

기술 특 집

Cap-Divided 방식의 VA 액정모드를 채용한 신규 반투과형 LTPS-LCD 개발

강승곤*, 김성호, 송석천, 박원상, 이청, 김치우, 정규하
(삼성전자(주) LCD 총괄, Mobile Display 사업팀, LTPS팀 *seunggon.kang@samsung.com)

초 록

우수한 화질특성을 나타내는 새로운 반투과형 액정모드를 개발했다. 단일 셀갭 구조에서 감마(Gamma) 보정없이 투과모드와 반사모드를 동시에 구동하기 위해 유기막을 이용하여 반사모드 영역의 액정 Cap을 두 가지로 분리하는 새로운 설계구조를 도입했다. 반사모드 영역의 액정 Cap을 순수한 액정 Cap(C_{LC})과 유기막 Cap(C_{OL})으로 분리함으로써 액정에 걸리는 실제 전압을 조절하게 되어 단일 셀갭 구조에서도 감마 보정없이 우수한 특성을 나타내는 반투과형 VA 액정모드를 개발하였다. 이러한 Cap-Divided 방식의 신규 VA 액정모드는 높은 콘트라스트, 광시야각 특성 및 공정 단순화의 장점이 있기 때문에 향후 반투과형 LCD에 적극적인 채용이 기대되어진다.

I. 서 론

휴대형 정보통신 기술의 급격한 발전에 따라 시야각이 넓고 야외 시인성이 뛰어나며 색감이 우수한 표시소자에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있다. 여러 종류의 표시소자 중에 저소비전력, 경량, 박형화의 장점을 가진 액정 디스플레이(LCD)가 이러한 휴대형 정보 단말기로 각광을 받고있다. 그러나 투과형 LCD는 근본적으로 야외 시인성이 떨어지기 때문에 이러한 휴대형 표시소자로서는 부적합하다. 반사형 LCD의 경우 야외 시인성이나 소비전력 면에서 투과형 LCD에 비해 유리한 것은 사실이지만 반사형 LCD도 주변 환경이 어두울 때는 휘도나 색감이 급격히 떨어지는 단점이 있다. 이와 같이 휴대형 정보 표시소자에 어떠한 것이 적합한가라는 관점에서 보면 투과형이나 반사형 LCD에 비해 반투과형 LCD가 두 표시소자의 장점을 모두 가지고 있기 때문에 가장 적합하다고 할 수있다.

초창기 단일 셀갭 방식의 반투과형 LCD에서는 대부분 MTN(Mixed-mode TN) 모드가 사용되었다^[1,2]. 하지만, MTN 모드에서는 반사형 영역과 투과형 영역간의 빛의 광

학적 통과거리가 다르기 때문에 투과모드와 반사모드를 동시에 만족시키는 최적의 액정광학 설계조건을 발견하기가 어렵다. 이러한 MTN 모드의 단점을 극복하고 반사모드와 투과모드의 광효율을 동시에 만족시키기 위해 이중셀갭 반투과 액정모드가 도입됐다^[3~4]. 이중셀갭 모드는 투과영역과 반사영역 간의 빛의 광학적 통과거리가 동일하기 때문에 우수한 투과율 특성을 나타낸다. 비록 이중 셀갭 반투과 모드가 광특성 측면에서는 우수하다고 하지만 공정측면에서는 반사영역의 낮은 셀갭으로 인하여 셀갭 제어조건이 너무 어려운 단점이 있다. 이에 당사에서는 이와 같은 이중셀갭 모드의 단점인 공정 편이성을 개선하고 동시에 광특성 측면에서도 우수한 Cap-Divided 방식의 신규 반투과 액정모드를 개발하게 되었다. 이 Cap-Divided 방식의 반투과 VA (Vertical Alignment) 액정모드는 기존에 발표된 이중감마 반투과 VA 모드의 단점을 보완한 획기적인 액정 모드이다^[5~8]. 본 논문에서는 이러한 Cap-Divided 방식의 신규 반투과 VA모드의 장점과 구동 단순화 방법에 대해 자세히 설명하도록 하겠다. 아울러 실제 제작된 패널의 광학특성을 소개함으로써 Cap-Divided 방식의 VA-모드의 우수성을 실험적으로 증명해 보이도록 하겠다.

