

# LCOS의 Full On을 위한 Passivation Layer 영향분석

## Analysis of a Passivation Layer for Full Switching of LCOS Panel

강기형, 이유진, 송남철, 김민석, 황현하, 조철식  
 삼성 SDI, Coporate R&D Center  
 khkang01@samsung.co.kr

동전만한 작은 크기의 화면을 원하는 크기로 확대해서 보여주는 micro-display는 부피가 작고 가벼운 장점으로 인해 HMD(Head Mount Display)에 적용되었으나, 최근들어 TV나 monitor등에 확대 적용되고 있다. 이러한 micro-display중 LCOS는 최근 가장 활발히 연구되고 있는 micro-display이다<sup>(1)~(4)</sup>. LCOS는 Liquid Crystal On Silicon의 약어로 반도체 제조에 사용되는 silicon wafer위에 액정소자를 얹어 제작하는 것이다. LCOS는 액정화면을 구동하기위한 silicon back-plate의 반도체 기술, 화상을 표시하는 액정소자 기술, 표시된 화면을 사용자가 볼 수 있도록 투사하는 조명/투사광학 기술등이 집적화된 display이다. LCOS의 최적 특성을 위해서는 각 부분의 성능 최적화뿐만 아니라 각 기술들의 상호 연결 및 접목이 중요하다.

LCOS에서 액정은 silicon back-plate에서 출력되는 전압에 의해 구동되므로, 그 구동조건은 back-plate의 출력전압에 의해 제한된다. 그러므로 back-plate의 출력전압과 액정의 구동전압이 일치해야 효율적이 액정구동이 가능하다. 본 연구에서는  $\pm 2.5\text{volt}$ 내에서 full switching이 가능하도록 반사전극위의 passivation layer가 액정구동에 미치는 영향을 분석하여 액정을 개선하고자 한다.

LCOS의 단면구조를 그림 1에서 개략적으로 나타내었다. Silicon wafer위에 소자가 제작되어 있고 그 위에 전극과 반사판의 역할을 하는 Al층, passivation layer인  $\text{SiO}_2$ 층, SiN이 증착되어 있다. 여기서 passivation layer는 아래의 회로부를 보호하는 역할을 하지만 액정과 전극사이에 위치하므로 액정에 인가되는 전압을 낮추어 실제 구동전압을 높이게 된다.

Passivation layer는 SiN와  $\text{SiO}_2$ 로 이루어져 있으며 각각의 두께는  $5000\text{\AA}$ 이다. 이것은 투명한 박막으로 되어 있으며 반사율을 최적화하도록 설계되었다. LCOS의 각층을 전기적 RC 병렬회로로 생각하여 액정층, SiN층,  $\text{SiO}_2$ 층의 3개의 층을 연결하여 등가회로를 구성하고, 이를 SPICE에서 simulation하여 passivation layer의 영향을 분석하였다.

계산결과 각 층은 정전용량 C가 충전되면 정전용량은 단락된 상태와 같으므로 저항에 의해 전압분배된다. 그러므로 각 층의 저항값이 양단에 걸리는 전압에 큰 영향을 미치며, 저항은 각 층의 두께와 비저항값으로 결정된다. 특히  $\text{SiO}_2$ 층은 비저항값의 범위가  $10^{14} \sim 10^{16} \Omega\text{cm}$ 로 넓고 값이 크므로, 액정에 인가되는 전압은  $\text{SiO}_2$ 층의 저항에 크게 의존하게 된다.  $\text{SiO}_2$ 층의 비저항에 따른 액정에 인가되는 전압을 인가전압에 대한 백분율로 표현하여 표 1에 나타내었다.  $\text{SiO}_2$ 층의 비저항값이 최대일 경우 인가전압에 대해 액정양단에 인가되는 전압은 4%에 불과하므로 액정의 구동이 어려우며 최소의 경우에도 2.5volt의 인가전압으로 full on이 되기 위해서는 액정은 1.7volt에서 full on이 되는 특성을 가져야 한다.

