

Twisted VA 모드를 이용한 반투과형 LCD의 설계

백봉진 · 도희욱* · 이서현 · 윤태훈 · 김재창

부산대학교 전자공학과

☎ 609-735 부산시 금정구 장전동 산30번지

(2003년 1월 6일 받음, 2003년 7월 28일 수정본 받음)

TVA (Twisted VA) 모드를 이용하여 반사중심의 반투과형 LCD를 설계하였다. 일반적으로 VA 모드의 본질적인 특성에 의해서 발생하는 blue shift 문제를 분광보상필름을 사용하여 해결하였다. 시야각 특성과 명암대비비를 개선하기 위해서 FSF (Front Scattering Film)과 negative C-plate를 사용하였다. 제안된 반투과형 TVA 모드는 약 80:1의 명암대비비, 22 ms의 response time과 표준 MgO 반사판 대비 약 25%의 반사율을 가진다.

주제어 : VA, transfective LCD, spectroscopic compensation film, front scattering film, C-plate

I. 서 론

LCD는 광원의 위치에 따라 투과형 LCD와 반사형 LCD로 나눌 수 있다. 투과형 LCD는 배면광원을 사용하기 때문에 두께가 두껍고 소비전력이 높아 휴대용 표시소자로 부적합하고, 특히 실외나 밝은 환경에서는 명암대비비가 현저히 떨어져서 잘 보이지 않는다는 문제점을 가지고있는 반면, 반사형 LCD의 경우는 주변광을 광원으로 사용하기 때문에 배면광원이 필요 없어 가볍고 얇으며, 저 소비전력의 장점을 가지고 있지만 전체적으로 낮은 반사율과 주변환경에 따라 전기광학적 특성이 쉽게 변하고, 밝이나 어두운 환경에서는 사용이 제한된다는 문제점이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 RTN (Reflective Twisted Nematic) 모드나 ECB(Electrically Controlled Birefringence) 모드를 이용한 두 개의 모드를 동시에 사용하는 반투과형 LCD가 기존에 발표된 바 있다. 하지만 이 모드들은 광특성이 많이 떨어지고 응답특성이 좋지않다는 단점들을 가지고 있다. 따라서 이들의 특성을 개선하기 위해서 AFLC (Antiferroelectric Liquid Crystal) 모드, OCB(Optically Compensation Bend) 모드 및 VA(Vertical Aligned) 모드 등을 이용한 새로운 반투과형 LCD의 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1]

본 논문에서는 TVA 모드를 선택하여 반사중심의 반투과형 LCD를 설계하였다.^[6] 먼저 PSD(Parameter Space Diagram) 방법을 사용하여 반사형 모드의 최적 설계조건을 찾았으며, 반사형 모드의 특성들을 개선하기 위해서 각종 필름들의 사용을 제안하였다. 반사형에 맞추어 설계한 투과형 모드의 특성들에 대해서 설명하였고, 반사형과 투과형 모드 각각의 특성들을 실험을 통해서 분석해 보았다.

II. 반사형 TVA 모드 설계

일반적으로 꼬여있지 않은 Non-twist VA 모드는 온도 의존성이 크며, 색 분산특성이 좋지않고, 셀 갭이 작아서 수율이

떨어진다는 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 액정분자들이 일정한 각을 가지고 꼬여있는 TVA 모드를 사용하였다. TVA 모드는 온도 의존성이 작고 색 분산 특성이 양호하며, 셀 갭과 꼬임각(twist angle)에 대한 의존도가 낮아 수율이 좋아서 양산에 유리하다는 장점을 가지고있다. 먼저 셀의 설계를 위해서 2×2 Jones matrix를 이용한 PSD 방법을 사용하여 최적의 설계조건을 찾아보았다.^[8] 이때 광대역 λ/4 필름(WRF: Wide-band Retardation Film)을 사용하여 가시광 전 영역에 대해서 누설광을 보상하였다. 그림 1에 red (650 nm), green(550 nm), blue(450 nm) 각각의 파장대에 대한 simulation 결과를 나타내었다. 이 결과 Δnd = 0.244 μm, 꼬임각 = 68°와 Δnd = 0.628 μm, 꼬임각 = 175°인 두 가지 조건을 찾을 수 있었다. 여기서 두번째 조건인 Δnd = 0.628 μm, 꼬임각 = 175°인 값을 사용하면 색 분산특성이 나빠져, 계조구현이 어려울 뿐 아니라 반사율도 떨어진다는 문제점이 발생한다. 따라서 우리는 첫번째 조건인 Δnd = 0.244 μm, 꼬임각 = 68°인 조건을 선택하여 반사형 TVA 셀을 설계하였다.