II. 패널 설계

투과모드와 반사모드에 대해 각각 서로 다른 감마를 적용해야 하는 기존의 이중감마 구동방식의 복잡성을 피하기 위해 우리는 투과모드와 반사모드에 대해 동일한 감마를 적용하는 새로운 설계 개념, 즉 Cap-Divided 방식의 VA-액정모드를 도입했다. Figure 1에서 볼 수 있는 것처럼, 투과모드 영역의 액정 Cap(C_{LC})은 변동이 없는 반면, 반사모드 영역의 액정 Cap은 상판 전극의 ITO와 액정 사이에 유기막을 추가함으로써 액정 Cap(C_{LC})과 유기막 Cap(C_{OL})으로 나누어지도록 하였다. 이러한 Cap의 직렬연결 형태를 이용하여 액정에 걸리는 전압을 두 Cap의 용량에 따라 순수하게 액정에 걸리는 전압(V_{LC})과 유기막 층에 걸리는 전압

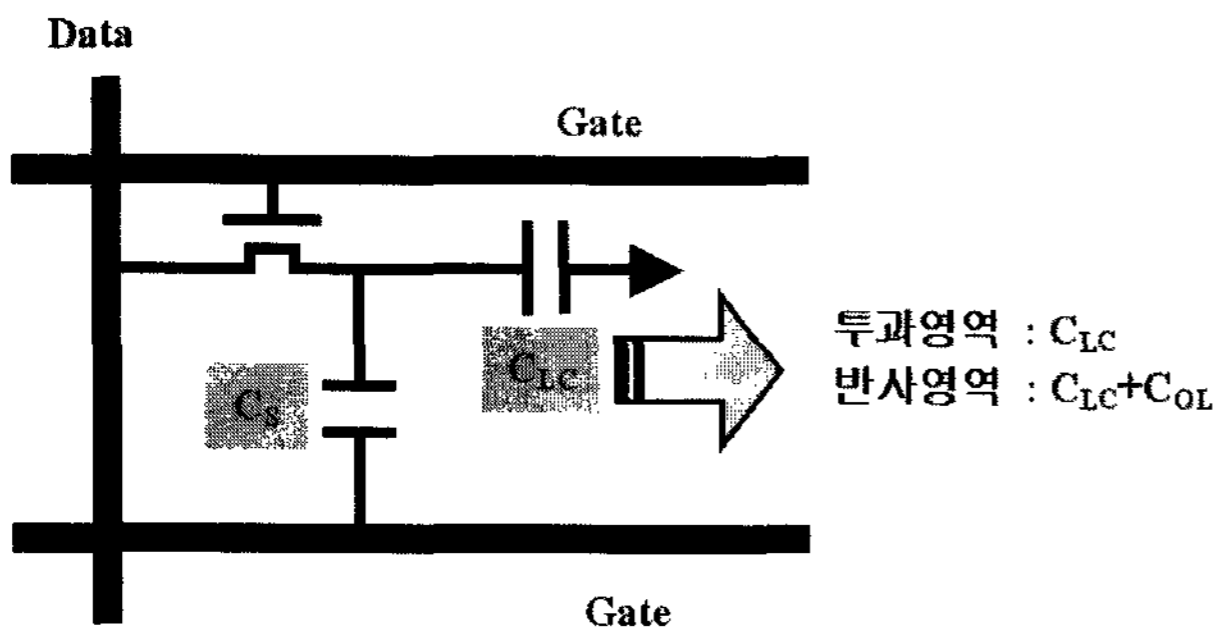


Figure 1 화소 TFT의 등가 회로도

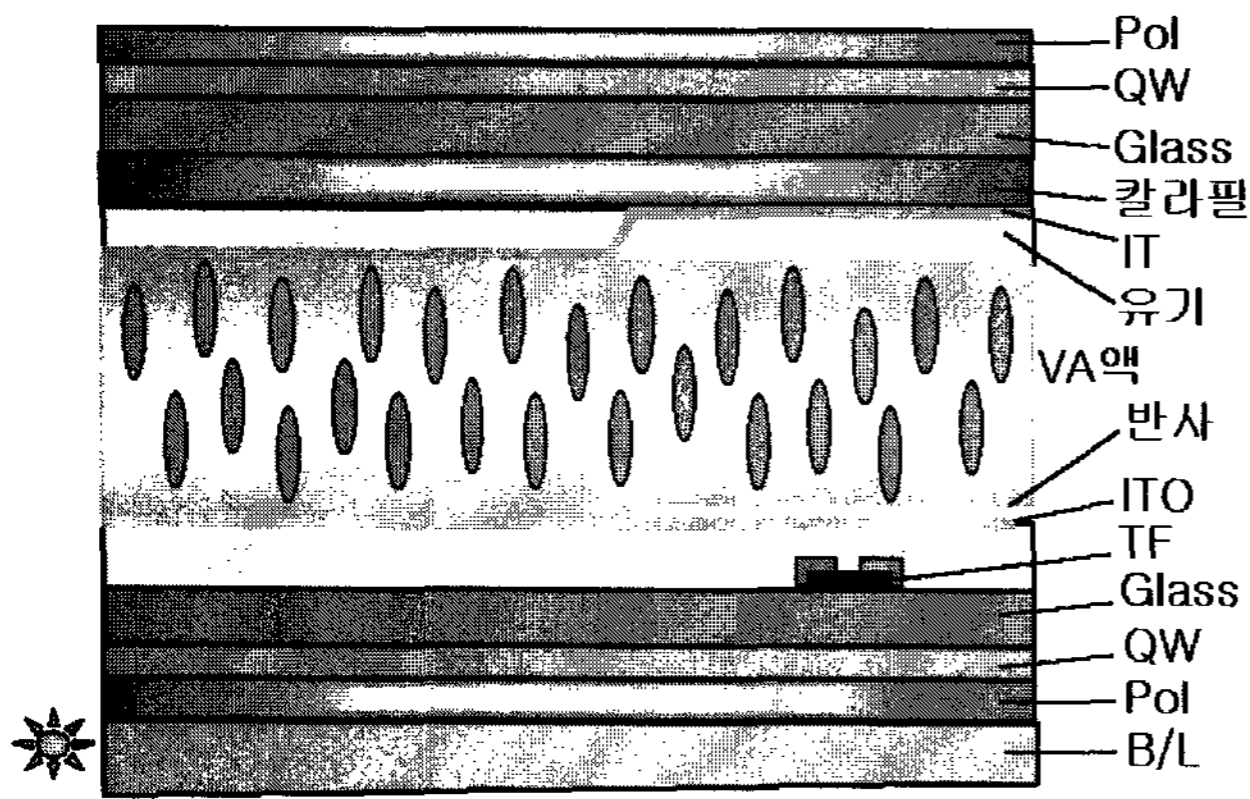


Figure 2 Cap-Divided 방식의 VA-모드를 채용한 LTPS-LCD의 단면구조

(V_{OL})으로 분할하게 된다. 일반적으로 Cap의 정전용량은 두 전극 사이의 거리(d)와 중간 매질의 유전률(ϵ)에 의해 좌우되기 때문에, 반사영역에서 순수하게 액정에 걸리는 전압(V_{LC})은 상기의 두 변수를 변화시킴으로써 조절이 가능하다.

