

2. Qualcomm's iMoD Display

최근 SID(Society for Information Display) 2006에서 반사형디스플레이(Reflective displays)분야에서 'the Best Buzz'상은 E-ink, LiqvaVista, Seiko-Epson, Bridgestone등이 아닌 Qualcomm MEMS Technologies (QMT) (San Diego, CA; www.qualcomm.com)에게도 돌아갔다 [1]. 무선통신기술인 CDMA (Code Division Module Access)로 세계 핸드폰시장을 장악한 Qualcomm은 2004년 9월 Iridigm Display Corporation을 흡수하여 QMT로 발전시키고, 소형 및 중형 디스플레이의 TFT 제조업체인 Prime View International (PVI)와 전략적인 관계를 유지하고 있다. 목표로 삼고 있는 시장은 휴대폰과 같은 모바일(mobile) 제품들로 생산단가, 크기 및 전력소비를 줄이는 전략을 세워 세계시장의 공략에 나서고 있다. 그림 1은 QMT에서 핸드폰에 적용하여 내놓은 128x160 픽셀의 제품이다. 밝은 환경에서도 선명한 이미지를 볼 수 있다는 점을 강조하고 있다.



그림 1. iMoD Bichrome 1.8 inch display (128x160 pixels).

iMoD의 최대 강점은 높은 반사도 (high reflectivity)와 낮은 소비전력에 있다. 그러므로, 아주 밝은 햇빛아래에서도 밝은 이미지를 보여줄 수 있고 읽기도 쉬우며, 전력을 크게 사용하지 않아도 장시간의 사용을 할 수 있다. 높은 반사도를 가지는 이유는 생체모방기술 (Biomimetics)을 바탕으로 한 광간섭 변조방식을 이용하고 있기 때문이다 [2]. 색깔을 구현하는 방식이 형광체나 안료 등을 바탕으로 한 것이 아니라, 나비의 날개 또는 공작의 깃털이 색깔을 나타내는 방식같이 주기적인 미세구조로 인해 빛이 간섭하고 회절하여 특정파장만을 반사시키는 원리 (Fabry-Peyrot Interferometer)를 이용하는 것이다. 이러한 원리로 인해, LCD와는 달리 넓은 시야각이 특별한 처리 없이도 확보되는 이점이 있다. 그림 2는 나비의 날개와 같은 구조가 디스플레이 한 픽셀에 그대로 구현되어 있음을 보여주고 있다.

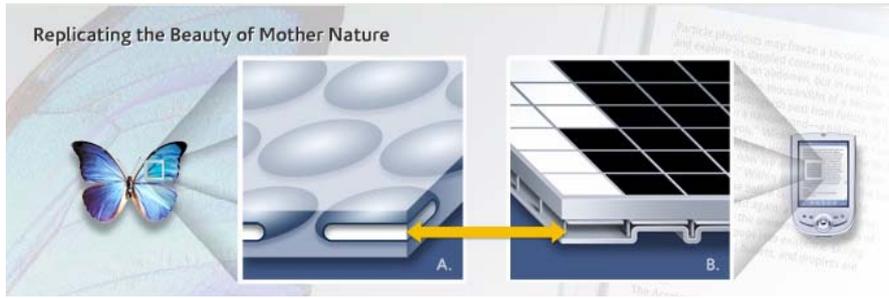


그림 2. 생체모방기술 (Biomimetics)을 이용한 iMoD display.

그림 3에 iMoD 디스플레이의 구조가 소개되어 있다. 단순한 구조이지만, LCD에서 사용되고 있는 편광필름(polarizers), 액정 (liquid crystals), 칼라필터 (color filters)등의 기능을 대체하여 색을 조절할 수 있는 기능을 가지고 있다 [3]. 한 픽셀안에 Red, Green, Blue의 subpixel이 들어있어 이들의 조합으로 칼라를 구현하게 된다. 하나의 subpixel은 MEMS cavity의 thin film stack을 가지는 유리기판과 반사 멤브레인(reflective membrane), 그리고 이 사이의 air gap으로 구성된다. 이 공기의 간격은 optical gap으로서, constructive와 destructive interference의 모드를 결정하게 된다. Constructive interference mode에서 iMoD는 특정한 공기의 간격을 가지게 되어 원하는 색을 반사하게 된다 (open state). Optical gap은 전압으로 조절하게 되는데, 인가한 전압으로 인해 전기장이 형성된다. 전기장이 threshold값 이상이 되면, 반사 멤브레인이 스택과 붙게 되어 공기의 간격이 사라지게 되고, 이때 destructive interference mode로 되어 black을 나타나게 된다 (collapsed state). 전압을 threshold값 이하로 낮추면 다시 open state로 돌아가게 된다. 이 과정에서 non-linear electro-optical response를 가진 hysteresis 조건이 생성되고, 이 조건에 의해 생성된 bistable behavior로 인해 memory effect를 가지게 된다.

