

## 기술특집

# 신방식 디스플레이의 기술동향 : Microdisplay 편

홍창완 (삼성전자 Visual Display사업부 개발팀 DTV group 상무)

## I. 서론

급속히 발전하고 있는 정보화 시대에 다량의 정보를 전달하기 위하여 필수적인 비디오 영상 뿐만 아니라 그래픽, 문자 숫자 및 각종 데이터를 표시하는 전자 디스플레이의 요구가 급증하고 있다. 디스플레이는 가정용 TV, Notebook-PC, 과학용 계측기, 산업용 제어장치의 각종 패널 및 교통, 항공, 우주, 군사분야에 이르기까지 광범위한 분야에서 사용되고 있으며, 최근 사실감과 현장감은 물론 인간의 감정까지도 생생하게 전달할 수 있는 3차원 입체 영상 TV까지도 등장하는 등 거듭되는 신기술 시대를 맞이하고 있다. 무게가 가볍고 부피가 적으면서도 해상도가 뛰어날 뿐만 아니라 화면 크기가 수 m에 이르는 대화면까지도 제공할 수 있는 고품위의 새로운 표시장치 개발에 대한 요구가 급속히 증가하고 있다. 이와 같이 다양한 용도를 갖는 영상 및 데이터 표시장치를 만족시키기 위한 신방식 디스플레이의 개발이 많이 시도되어 왔으며 그 중에 하나로 평판 디스플레이가 개발되었다. 평판 디스플레이(FPD; Flat Panel Display)는 평판형이면서 두께가 얇고 가벼운 디스플레이로서 이러한 특징 때문에 21세기 멀티미디어 시대의 핵심 디바이스로 기대를 모으고 있다. FPD에는 여러 가지 방식이 있지만 이미 PC분야에서 폭넓게 사용되고 있는 LCD(Liquid Crystal Display)를 비롯하여 양산이 시작된 플라즈마 디스플레이 패널(PDP; Plasma Display Panel), 계측기 및 산업용 등으로 전계방출 표시장치(FED; Field Emission Display) 및 발광표시장치(ELD; Electro-Luminescent Display) 등이 출시되어 사용되고 있다. 각광 받고 있는 신방식 디스플레이 중의 하나가 Microdisplay를 이용한 projection이다. 특히 Digital 방송시대를 맞이하여 microdisplay projection은 40에서 60인치대의 고해상도 및 보급형 수준의 가격대를 만족하여 차세대 TV 적용으로 큰 주목을 받고 있다. 현재까지 성능에 비해서 가격이 비싸기 때문에 대형 TV의 경우 CRT projection TV의 의존성이 높았지만, Microdisplay의 성능이 개선되고 이를 이용한 TV set의