PSD 방법으로 도출된 조건에 맞춰 설계된 반사형 TVA 모드는 그림 2(a)와 같이 gray inversion에 의한 blue shift 문제가 발생함을 알 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 분광 보상필름을 사용하였다. 이것은 분광보상필름의 Δnd에 의해서 액정모드의 중심파장대를 이동시키는 원리를 사용한 것으로 분광보상필름의 두께와 굴절률 값을 변화시켜 가장 양호한 특성을 가지는 것으로 Δnd가 300 nm인 분광보상필름을 찾아내었다. 이 필름을 편광판의 부과축과 약 3°~4° 정도의 각도가 되도록 사용하여 blue shift 문제를 완화시켰다. 그림 2(b)는 이 분광보상필름에 의해서 보상된 반사형 TVA 모드의 분광특성을 나타내었다.

반사형 LCD는 배면조명을 사용하지 않고 주변광을 광원으로 사용하기 때문에 glare 성분의 영향으로 명암대비비가 떨어진다는 단점 역시 가지고 있다. 이 단점을 극복하기 위해서 내부전극을 반사판으로 직접 사용하고, 그 표면구조를 설계하는 방법들이 일반적으로 사용되고 있다. 하지만 이와 같은 방

*E-mail: kkirukk@dreamwiz.com

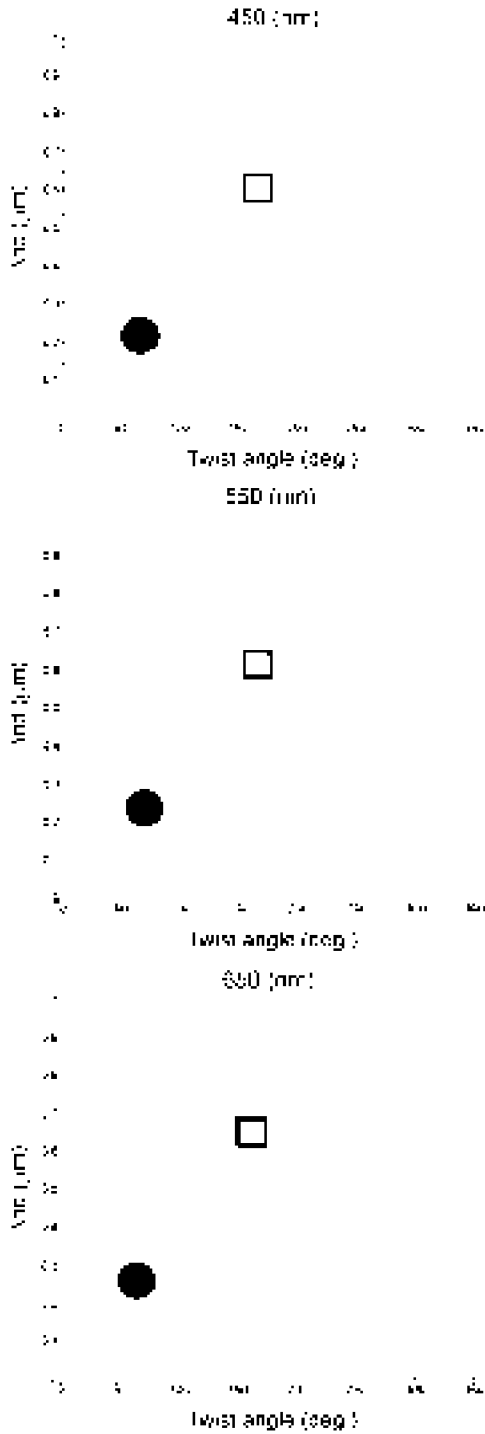
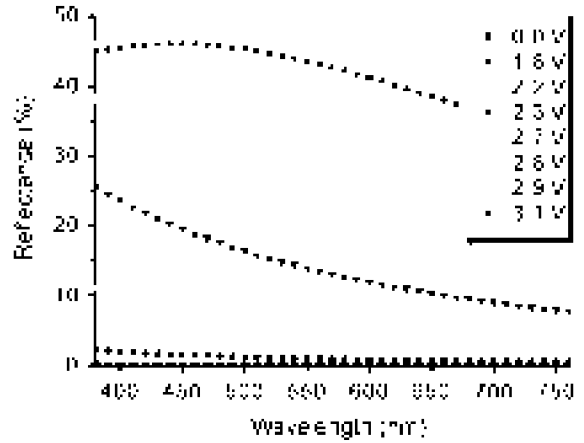
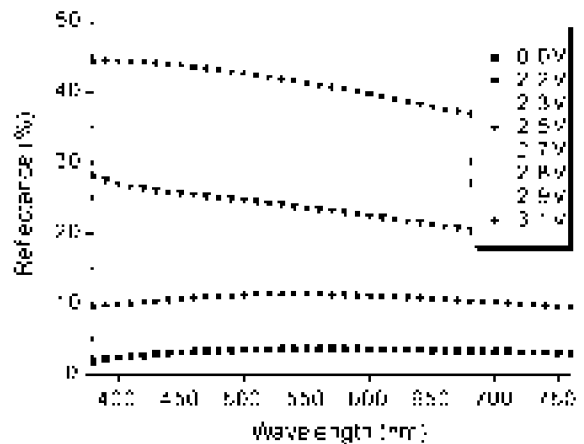