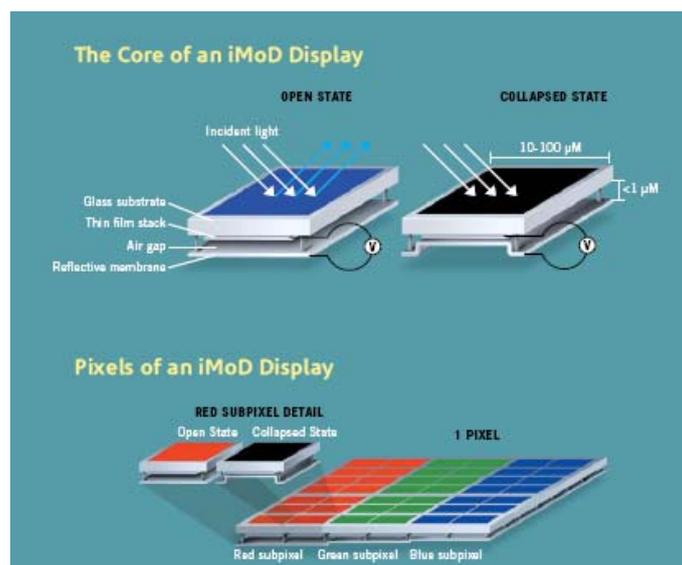


그림 3. iMoD 디스플레이의 구조.

Hysteresis는 Non-linear electrostatic force와 linear mechanical force의 경쟁으로 인해 발생하는데, 그림 4에 이 과정이 묘사되어 있다 [3]. 전압을 V_1 에서 V_4 까지 증가시킬 때, 멤브레인의 거리(deflected position)는 mechanical force에 따라 A(d_1)에서 D(d_4) 포인트까지 이동한다. V_4 보다 더 큰 전압이 인가될 때 정전기력(electrostatic force)이 mechanical force보다 크게 되고, 멤브레인은 E 포인트(d_5)로 이동한다 (collapsed state). 더 큰 전압이 가해져도 스택과 멤브레인이 접촉해 있어 거리의 변화는 없다 (F 포인트). 전압을 V_5 에서 낮추면, 정전기력이 mechanical force와 같아지는 G 포인트까지 이동하게 된다. V_3 에서 더 낮추게 되면, mechanical force가 정전기력보다 커지게 되어 C포인트 (d_3)로 이동하게 되어 open state가 된다. 그림 4에서 검정색과 파란색 화살표는 전압을 증가할때와 감소할때의 멤브레인의 위치를 변화를 나타낸다.

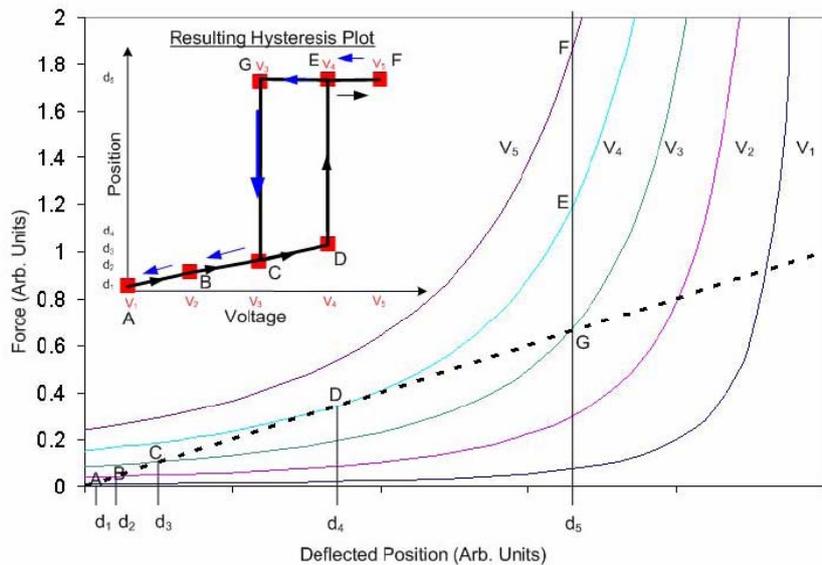


그림 4. iMoD의 Hysteresis.