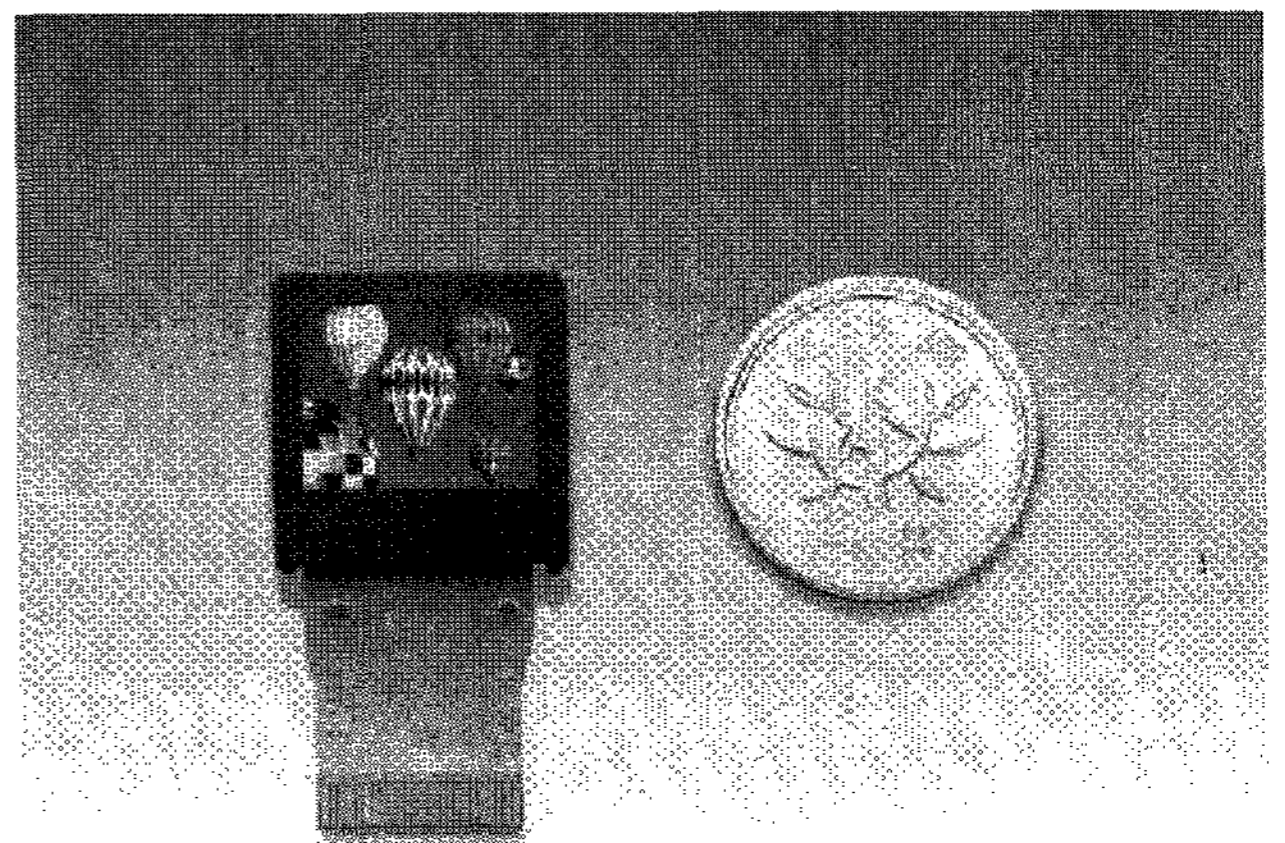
가격이 떨어짐에 따라서 앞으로 높은 시장 점유율을 차지할 것으로 전망된다. 이러한 Microdisplay의 기술적인 측면과 앞으로의 전망에 대해 살펴보도록 하겠다.

### 1. 기술적인 측면

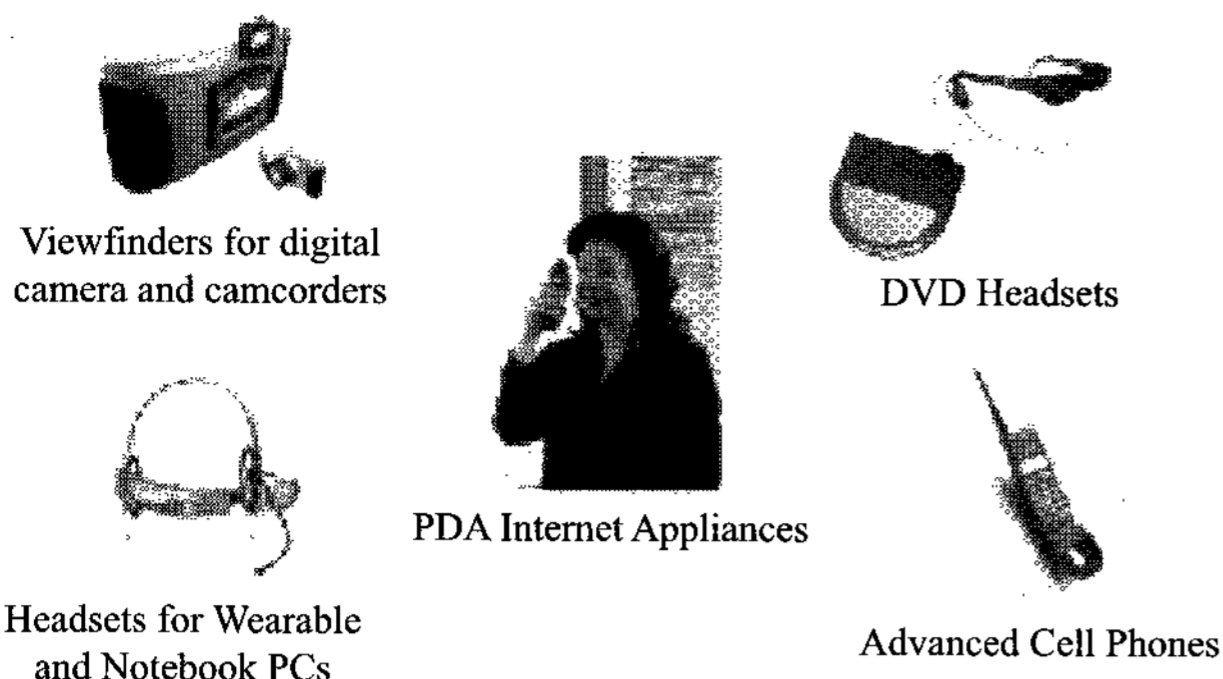
1인치 내외의 panel에 수십~수백만개의 화소(Pixel)로 구동되는 micro device를 MD(Microdisplay)라고 한다.

