액정 Mode에 따른 Single Panel LCOS에서의 Light Through-put 분석

Anaysis of the Light Through-put of a Single Panel LCOS System According to the LC Mode

강기형

삼성 SDI

khkang01@samsung.co.kr

LCOS는 Liquid Crystal On Silicon의 약어로 그림 1과 같이 반도체 소자인 Silicon Wafer 위에 LCD소자를 제작한 것으로 고집적화가 가능한 Microdisplay 소자이다. 다가오는 HDTV에 대응가능한 고해상도를 실현하는 소자로 많은 연구가 진행되고 있다. LCOS System은 Red, Green, Blue Color를 색분리하여 각각의 Panel에 표현하는 3 Panel System과 하나의 Panel로 화면을 표현하는 Single Panel System으로 크게 분류할 수 있다. 그림 2에 나타낸 것과 같이 Single Panel System은 구조가 간단하여 가격과 System면에서는 유리하지만, 휘도와 Contrast면에서는 상대적으로 불리한 System이다. 본 연구에서는 액정 Panel의 Mode에 따른 Single Panel System에서의 Light Through-put을 조사하였다.

WXGA LCOS는 Field Sequential Switching 방식에 의한 Single Panel용으로 설계되었다. 이를 구현하기 위해서 전기적 신호에 의해 선택적으로 입사광의 편광을 변화시켜주어 결과적으로는 Color를 Switching하는 기능을 갖는 Color Link사의 Color Switch를 사용한다. FSS방식에 의한 Single Panel System에서는 한 Sub-frame의 Data가 이후 Frame에 영향을 주지 않기 위해서는 액정의 응답속도가 Sub-frame에 비해 빨라야 한다. 결국, 액정의 응답속도가 Color Switch를 켤 수 있는 시간을 결정하고 이에 따라 Light Through-put이 결정된다. 구동 파형은 기본적으로 1 Frame이 60 Hz 구동되며, 1 Frame은 R+, G+, B+, W+, R-, G-, B-, W-의 8개의 sub-frame으로 구성되어 있다. 그러므로 1 sub-frame은 480 Hz구동으로 1 sub-frame time은 2.1 ms이다.

액정 Panel의 Mode에 따른 Light Through-put을 조사하였다. NB Mode에서의 구동방안을 그림 3에 나타내었다. NB Mode에서의 Imager의 액정 응답속도에 따른 Light Through-put은 액정의 응답곡선이 선형적이라고 가정하여 계산하면

$$LT' = (t_frame - t_response/2)/t_frame = 1 - t_response/2t_frame \quad (1)$$

으로 주어진다. 여기서, t_response = t_on + t_off이다. Color Switch의 투과율 등은 고려되지 않았으며 순수한 Imager의 영향만을 고려하였다. Normally White Mode는 신호가 인가되지 않은 상태에서 White를 보이는 것으로 휴대폰과 같이 밝은 배경을 바탕으로 필요로 하는 Display소자에 많이 사용된다. Normally White Mode에서의 구동방안을 그림 4에 나타내었다. Single Panel LCOS에서는 Normal 상태에서 Black으로 떨어지기까지의 시간동안은 Color Switch를 켜지 못하여, 광효율면에서는 좋지 않다. 액정이 응답하는 시간동안은 정확한 신호를 표현하지 못하므로 액정의 투과곡선이 포화된 시점에서 Color Switch를 켜야 한다. 만약 보다 넓은 시간동안 Color Switch를 켜면 Black의 신호에서 Light Leakage가 발생하여 Black Level이 커져 Contrast가 떨어진다. 그러므로 NB Mode에서는 액정의 응답시간의 절반의 시간이 손실로 발생한 반면 NW Mode에서는 액정의 응답시간 전체가 손실로 발생하여 액정의 응답시간으로 인한 손실이 두배가 된다.

$$LT' = (t_frame - t_response)/t_frame = 1 - t_response/t_frame \quad (2)$$

액정의 응답곡선이 직선임을 가정하여 Normally Black Mode 와 Normally White Mode 에 대하여 각각 액정의 응답속도에 따른 Imager 의 Light Through-put 을 계산하여 그림 5 에 나타내었다. NW Mode 에서는 액정의 응답속도에 따른 Light Through-put 의 직선 기울기가 NB Mode 에 비해 2 배가 되어 큰 응답속도에서는 그 차이가 매우 큼을 알 수 있다. NW Mode 에서는 액정이 포화된 상태에서 Color Switch 를 켤 수 있으므로 실제로는 측정된 액정의 응답속도보도 훨씬 큰 시간동안 Color Switch 를 켤 수

없으므로 실제 Light Through-put 은 NB Mode 에 비해 훨씬 더 작을 것으로 판단된다.