그림 1. Parameter Space Diagram 결과.

범을 VA 모드에 적용하였을 경우 배향상태가 불안정해진다는 문제점이 발생하게 된다. 이 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 편평한 내부전극을 사용하여 배향을 안정화시키는 대신 액정 셀의 바깥쪽에 시야각과 명암대비비의 특성들을 개선하기 위해서 FSF와 negative C-plate의 사용을 제안하였다. FSF는 필름의 haze 퍼센트 농도에 따라 그 특성이 달라지게 되는데, haze란 빛을 확산시키는 정도를 나타내는 발로 입자의 양 혹은 크기나 분포도에 의해서 그 크기가 결정되게 된다.



(a)



(b)

그림 2. 분광보상필름의 유무에 따른 반사형 TVA 모드의 분광특성. (a) 필름이 없는 경우, (b) 필름이 있는 경우.

FSF의 최적화된 값을 찾기 위해서 실험을 통해서 그 특성들을 살펴보았다. 그림 3에 퍼센트 농도별로 시야각에 따른 명암대비비의 특성들을 나타내었다. 이 결과 농도가 작아질수록 명암대비비는 높아지지만 시야각은 좁아진다는 것을 알 수 있었다. 결국 약 70~80%의 haze 농도를 가진 FSF가 가장 적당함을 알 수 있었다.

이번에는 보다 개선된 시야각 특성을 얻기 위해서 negative C-plate를 사용해보았다. C-plate는 광축이 z축 상에 위치한 필름으로 negative C-plate는 다음과 같은 굴절률의 상호관계를 가진다.

$$n_x = n_y > n_z$$

그림 4에 C-plate를 사용하지 않았을 경우와 사용하였을 경우의 명암대비비에 따른 시야각의 특성을 simulation을 통해 비교하였다. 여기서 사용된 최적화된 negative C-plate는 n_x, n_y 가 1.5, n_z 가 1.4984인 굴절률 값을 가지는 필름이다.

