

Discotic 필름 보상형 In-Plane Switching 모드에 관한 연구

송일섭, 백인수, 정병선, 전연문, 이승희^a
전북대학교 신소재 공학부

Study on In-Plane Switching mode with discotic compensation film

I. S. Song, I. S. Baik, B. S. Jung, Y. M. Jeon, S. H. Lee^a
School of Advanced Materials Engineering, Chonbuk national university

Abstract

We have investigated about compensation film to reduce the light leakage at an oblique angle in-plane switching mode. It is well known that uncompensated in-plane switching (IPS) and fringe field switching (FFS) liquid crystal displays (LCDs) have much better viewing angle than other modes owing to the in-plane rotation of the LC director. However, to accomplish optimal viewing angle characteristics in these devices, they must be compensated by one or more films. So, in this paper, we have studied how to reduce the light leakage with viewing angle using discotic film in dark state.

Key Words : liquid crystal, in-plane switching, view angle characteristics, contrast ratio, discotic film, compensation film

1. 서 론

최근 thin-film-transistor liquid crystal displays (TFT-LCDs)에 대한 연구가 활발해 지면서 TFT-LCD의 저 소비전력 및 소형, 경량 등의 장점으로 인해 cathode-ray tube (CRT)를 대체되고 있는 추세이다. 이런 TFT-LCD의 대표적인 모드로는 twisted nematic (TN) [1,2]를 들 수 있다. 현재 TN 모드는 17" 이하의 소형 디스플레이나 모니터로의 사용이 지배적이다. 하지만 앞으로는 TN 모드의 좁은 시야각 특성 때문에 디스플레이가 대형화되면서 응용되는 정도가 감소되고 있다. 이런 TN의 시야각 문제점을 해결하기 위해 여러 모드가 개발되었는데, 대표적인 예로는 wide view twisted nematic (WVTN) [3]과 광시야각 모드인 multi-domain vertical alignment (MVA) [4], in-plane switching (IPS) [5,6], fringe field switching(FFS) [7-8] 모드 등이 있다. 일반적으로 IPS 모드나 FFS 모드는 좋은 화질과 우수한 시야각 특성을 가지도 있다. 하지만 초기상태가 normally black (NB) 모드이기 때문에 공정 마진이 좋지 않다. 편광판의 투과축으로부터 액정의 광축

이 편향되었을 때, 수평 배향된 액정 셀에서 E-mode와 O-mode의 명암 대비비는 서로 다르게 나타난다[11]. 이 결과에 따르면 E-mode보다 O-mode의 경우가 정면에서 보다 좋은 공정 마진을 가진다고 보고 되었다[9]. 일반적으로 IPS 모드의 초기 어둠 상태에서는 시야각에 따른 빛이 새는 문제가 있어 명암 대비비가 작아지게 된다. 이런 이유로는 편광판의 본질적인 문제점을 들 수 있다. 편광판은 평면으로 진동하는 빛은 제어할 수 있으나, 수직으로 진동하는 빛은 제어하지 못하기 때문에 직교된 편광판의 45도 영역에서 빛이 샌다. 이러한 IPS 모드의 초기 어둠 상태에서 시야각에 따른 빛샘을 제거하기 위해서는 우선 본질적으로 편광판을 개선시켜야한다. 또 다른 방법으로는 보상 필름을 통해 시야각에 따른 빛샘을 제거 시켜 주는 것이다. 보상 필름의 원리는 특정 각도에서 발생하는 $d\Delta n$ 을 필름을 통해 상쇄시켜 그 특정 각도의 $d\Delta n$ 을 0으로 갖게 하는 것이다.

본 논문에서는 discotic 보상 필름을 통한 IPS 모드의 초기 어둠 상태의 시야각 문제점의 개선 여부를 컴퓨터 시뮬레이터를 통하여 알아보았다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

