@home.pusan.ac.kr

(Received August 2, 2001 ; revised manuscript received February 4, 2002)

We propose an optical configuration for a transfective display mode using a transfective film and a half-wave AFLC cell whose in-plane tilt angle is 22.5°. It provides high brightness and high contrast in the reflective mode as well as in the transmissive mode.

Classification code : DT.010.