이러한 hysteresis로 인해 iMoD 디스플레이는 PM(passive matrix)구동이 가능하게 된다 [3]. 세가지 단계(Collapsed, Hold, Open state)의 전압을 적용하여 iMoD를 구동하는 것이 그림 5에 도시되어 있다. Hold state의 전압을 유지한 상태에서, 작은 전압을 인가하면 collapsed state로 바로 이동하게 되고 hold state로 되돌아 올 때까지 이 상태를 유지하게 된다. 비슷하게 전압을 약간 낮추면 open state로 이동하게 되어 이 상태를 유지하게 된다.

이 구동방식은 소비전력이나 응답속도 면에서 큰 장점을 가지고 있지만, 유리기관으로 인한 유연성이 부족한 것이 단점이다. 또한 전자종이의 큰 특징인 쌍안정성(Bistability)을 가지기에 저 전력의 구동이 가능하다. 또한, switching time이 수 μ s의 크기를 가지기 때문에 동영상의 구현도 가능하다. 반사도 또한 60% 이상이고, 명암비도 15:1보다 크며, 구동전압은 5V이하이다. 최근 flexibility의 단점을 보완하기 위해 plastic MEMS를 바탕으로 한 flexible

transparent image 디스플레이를 선보였다 [4]. 얇은 PEN(Polyethylene naphthalate) 필름을 사용하여 휘어져 있는 면에서도 작동이 가능하다.

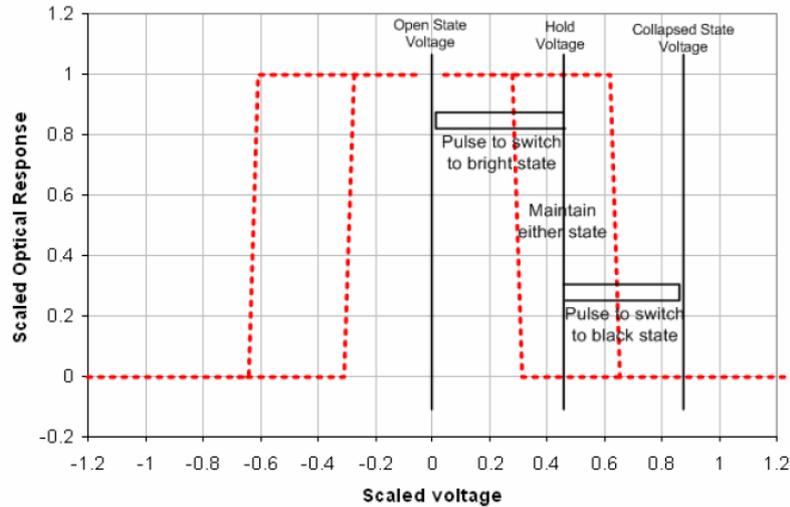


그림 5. iMoD의 Hysteresis.

Qualcomm은 다른 전자종이의 업체에 비해서도 모바일 분야에 있어 상용화에 빠르게 다가가고 있다. 1.8인치 Bichrome 디스플레이를 시작으로 해서 동영상까지 구현할 수 있는 경쟁력있는 모델이 나온다면 기존의 업체 또한 긴장해야 할 것이다. 이것에 대응할 수 있는 대한민국의 전략이 또한 필요한 시점이 아닐까 한다.

참고문헌

- [1] <http://www.insightmedia.info/emailblasts/2006sidbestbuzz.htm>
- [2] Gally BJ (2004) Wide-Gamut Color Reflective Displays Using iMoDTM Interference Technology. SID Symposium Digest of Technical Papers 35:654-657.
- [3] Operating principles of iMOD Displays: iMoD Drive, <http://www.qualcomm.com/qmt/press/index.html>.
- [4] Taii Y, Higo A, Fujita H, Toshiyoshi H (2005) Flexible transparent display by plastic MEMS, IDW/AD 2021-2024.