본 논문의 컴퓨터 시뮬레이션은 LCD Master (Japan, Shintech)에 의해 행해졌으며, 계산 방법은 2×2 Jones matrix 방식[10]을 이용하였다. 시뮬레이션 조건은 다음과 같다. normal IPS 모드의 액정 분자의 pretilt 각은 2°로 하였고 셀갭 (d)은 4 μm 로 하였다. 그리고 액정 분자의 표면 배향력은 strong anchoring energy로 가정하였다. 액정의 Δn 은 550nm에서 0.08로 하여 $d\Delta n$ 은 0.32 μm 으로 하였다. 보상 필름을 IPS 모드에 적용 시, O-mode와 E-mode, 두 가지 형태로 배치될 수 있다. 필름 보상시, 편광판과 액정의 배치가 O-mode인 형태가 E-mode보다 유리하다고 보고된 바 있다. 이러한 결과를 확인하기 위하여 O-mode와 E-mode를 비교, 분석하여 보았다. 이 때, discotic 보상 필름의

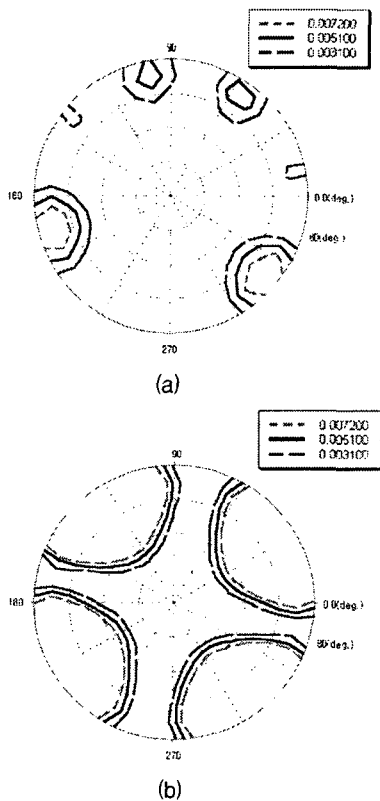


그림 1. 어둠상태에서 discotic 보상 필름을 사용한 (a) O-mode와 (b) E-mode의 등휘도 곡선.
Fig. 1. Iso-luminance contour with (a) O-mode and (b) E-mode using discotic compensation film in the dark state.

$d\Delta n$ 은 입사파장이 550nm 일 때, 0.0847 μm 로 두었고 tilt 각은 액정이 2°의 tilt각을 가지고 있기 때문에 88°로 두었다. 또한 실제 셀을 재현하기 위해 triacetylcellulose (TAC) 필름 또한 고려되어졌다. 이때, TAC 필름의 $d\Delta n$ 은 81.5nm로 두었다. 이러한 조건에서 편광판의 배치만을 상이하게 하고 시뮬레이션을 실행하여 보았다.

그림 1은 어둠상태에서 보상 필름을 사용한 O-mode와 E-mode에 따른 최대 투과율 (T_{max})의 70%, 50%, 30%의 밝기를 나타내는 등휘도 곡선이 다. 보상 필름을 사용한 O-mode 형태의 IPS 모드가 동일 기준에서 월등히 빛샘을 제거하여 우수한 시야각 특성을 보여준다. 이러한 결과를 통해, discotic 보상 필름 사용 시, 편광판과 액정의 배치는 O-mode의 형태이어야 한다.

그림 2는 일반적인 IPS 모드와 보상 필름을 사용한 IPS 셀의 배치를 보여준다. 상기 기술한 결과를 통해 O-mode의 형태로 배치하였고 discotic 보상 필름은 액정과 상부 검광판 사이에 위치한다. 이러한 구조에서 보상 필름을 사용하였을 때, 시야각에 따른 빛샘 감소 여부를 확인하여 보았다.

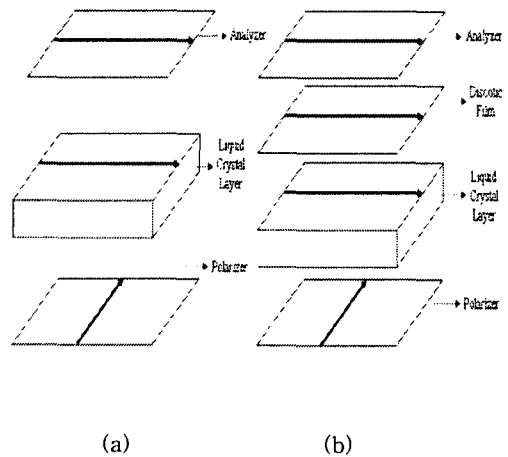


그림 2. (a) normal과 (b) Discotic 보상필름을 사용한 IPS 셀의 배치.

Fig. 2. Cell configuration of normal IPS mode and one using the discotic film.