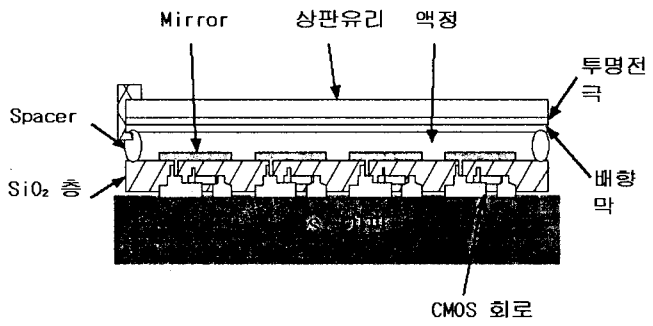

그림 1. LCOS 의 구조.

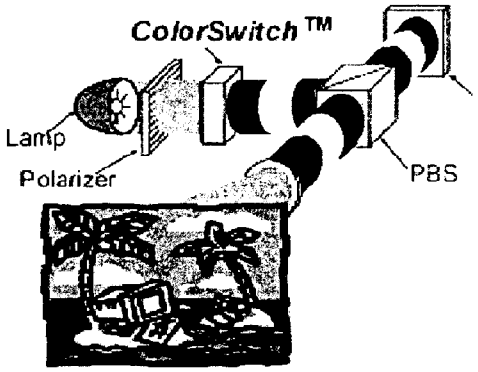

그림 2. Single Panel LCOS System.

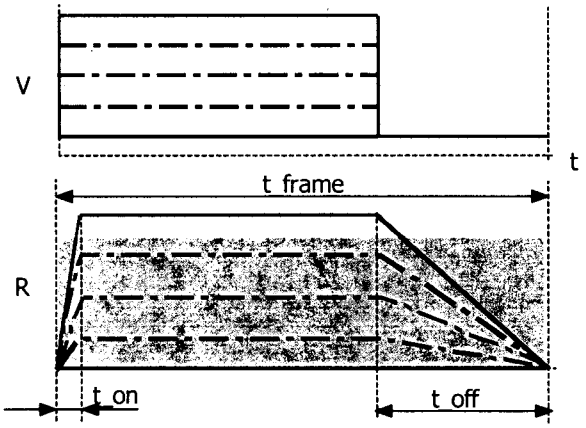

그림 3. Normally Black 에서의 Driving.

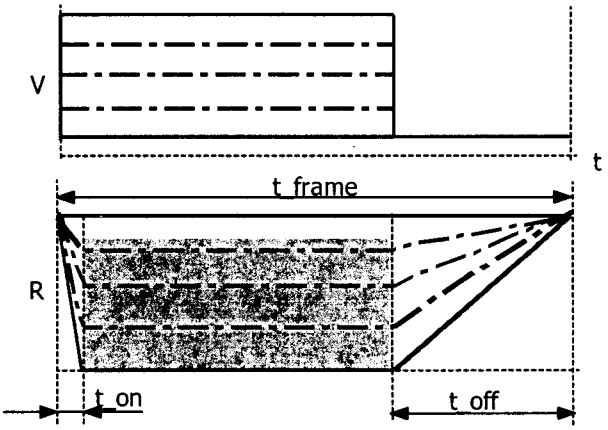

그림 4. Normally White 에서의 Driving.

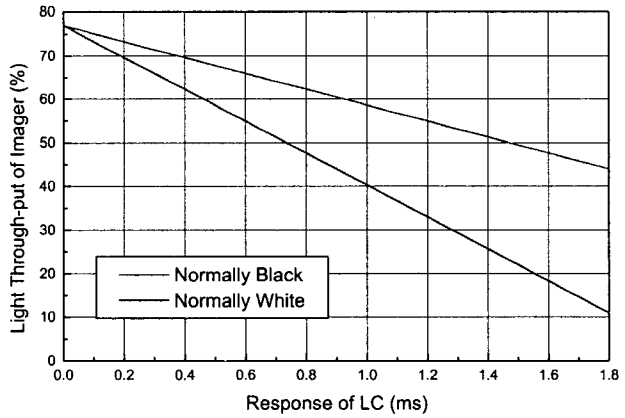

그림 5. 액정 Mode 에 따른 Light Through-put 비교.