Figure 2는 Cap-Divided 방식의 VA-모드 설계에서의 Panel 단면구조를 보여주는 것이다. 각각의 화소는 투과영역과 반사영역으로 나뉘는데, 투과영역은 빛의 투과를 위해 ITO로 형성되어 있고 반사영역은 요철형태로 되어있는 유기막 위에 Al 반사막이 올라가 있는 형태로 되어있다 그림에서 볼 수 있는 것처럼, 반사영역에서는 상판 기판의 ITO 전극 위에 유기막이 추가로 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

여기에 형성된 유기막이 본 논문의 제목처럼 Cap-Divided 방식의 VA-액정모드의 핵심역할을 하는 부분이다. 반사율 향상을 위해 반사영역의 칼라필터에 Hole을 뚫어서 2-Tone 방식을 적용하였다^[9]. 액정은 VA-모드를 적용하였기 때문에 유전율 이방성이 음의 값을 갖는 Merck사 액정을 사용하였으며 상하판 기판에 거의 수직(90°)으로 배향되도록 하였다. 또한 Normally-Black 모드 작동을 위해서 상하판 각각에 걸쳐 Pol과 기판사이에 Quarter-Wave Plate (QWP)를 삽입하였다.

III. 실험 내용

1. 정전용량(C_{OL}) 최적화

앞에서도 언급했던 것처럼, 유기막의 정전용량(C_{OL})은 유기막 두께와 유전률에 의해 결정되기 때문에 두 변수를 조절함으로써 최적 반사모드 구동에 적합한 정전용량은 찾을 수 있다. 편의상 본 실험에서는 유기막의 최적 정전용량 값을 찾기 위하여 셀갭은 $3.8\mu m$ 로 고정을 시켜놓은 상태에서 열경화성 투명 수지($\epsilon: 2.65$)를 이용하여 유기막의 두께를 $1.0\mu m$, $1.3\mu m$, $1.6\mu m$ 세 조건으로 된 Cell을 제작한 후에 각각의 Cell에 대한 V-R 곡선을 측정하여 최적 정전용량 값을 찾았다.

Figure 3에서 Y-축은 Normalized된 투과율과 반사율을 나타내고 X-축은 액정에 가해지는 전압을 나타낸다. 그림에서 적색 곡선은 투과모드의 V-T 곡선을 나타낸 것이고 나머지 세 곡선은 유기막 두께에 따른 V-R 곡선의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼, 유기막 두께가 증가함에 따라 V-R 곡선이 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하면서 곡선의 기울기(감마 값)가 변하는 것을 알 수 있다. 유기막 두께별 세 가지 V-R 곡선 중에 $1.3\mu m$ 조건이 V-T 곡선과 곡선의 기울기가 가장 비슷한 것을 알 수 있다. 즉 유기막 두께 $1.3\mu m$ 조건일 때 반사영역에서의 V-R 곡선이 투과영역의 V-T 곡선과 가장 Matching이 잘 되는 것을 알 수 있다. 다시 말해, $1.3\mu m$ 두께의 유기막을 적용하게 되면 투과모드와 반사모드를 동일한 감마로 구동이 가능하