일반적으로 MD는 핸드폰이나 Head set, PDA 등의 소형 Display에 이용되거나 빛을 Microdisplay에 반사시켜 투사 렌즈로 확대하여 Projection display로 이용된다. MD가 Near-To-Eye에 적용된 상품의 예로는 [그림 2]에서 보는 바와 같이 View Finder를 비롯한 HMD(Head Mounted Display)와 같은 Head sets 및 Wearable Display 그리고 휴대폰의 Display 소자로서 이용될 수 있다.

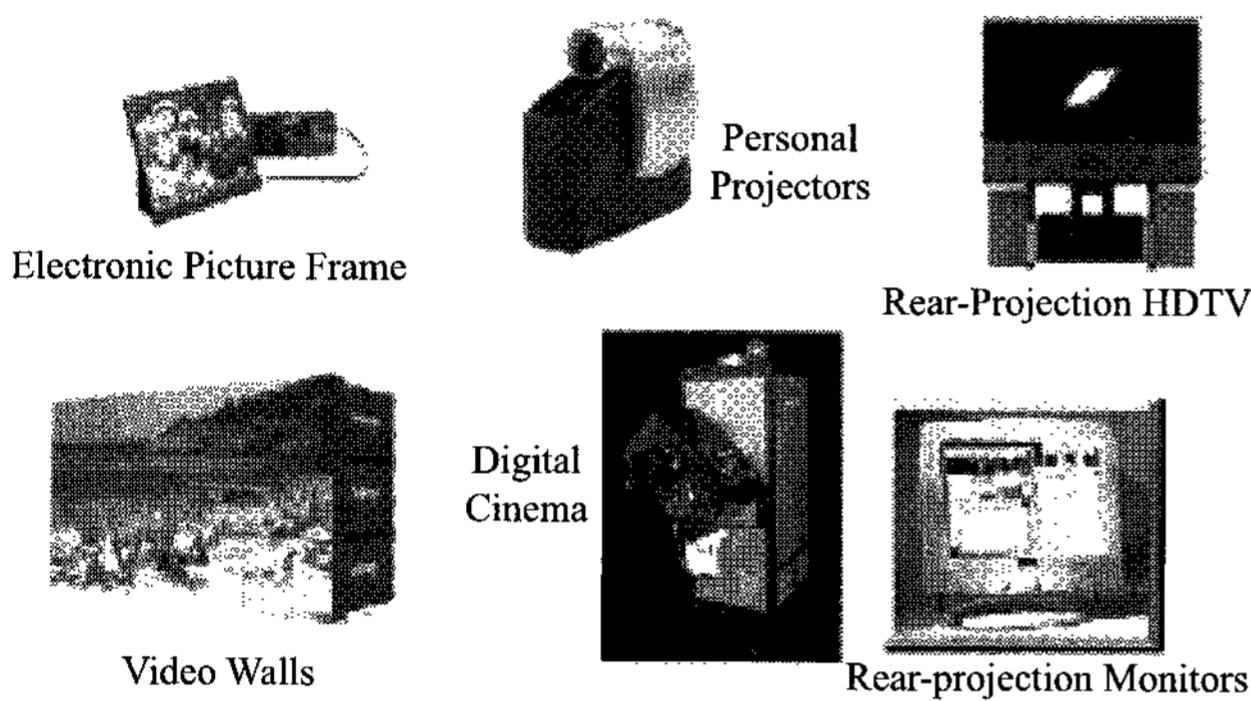
특히 microdisplay는 projector에 많이 이용되어 왔으나 화질이 개선되고 가격이 떨어짐에 따라서 그 활용범위가 넓어지면서 40" 이상의 대형 rear projection display로서 차



[그림 1] Microdisplay의 예 : 0.55" LTPS(Low Temperature Poly Silicon) Panel



[그림 2] Microdisplay를 이용한 Near-To-Eye Display Products



[그림 3] Microdisplay를 이용한 Projection Products

세대 Monitor 및 TV로서 크게 각광받고 있는 디스플레이 소자이다.

대표적인 MD projection으로는 projector와 rear projection을 들 수 있으며, 나머지 상품의 예를 [그림 3]에 나타내었다.