그림 5에는 실험을 통해서 측정된 특성을 나타내었다. 결과적으로 보상필름이 없는 경우 약 25:1 정도의 명암대비비를 가지지만 C-plate를 사용함으로써 명암대비비가 수평 약 55:1, 수직 약 80:1 정도로 증가하여, 결국 simulation과 실험을 통

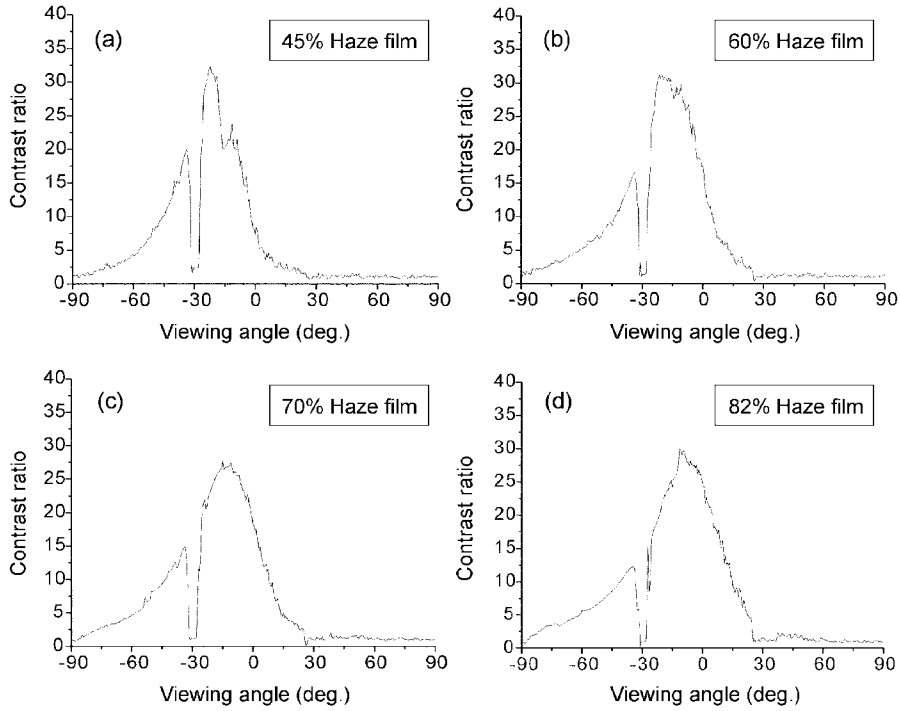


그림 3. Front scattering film의 haze 퍼센트 농도별 특성. (a) 45% haze film, (b) 60% haze film, (c) 70% haze film, (d) 82% haze film.

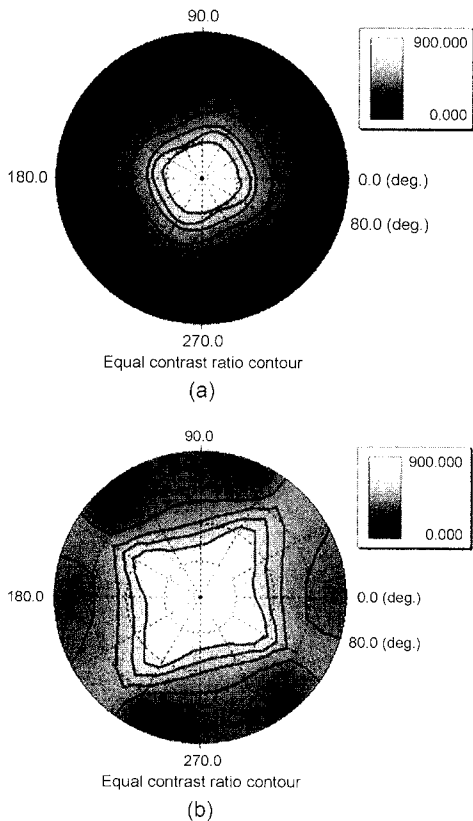


그림 4. C-plate 유무에 따른 equal contrast ratio contour. (a) C-plate 없을 경우, (b) C-plate 있을 경우.

해서 negative C-plate에 의해서 TVA 모드의 시야각 특성들이 개선된다는 것을 알 수 있었다.