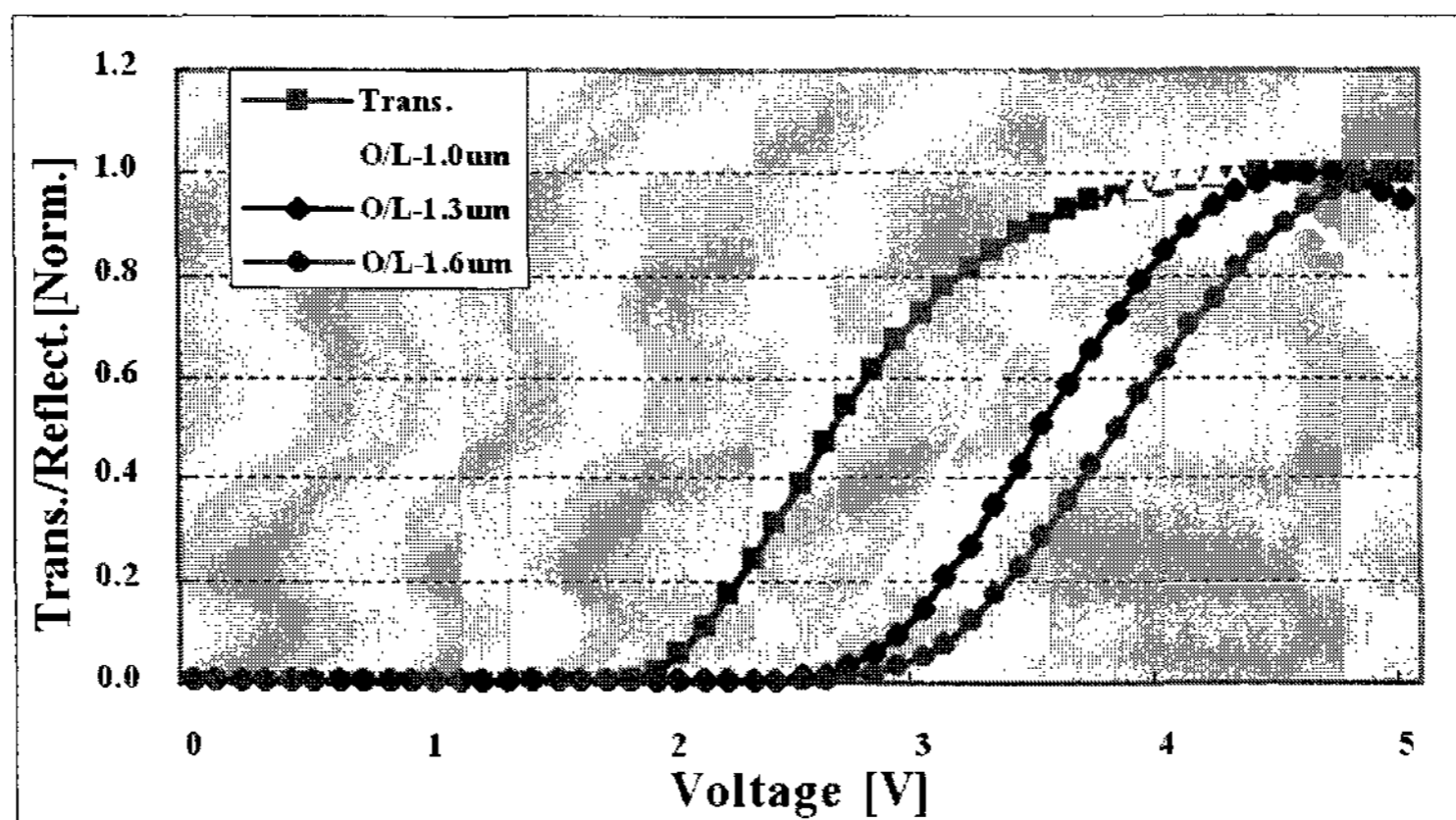


Figure 3 Divided 방식 VA-모드 LCD에서 유기막 두께에 따른 V-T와 V-R 곡선(측정치).

다는 것이다. 이를 통해 단일 셀갭 구조에서도 반사모드와 투과모드를 동일한 감마를 적용하여 구동이 가능하게 할 수 있다. 하지만 유기막을 적용함으로써 인해 V-R곡선에서 볼 수 있는 것처럼 반사모드에서의 액정의 V_{th} 값이 증가하여 투과모드에 비해 구동전압 영역이 증가하는 문제점이 발생하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 V_{th} 변화는 상판 전극과 액정 사이에 유기막이라는 유전체를 삽입함으로써 발생하는 필연적인 결과로서 이를 줄이기 위해서는 유전율 값이 낮은 새로운 유기막 개발이 선행되어야 한다.