3. 시뮬레이션 결과 및 토의

그림 3은 어둠상태에서 일반적인 IPS 모드의 등휘도 곡선을 나타낸다. 상기 기술한 그림 1 (a)에

서 discotic 보상 필름을 사용한 IPS 모드는 그림 3의 일반적인 IPS 모드보다 시야각에 따른 빛샘이 월등히 적다. 빛샘 최대값의 70% 기준을 보았을 때, 무려 1/2배 감소한다. 이러한 수치를 비교하였을 때, 밝음 상태에서 동일한 휘도 균일도를 나타낸다고 가정하면 discotic 보상 필름을 사용한 IPS 모드가 일반적인 IPS모드보다 시야각에 따라 2배 이상의 명암 대비비 (CR) 값을 갖는다는 것을 예측할 수 있다.

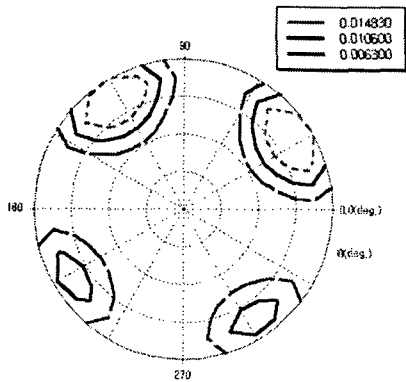


그림 3. 어둡 상태에서 일반적인 IPS모드의 등휘도 곡선.

Fig. 3. Iso-luminance contour of normal IPS mode in the dark state.

그림 4는 밝음 상태에서 일반적인 IPS모드와 discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드의 등휘도 곡선을 나타낸다. 일반적인 IPS모드가 discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드보다 시야각에 따른 휘도가 더 균일하게 나타난다. 이러한 원인은 discotic 보상 필름의 dLn 이 밝음 상태에서 특정 시야각에서 휘도를 감소시키는 역할을 하기 때문이다. 이러한 결과를 통해 discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드는 밝음 상태에서 휘도균일도가 일반적인 IPS모드보다 떨어지기 때문에 시야각에 따른 CR값이 저해된다. 하지만 CR은 어둡상태에 대한 밝음 상태의 비이기 때문에 분모 값인 어둡상태의 영향을 더 크게 받는다. 상기 기술한 어둡상태에서의 빛샘은 discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드가 1/2배이므로 시야각에 따른 CR값의 변화가 적을 것으로 보인다.

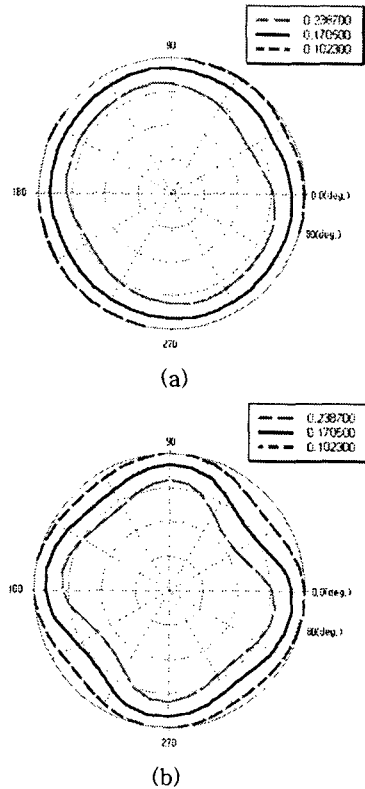


그림 4. 밝음 상태에서 (a) 일반적인 IPS모드와 (b) discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드의 등휘도 곡선.

Fig. 4. Iso-luminance contour of (a) normal IPS mode and (b) one using discotic compensation film in the white state.

그림 5는 일반적인 IPS모드와 discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드의 등명암 대비비 곡선을 나타낸다. discotic 보상 필름을 사용한 IPS모드가 일반적인 IPS모드보다 시야각에 따른 CR값의 변화가 적다. discotic 보상필름을 사용한 IPS모드인 경우 명암 대비비 값이 100:1 이상인 영역이 모든 방향에서 50°이상의 polar angle을 갖고 있어 넓은 범위의 시야각 특성을 보여주고 이는 여전히 필름 보상을 하지 않은 일반적인 IPS 모드의 경우보다 우수한 시야각 특성을 보인다.