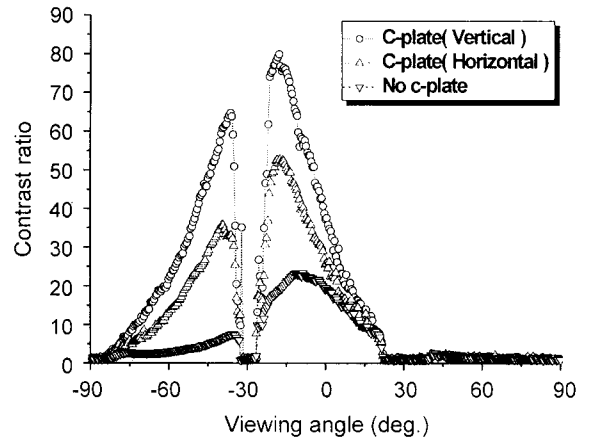


그림 5. 시야각에 따른 명암대비 특성.

그림 6은 실험을 통해서 측정된 반사형 TVA 셀의 전기광학 특성과 응답특성이다. 이 결과 threshold voltage는 약 2.5 V, saturation voltage는 약 4.2 V 정도로 측정되었고, 표준 MgO 반사판 대비 반사율은 약 25% 정도로 측정되었다. 그리고 rising time은 10 ms, falling time은 12 ms로 전체 response time은 약 22 ms 정도가 됨을 알 수 있었다.

III. 반사중심 반투과형 TVA 모드의 투과형 특성

반사중심으로 제작된 반투과형 TVA 모드의 기본구조는 그림 7과 같다. VA 모드의 장점인 완벽한 어두운 상태를 최대한 이용하여 명암대비 특성을 높이기 위해서 초기상태가 어두운 상태인 NB (Normally Black) 모드로 제작하였다. NB

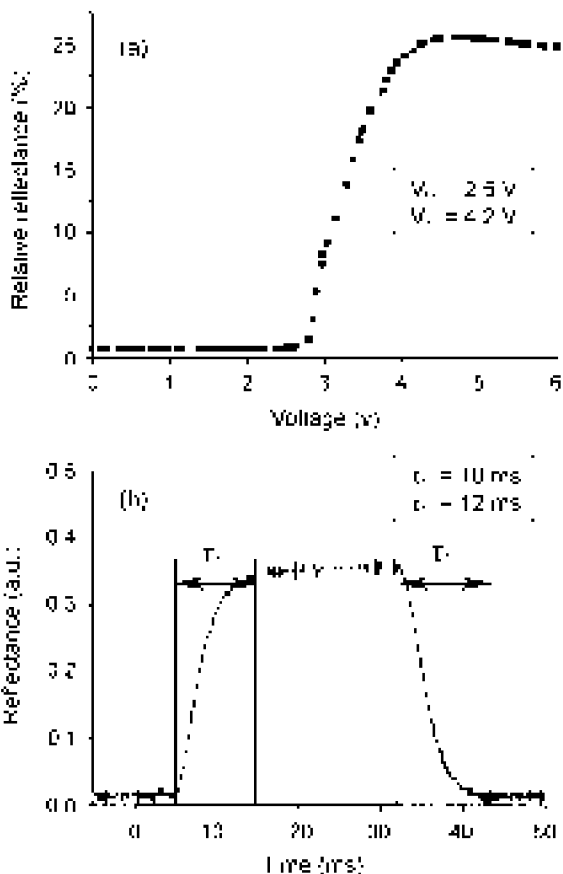


그림 6. (a) 반사형 TVA 셀의 전기광학 특성, (b) 반사형 TVA 셀의 응답특성.

