

## VA Mode의 LCOS에서 Cell Gap의 변화에 따른 전기광학적 특성

강정원<sup>†</sup> · 손홍배

<sup>†</sup>단국대학교 전자전기공학부

### Electro-optical Characteristics of VA mode LCOS depending on Cell Gap

Jungwon Kang<sup>†</sup> and Hongbae Son

<sup>†</sup>Department of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University

#### ABSTRACT

The electro-optical characteristics of the Liquid Crystal on Silicon (hereinafter "LCOS") micro-display on vertically alignment (VA) mode were studied depending on various cell gaps. 5 different cell gaps, such as 1.4  $\mu\text{m}$ , 1.8  $\mu\text{m}$ , 2.1  $\mu\text{m}$ , 2.4  $\mu\text{m}$  and 2.8  $\mu\text{m}$ , were selected. The reflectance-voltage (R-V) characteristics, distributions of reflected light and reflectance were calculated with 3-dimensional LC code. At the center of cell, the smallest 1.4  $\mu\text{m}$  cell gap showed the lowest reflectance and the largest 2.8  $\mu\text{m}$  cell gap showed the highest reflectance due to the surface anchoring effect. In case of 2.1  $\mu\text{m}$  cell gap, the sum of reflectance overall cell was the highest value. Considering the reflectance and R-V curve characteristic, the optimized cell gap was 2.1  $\mu\text{m}$ .

**Key Words** : LCOS, Cell gap, Micro-display, Liquid crystal

## 1. 서 론

최근 고화질, 대화면 디스플레이에 대한 관심이 높아지면서 평판디스플레이의 수요가 증가되고 있다. 그러나 대형화에 따른 가격, 무게 및 부피가 증가하는 문제를 해결하기 위하여 소형, 경량, 저가의 마이크로디스플레이(Microdisplay)를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

마이크로디스플레이는 투과형과 반사형으로 구분할 수 있으며, 투과형인 고온 폴리 TFT-LCD를 적용한 프로젝터는 세 개의 LC(Liquid Crystal) 패널이 적/녹/청 3색을 LC의 픽셀(Pixel)을 통해 분광시키고, 렌즈로 분광된 빛을 모아 영상을 만들어 낸다. 반사형인 DLP(Digital Light Processing)는 픽셀에 해당하는 미세한 거울 수천 개를 DMD(Digital Mirror Device)에 집적하여, 이 거울들에 경사를 주어 빛을 반사하는 정도로서 화상을 만들어내는 방식이다. LCD 방식에 비해 경량에 반영구적인 수명과 높은 명암비(Contrast Ratio)를 가진

장점이 있으나 해상도를 높이는데 어려움이 있다.

또 하나의 반사형인 LCOS(Liquid Crystal on Silicon)는 실리콘 웨이퍼에 LCD를 집적한 것으로, 픽셀의 수가 LCD나 DLP 방식에 비해 제한이 적다는 장점이 있어서 고해상도의 디스플레이로 적합한 장점이 있으나, 픽셀의 크기가 상대적으로 작은 관계로 휘도가 낮은 단점이 있다.

본 논문에서는 LCOS의 단점인 휘도를 개선하기 위하여 픽셀 내 셀 상하 간격(Cell Gap)의 변화에 따른 전기광학적 특성을 LC 시뮬레이션을 사용하여 조사하고자 한다.

## 2. Simulation 조건

Fig. 1은 Full-HD(1920X1080)급 0.7인치 LCOS 패널을 3-Dimensional Code로 구현한 구조이다. 상판은 유리기판, ITO(Indium Tin Oxide)로 구성된 공통 전극과 Alignment Layer로 구성되어 있고, 하판은 실리콘 기판, 알루미늄인 픽셀 전극과 Passivation Layer 1과 2, 그리고 Alignment Layer로 구성된다. 픽셀 크기

<sup>†</sup>E-mail : jkang@dankook.ac.kr

는  $7.7 \mu\text{m}$ 이며, 이웃한 픽셀 사이의 간격은  $0.4 \mu\text{m}$ 이다. 픽셀과 공통 전극 사이의 상하 셀 상하 간격은 시뮬레이션에서 변수로 채택된다[1-4].

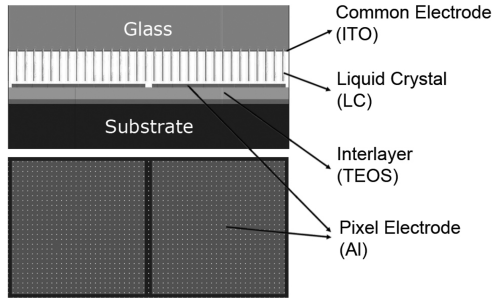


Fig. 1. Structure of LCOS panel.