2. 광학 특성

Table 1에서 볼 수 있는 것처럼, 우리는 VA-모드의 장점을 최대한 이용하여 우수한 광특성을 나타내는 Cap-Divided 방식의 반투과 액정모드를 채용한 5.0" LTPS-LCD를 개발하였다. 반사율은 점광원 측정방식을 적용하여 측정하였으며 30도 방향에서 입사하는 광에 대해 수직방향으로 출사하는 빛의 광량을 표준 백색판인 $BaSO_4$ 대비 백분율로 환산한 결과를 나타낸 것이다. 우리 Cap-Divided 방식의 VA-모드는 반사율은 약 5% 수준이고 Contrast는 300 정도로 측정되었다. 시야각은 수평 방향으로 160° 이상, 수직 방향으로 140° 이상으로 나왔는데 Homogeneous 배향을 적용하는 보통의 이중셀갭 ECB 반투과 모드에 비해 약 두 배정도 넓은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 색재현율은 칼라필터의 색순도에 의해 좌우되는데 우리는 30% 칼라필터를 사용하여 약 28% 정도의 색재현율을 얻을 수 있었다.

Table 1 Cap-Divided 방식 VA-모드의 광특성

항 목	Cap-Divided VA-모드
1. Contrast	300 : 1
2. 시야각(CR>10)	수평 방향 : >160° 수직 방향 : >140°
3. Color Gamut	28%
4. 응답속도	23 ms
5. 반사율	~5%

IV. 결 론

우리는 Cap-Divided 방식이라는 새로운 개념을 적용한 신규 반투과형 VA 액정모드를 채용하여 우수한 광특성을 나타내는 5.0" LTPS-LCD를 개발하였다. Cap-Divided 방식의 반투과형 액정모드는 각각의 화소에서 반사영역의 액정 $Cap(C_{LC})$ 을 유기막 $Cap(C_{OL})$ 과 액정 $Cap(C_{LC})$ 으로

분할하여 액정에 가해지는 전압을 액정 (V_{LC})과 유기막 (V_{OL})으로 분배함으로써 단일 셀갭 구조에서도 투과모드와 반사모드를 동일한 감마로 구동할 수 있는 장점을 가지게 된다. 본 논문에서는 Cap-Divided 방식의 반투과 VA-액정모드의 설계 및 구동원리에 대해 자세히 설명하였다.

현재 가장 많이 적용되고 있는 이중 셀갭 반투과 ECB 모드에 비해 Cap-Divided 방식의 신규 반투과 VA-모드는 단일 셀갭 구조이기 때문에 공정단순화가 용이하고 또한 VA-모드를 적용하였기 때문에 전반적인 광특성 면(Contrast, 시야각 등)에서도 우수한 장점을 가지고 있다. 따라서 Cap-Divided 방식의 반투과 VA액정모드는 기존의 반투과형 액정모드보다 훨씬 우수한 특성을 나타내기 때문에 향후 그 시장 규모의 확대가 예상되는 High End용 제품의 LCD에 채용이 기대되어진다.

참 고 문 헌

- [1] S. T. Wu and C. S. Wu, "High Brightness Projection Displays using Mixed-mode Twisted Nematic Liquid Crystal Cells", SID'96, p.763 (1996).
- [2] S. T. Wu and C. S. Wu, "Mixed-mode Twisted Nematic Liquid Crystal Cells for Reflective Displays", Appl. Phys. Lett., 68(11), 1455 (1996).
- [3] Kohichi Fujimori et al., "New color filter structures for transfective TFT-LCD", SID'02, p.1382 (2002).
- [4] Masumi Kubo et al., "Development of advanced TFT with good legibility under any intensity of ambient light", IDW'99, p.183 (1999).
- [5] Chia-Rong Sheu et al., "A Novel LTPS transfective TFT-LCD driving by double gamma method", SID'03, p.653 (2003).
- [6] Makoto Jisaki et al., "Development of transfective LCD for high contrast and wide viewing angle by using homeotropic alignment", IDW'01, p.133 (2001).
- [7] N. Sugiura et al., "A Novel vertically aligned reflective-color TFT-LCD with high contrast ratio", SID'02, p.1386 (2002).
- [8] S. I. Kim et al., "Low-Twist Vertically-Aligned Transfective LCD", SID'04, p.34 (2004).
- [9] K. Fujimori et al., "New color filter structures for transfective TFT-LCD", SID'02, p.1382 (2002)