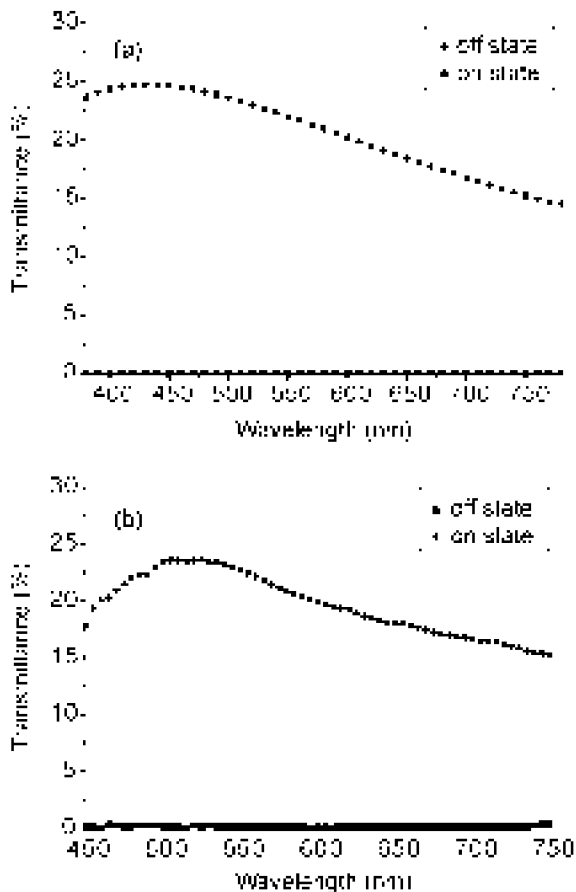


그림 8. 투과형 모드의 분광특성. (a) simulation 결과, (b) 실험 결과.

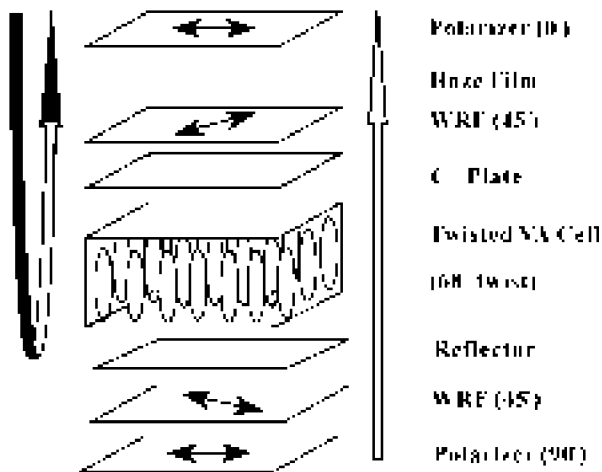


그림 7. 반투과형 TVA 모드의 기본구조.

모드를 만들기 위해서 두 편광판과 광대역 $\lambda/4$ 필름을 각각 교차되도록 하였고, 반사판에 슬릿을 만들어 투과부분에서 배면 광원의 광이 투과될 수 있도록 하였다.

이렇게 제작된 반투과형 TVA 모드의 투과형 부분의 분광특성을 그림 8에 나타내었는데, 실험과 simulation에서 서로 유사한 결과를 보임을 확인할 수 있었다. 하지만 이 결과는 반사형 모드에서 최적의 특성들을 가질 수 있도록 반사중심으로

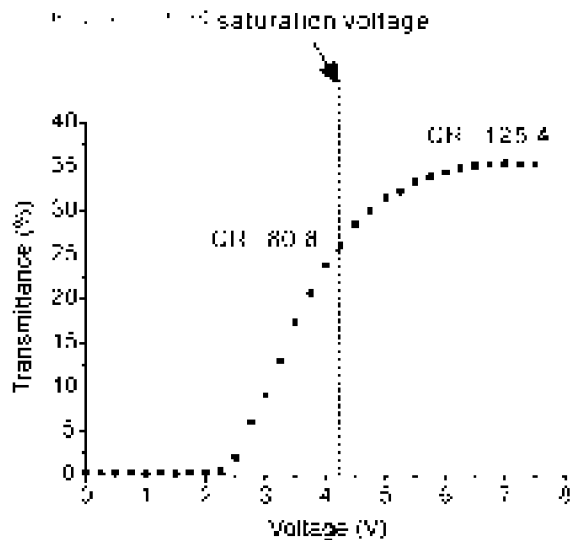


그림 9. 투과모드의 V-T 곡선 및 명암대비비.

설계되었기 때문에 투과모드에서는 특성이 많이 저하됨을 알 수 있었다.