참고 문헌

- [1] M. Schadt and W. Helfrich, "Voltage-dependent optical activity of twisted nematic liquid crystal", Appl. Phys. Lett., Vol. 18, No. 4, p. 127, 1971.
- [2] H. Yoshida and J. Kelly, "Light behavior analysis of twisted nematic liquid crystal", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, p. 2116, 1997.
- [3] M. Mori et al, "Performance of novel optical compensation film based on negative birefringence of discotic compound for wide-viewing-angle twisted-nematic liquid crystal displays", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, No. 1A, p. 143, 1997.
- [4] N. Koma, Y. Baba and K. Matsuoka, "No rub multi-domain TFT-LCD using surrounding electrode methode", SID'95 Digest, p. 896, 1995.
- [5] M. Oh-e, and K. Kondo, "Electro-optic characteristics and switching behavior of the in-plane switching mode", Appl. Phys. Lett., Vol. 67, No. 26, p. 3895, 1995.
- [6] H. Y. Kim, I. S. Song and S. H. Lee, "Rubbing angle effects on the electro-optic characteristics of in-plane switching liquid crystal display", Trans. on. EEM, Vol. 4, No. 1, p. 24, 2003
- [7] S. H. Lee, S. L. Lee and H. Y. Kim, "Electro-optic characteristics and switching principle of a nematic liquid crystal cell controlled by fringe-field switching", Appl. Phys. Lett., Vol. 73, No3 20, p. 2881, 1998.
- [8] 김향울, 고재완, 노정동, 서대식, 이승희, "유전율 이방성이 음인 액정을 이용한 이중 도메인 FFS 모드의 전기광학 특성", 전기전자재료학회논문지, 15권, 8호, p. 720, 2002.
- [9] I. S. Song, I. S. Baik, H. K. Won and S. H. Lee, "Light leakage comparison in a homogeneously aligned nematic liquid crystal display depending on an angle between polarizer axis and optic axis of a liquid crystal", IMID '04, p. 1182 2004.
- [10] A. Lien, "Extended Jones matrix representation for twisted nematic liquid crystal display at oblique incidence", Appl. Phys. Lett., Vol. 57, No. 26, p. 2767, 1990.

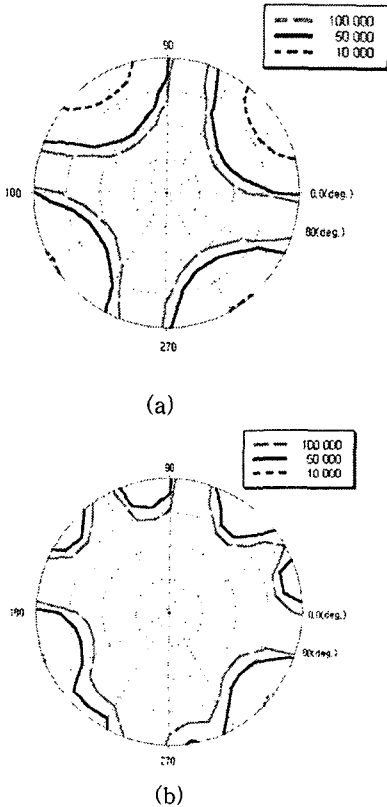


그림 5. (a) 일반적인 IPS모드와 (b) 보상 필름을 사용한 IPS모드의 등명암 대비비 곡선.

Fig. 5. Iso-CR contour of (a) normal IPS mode and one using discotic compensation film.

4. 결론

본 논문에서는 discotic 보상 필름을 사용한 IPS 모드의 시야각 특성에 대해 연구하였다. discotic 보상필름을 사용한 IPS 모드의 경우 어두운 상태에서 normal IPS 모드에 비해 월등히 시야각에 따른 빛샘이 줄어든다. 이러한 이유는 초기 편광판과 액정의 배열상태에서 시야각에 따라 발생하는 $d\Delta n$ 이 discotic 보상필름에 의해 상쇄되기 때문이다. 결과적으로, 실제 구현을 재현하기 위해 tilt각과 TAC 필름을 고려하였을 때에도 discotic 보상필름을 통해 보상하였을 시에 등명암 대비비가 100:1 이상인 영역이 모든 방향에서 50°이상의 polar angle을 가지고 있어 넓은 범위의 시야각 특성을 보인다.