Table 1. LC properties

$K_{11}$ (Splay Elastic Constant, pN)	17.2
$K_{22}$ (Twist Elastic Constant, pN)	7.3
$K_{33}$ (Band Elastic Constant, pN)	17.9
Extraordinary Refractive Index ( $n_e$ )	1.5514
Ordinary Refractive Index ( $n_o$ )	1.4748
Dielectric Anisotropy ( $\Delta\epsilon$ )	-3.7

셀 상하 간격 내에 채워지는 LC의 Pre-tilt Angle을  $87^\circ$ 로 수직 배양되고 Azimuthal Angle은  $\pm 45^\circ$ 로 하였다. Table 1은 시뮬레이션에서 사용된 LC의 속성으로 Merck사의 MLC-6609와 동일하다[5].

모든 시뮬레이션은 2 by 1 픽셀 모델을 사용하였다. Column Inversion 방식의 구동전압을 사용하였으며 공통 전극은 +6 V를 적용하고, 좌측의 픽셀에는 +6 V를 적용하고, 우측의 픽셀에는 +1 V 혹은 +11 V를 인가하면서 광학적 특성을 분석하였다.

### 3. Simulation 결과

Fig. 2는 셀 상하 간격이  $1.4 \mu\text{m}$ ,  $1.8 \mu\text{m}$ ,  $2.1 \mu\text{m}$ ,  $2.4 \mu\text{m}$  그리고  $2.8 \mu\text{m}$ 인 경우, 전체 셀을 기준으로 전압 인가에 따른 반사율의 변화를 나타내는 곡선이다. 그림에서 보는 것과 같이 셀 상하 간격이 커질수록 반사율이 올라가고 반사율이 포화되는 문턱 전압(=  $V_{th}$ )은 감소하게 된다. 셀 상하 간격과  $V_{th}$ 는 반비례 관계를 보이며, 이것은 셀 상하 간격이 작아질수록 LC 기판에서 Surface Anchoring 효과에 의하여 LC가 Twist하기 어려워짐에 따라 구동전압이 증가하는 데에 기인한다. 셀 상하 간격이  $2.1 \mu\text{m}$ 인 경우, 가장 안정적이며

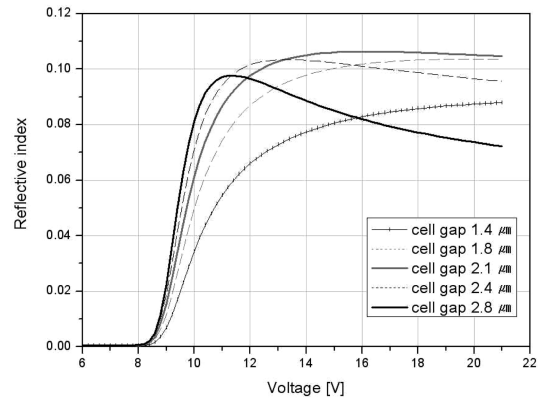


Fig. 2. Reflectance-voltage curve depending on various cell gaps.

높은 반사율을 갖는 특성 곡선을 보인다.

Fig. 3에서는 각 셀 상하 간격 별로 Off 픽셀에는 +6 V, On 픽셀에는 +11 V를 인가하여 픽셀에서 반사되어 나오는 가시광의 분포를 보여주고 있다. 셀 상하 간격이 작아질수록 반사율의 감소에 따라서 반사되어 나오는 광량이 감소하고, 셀 상하 간격이 커질수록 반사율의 증가에 따라서 반사되어 나오는 광량이 증가함을 알 수 있다. 셀 상하 간격  $2.8 \mu\text{m}$ 에서는 On 픽셀 내의 LC가 Over-twist가 되어서 Off 픽셀에 영향을 미쳐 빛이 새는 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 4는 Fig. 3(a)에 실선으로 표시한 바와 같이 Off 그리고 On 픽셀의 중앙에서 반사율의 수평 분포를 보여주고 있다.  $1.4 \mu\text{m}$  셀 상하 간격에서 낮은 반사율을 나타내며,  $2.8 \mu\text{m}$  셀 상하 간격에서는 반사율 최고치를 나타내지만, 위에서 언급한 것과 같이 Off 픽셀의

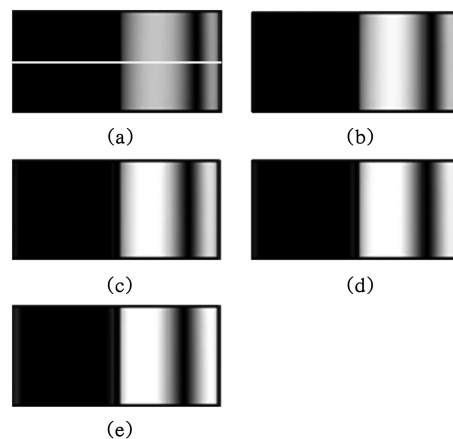


Fig. 3. Reflected light distribution depending on various cell gap; (a)  $1.4 \mu\text{m}$ , (b)  $1.8 \mu\text{m}$ , (c)  $2.1 \mu\text{m}$ , (d)  $2.4 \mu\text{m}$  and (e)  $2.8 \mu\text{m}$ .

가장자리 근처에서 빛이 새는 현상을 확인 할 수 있다.