그림 9는 실험을 통해서 측정된 투과형 TVA 모드의 전기광학 특성과 명암대비비이다. 투과모드 자체는 투과율이 최대 35% 정도, 명암대비비 125.4:1로 나타나지만 이것은 투과모드

에 맞는 약 7V의 saturation voltage를 인가하였을 경우이므로 반사형의 조건에 맞는 약 4.2V의 saturation voltage에 맞춘다면 투과율 약 25%, 명암대비비 80.8:1로 반사형에 비해 투과율은 떨어지지만 명암대비비는 비슷한 결과를 가진다는 것을 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 온도 의존성 및 색 분산특성, 수율과 cell gap tolerance 등의 특성이 뛰어나 양산에 유리한 TVA 셀을 이용하여 반사중심의 반투과형 LCD를 설계하였다. 이때 반사형 TVA 모드에서 나타나는 gray inversion에 의한 blue shift 문제를 해결하고, 좁은 시야각 및 낮은 명암대비비의 특성들을 개선시키기 위해서 분광보상필름, FSF, negative C-plate의 사용을 제안하였다. 이렇게 하여 제작된 반사형 TVA 모드는 표준 MgO 반사판 대비 약 25%의 반사율과 2.5 V, 4.2 V의 threshold 및 saturation voltage와 약 22 ms의 response time을 가지고 최대 약 80:1 정도의 명암대비비를 나타내었다. 그리고 투과모드의 경우 투과율 약 25%, 80.8:1의 명암대비비를 가지지만 투과모드와 반사모드를 두 개의 구동 드라이버를 사용하여 각각 따로 동작시키거나 배명광원과 패널을 일체형으로 설계된 구조를 가진 반투과형 모드를 사용한다면 투과부의 광효율을 증대시키고, 반사효율 역시도 극대화될 것으로 전망된다.

감사의 글

This work was performed by the Advanced Backbone IT Technology Development Project supported by the Ministry of

Information & Communication in the Republic of Korea.

참고문헌

- [1] D. H. Lee, J. Y. Chung, G. B. Park, and I. J. Chung, "Development of the new structure of transfective LCD," *KIDS 2000*, p. 203, 2000.
- [2] S. C. Kim, W. S. Park, and H. H. Shin, "An optical configuration of transfective LCD modes using an antiferroelectric liquid crystals," *KLCC 2000*, vol. 3, p. 1, 2000.
- [3] 김성철, 박원상, 이기동, 윤태훈, 김재창, "AFLC cell을 이용한 반투과LCD 모드의 광학적 구조," *Phoptics Conference 2000*, p. 97, 2000.
- [4] 김성철, 박원상, 최덕윤, 강진우, 이기동, 윤태훈, 김재창, "AFLC cell을 이용한 반투과 LCD 모드의 새로운 광학적 구조," *대한전자공학회*, p. 19, 2000.
- [5] M. Jisaki and H. Yamaguchi, "Development of transfective LCD for high contrast and wide viewing angle by using homeotropic alignment," *Asia Display/IDW'01*, p. 133, 2001.
- [6] S. T. Wu, and C. S. Wu, "Chiral-homeotropic liquid crystal cells for high contrast and low voltage displays," *J. Appl. Phys.*, vol. 82, p. 4795, 1997.
- [7] L. Y. Chen and S. H. Chen, "Dynamics of chiral-homeotropic LCDs," *SID 99*, p. 636, 1999.
- [8] S. T. Tang, F. H. Yu, J. Chen, M. Wong, H. C. Huang, and H. S. Kwok, "Reflective twisted nematic liquid crystal displays I. Retardation Compensation," *J. Appl. Phys.*, vol. 81, p. 9, 1990.
- [9] 김희정, 이기동, 윤태훈, 김재창, "단일 편광판을 이용한 반사형 TN LCD의 설계," *한국광학회 2000년도 하계학술발표회*, p. 232, 2000.

Design of a transfective-type LCD using twisted vertical aligned mode

Bong Jin Baek, Hee Wook Do[†], Seo Hern Lee, Tae-Hoon Yoon, and Jae Chang Kim

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

[†]E-mail: kkirukk@dreamwiz.com

(Received January 6, 2003, Revised manuscript July 28, 2003)

We designed a transfective-type LCD using a twisted VA mode. Generally, a VA mode had a blue shift due to intrinsic properties. We solved this problem using spectroscopic compensation film. We used the front scattering film and negative C-plate to improve characteristics of the viewing angle and contrast ratio. As a result, we found that proposed the transfective-type TVA mode had a contrast ratio of about 80:1, a response time of 22 ms, and a reflectance of 25% in comparison with the standard MgO reflector.

OCIS Code : 999.9999.