LCOS에서 사용된 액정은 TN mode이며 이에 대한 구동전압은  $\Delta\epsilon$ 에 가장 크게 영향을 받는다. 액정의 구동전압을 낮추기 위해서  $\Delta\epsilon$ 이 2배이상 큰 액정을 구하여 passivation layer가 증착된 LCOS cell과 passivation layer가 증착되지 않은 cell에 동일 액정을 주입하여 광투과곡선을 비교하여 그림 2에 표시하였다.

Passivation layer가 없는 cell의 경우 1.05volt에서 반사율이 증가하기 시작하며 full on 전압이 1.84volt이다. 반면 passivation layer가 있는 cell의 경우 1.47volt에서 반사광이 증가하며 2.50volt에서 full on이 가능하다. 이는 인가된 전압의 74 %가 액정에 인가되므로 simulation 결과와는 다소 차이를 보이거나 2.5volt에서 full on이 가능함을 알 수 있다.

표 1. SiO<sub>2</sub>의 비저항에 따른 액정양단 전압 백분율.

		10 <sup>14</sup> ΩCm	10 <sup>15</sup> ΩCm	10 <sup>16</sup> ΩCm
액정양단전압/ 인가전압	SiN+SiO <sub>2</sub>	67.5 %	27.4 %	4 %
	SiO <sub>2</sub>	80.6 %	29.4 %	4 %

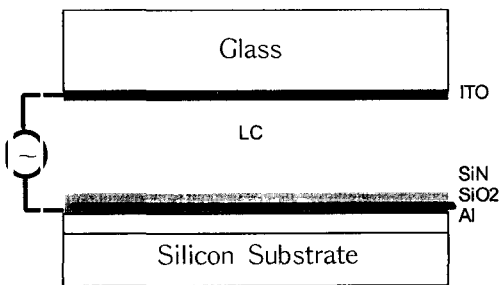


그림 1. LCOS의 단면구조

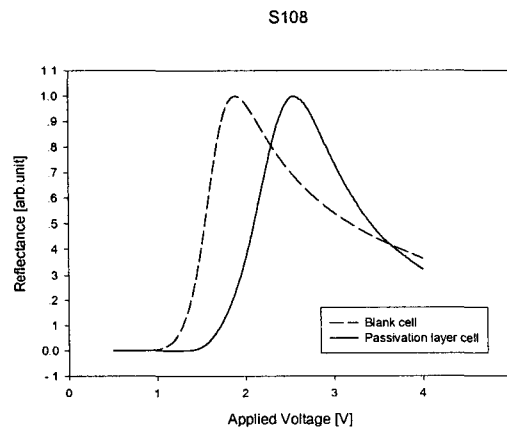


그림 2. 광투과곡선에 대한 passivation layer의 영향

참고문헌

1. Shin-Tson Wu, Chiung-Sheng Wu, Chen-Lung Kuo, "Comparative Studies of Single-polarizer Reflective Liquid-crystal Displays", Journal of the SID 7, 2, 119 (1999).
2. H. S. Kwok, J. Chen, F. H. Yu, H. C. Huang, "Generalized Mixed-mode Reflective LCDs with Large Cell Gaps and High Contrast", Journal of the SID 7, 2, 127 (1999).
3. T. nagata, I. Takemoto, T. Miyazawa, A. Asano, K. Yanagawa, S. Nakamura, H. Nakagawa, K. Saitou, N. Okabe, K. Matsumoto, A. Iguchi, "Silicon-Chip-Based Reflective PDLC Light Valve for Projection Display", SID '98 digest, 37 (1998).
4. R. L. Melcher, M. Ohhata, K. Enami, "High-Information-Content Projection Display Based on Reflective LC on Silicon Light Valves", SID '98 digest, 25 (1998).