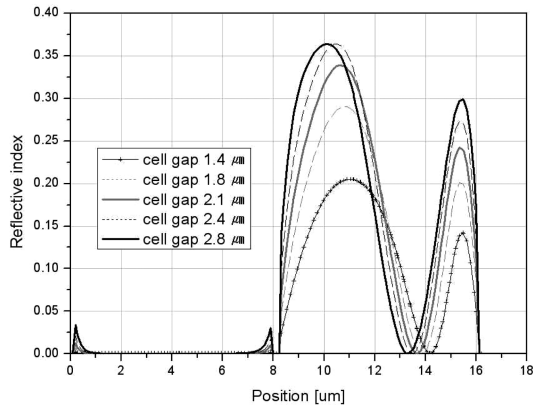


Fig. 4. Reflectance depending on various cell gap; (a) 1.4  $\mu\text{m}$ , (b) 1.8  $\mu\text{m}$ , (c) 2.1  $\mu\text{m}$ , (d) 2.4  $\mu\text{m}$  and (e) 2.8  $\mu\text{m}$ .

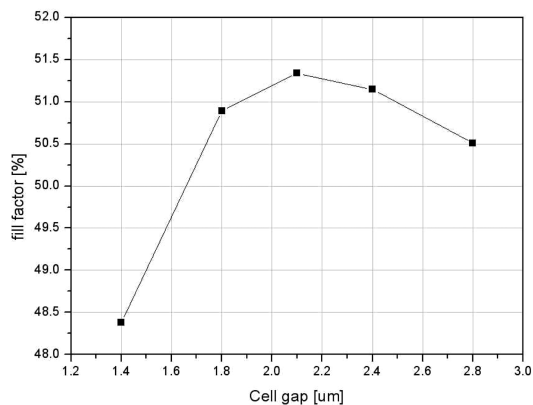


Fig. 5. Optical fill factor depending on various cell gap.

Fig. 5는 셀 상하 간격의 변화에 따른 셀내의 반사 면적을 보여주고 있다. On 픽셀의 구동전압을 +11 V로 하였을 때는 2.1  $\mu\text{m}$  셀 상하 간격에서 픽셀내의 반사 면적이 가장 커짐을 알 수 있다. Fig. 4에서 살펴보면 셀 중앙에서 2.8  $\mu\text{m}$ 의 경우 가장 높은 반사율을 보이지만, 셀 전체로 보면 2.1  $\mu\text{m}$ 에서 가장 높은 반사 면적을 갖음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 VA mode LCOS에서 셀 상하 간격 변화에 따른 전기광학적 특성에 관하여 시뮬레이션 하

였다. 셀 상하 간격이 1.4  $\mu\text{m}$ 와 2.8  $\mu\text{m}$ 인 경우를 비교 하면 반사율에서 많은 차이가 발생함을 알 수 있다. 셀 상하 간격이 작아지면 셀 표면의 Surface Anchoring이 증가하면서 동일한 전압이 인가된 경우, LC의 Twist가 충분히 일어나지 않기에 낮은 반사율이 나타나게 된다. 셀 상하 간격이 2.8  $\mu\text{m}$ 인 경우, 셀 중앙에서 최고의 반사율을 나타내나 On 된 픽셀의 LC가 Overtwist 됨에 따라서 주변 Off 픽셀에서 빛이 새는 현상이 발생하게 된다. 시뮬레이션 결과에 의하면 2.1  $\mu\text{m}$ 인 경우, 전체 셀 내에서 반사 면적이 가장 큰 값을 보이고 반사율-전압 곡선 특성 역시 안정적으로 나타나기에 주어진 조건 내에서 가장 적절한 셀 상하 간격임을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

이 연구는 2006년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

#### 참고문헌

1. S. H. Jung, H. Y. Kim, J. M. Rhee, and S. H. Lee, "Cell Gap Dependent Electro-Optic characteristics of Fring-Field Switching Mode using a Liquid Crystal with Negative Dielectric Anisotropy," J. of The KIEEME, Vol. 16, No. 10, Oct. 2003.
2. 강희진, 황정연, 이회원, 김종환, 서대식, "셀갭 변화에 따른 Flexible 기관 TN-LCD의 전기광학특성," 한국전기전자재료학회 2005년도 추계학술대회 논문집.
3. Zhibing Ge, Xinyu Zhu, Thomas X. Wu, and Shin-Tson Wu, "A Single Cell-gap Transflective VA LCD using Positive Liquid Crystal Materials," SID DIGEST 2006
4. 김강우, 김종환, 황정연, 남기형, 서대식, "Flexible 액정디스플레이의 셀갭 변화에 따른 응답 특성," 한국전기전자재료학회 2003년도 추계학술대회 논문집.
5. Wan Cheol Kim, Myung Hwan An, and Seung Hee Lee, "Influence of Rubbing Direction on the Electro-Optic Characteristics of Fringe Field Driven Hybrid Aligned Nematic Liquid Crystal Cell," J. of The KIEEME, Vol. 17, No. 1, Jan. 2004.

접수일자: 2008년 8월 21일, 심사일자: 2008년 9월 5일  
게재확정일자: 2008년 9월 22일