Microdisplay 소자로는 그 방식과 종류에 따라서 투과형 HTPS(High Temperature Poly-silicon), 반사형 LCOS(liquid Crystal On Silicon), 반사형 MEMS(Micro Electro-Mechanical System)로 크게 세가지로 나눌 수 있다. 위의 3가지 Microdisplay의 장점을 이용하여 많은 제품이 개발되고 있고 그 성능은 절대 우위가 없이 서로의 장점, 단점을 보완하고 있는 수준이고 각각의 광학계의 특성, 구동 회로 및 화질개선 Algorithm에 따라서 성능이 좌우된다고 할 수 있다. 방식에 따른 MD를 자세히 살펴보기로 하자.

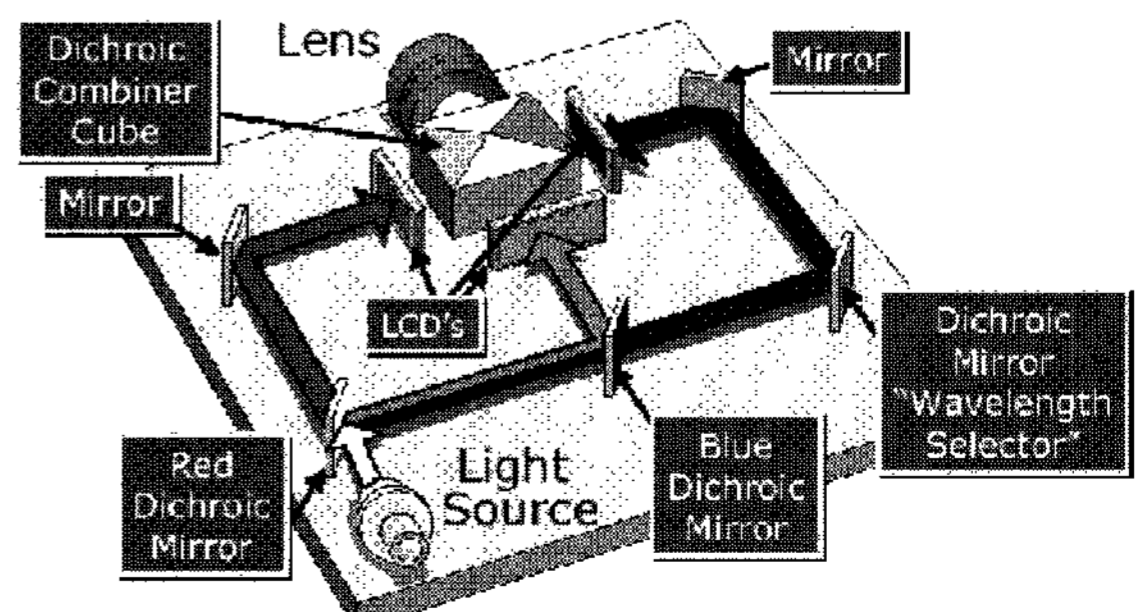
### 1) 투과형 고온 poly(Transmissive High Temperature Poly Silicon)

Transmissive MD는 고온 폴리 실리콘(High Temperature Poly Silicon) 타입이 사용된다. 이 방법은 현재 프로젝션과 near-to-eye 등의 디스플레이 시스템에 사용되고 있으며 회로 기판으로 실리콘 웨이퍼를 사용하지 않는 대신, clear quartz(석영) substrate를 사용한다. 비정질(amorphous) 실리콘 층은 CVD(Chemical Vapor Deposition) 방법에 의해 substrate에 성막되고 레이저나 급속 가열 과정을 통해 800~1,000 °C 정도에서 폴리 실리콘으로 바뀐다.

폴리 실리콘은 비정질 실리콘 층보다는 mobility가 좋으나 single crystal 실리콘 보다는 많이 떨어지므로 전기적인 특성이 많이 떨어진다. 그 결과로, on-screen 트랜지스터를 만드는데 충분하지만 약간의 off-screen 전자를 만들 뿐이다. 이 구조의 처음에 liquid crystal layer를 적용하고, glass substrate를 적용한다. Liquid crystal의 양면의 투명한 전극을 사용하여 liquid crystal의 광학적인 성질을 변화시킨다. 균일한 backlight는 전체 디스플레이를 밝게 하지만, light는 이미지를 만들기 위해 pixel by pixel에 기초하여 전달한다.

투과형 HTPS를 이용하여 projection 개발에 큰 성과를 가져왔지만 구조상 몇 가지 한계를 가지고 있다. 주된 문제는 개구율(% of light passing area)이다. Transmissive HTPS 패널에서 on screen 트랜지스터와 어드레스 라인은 디스플레이의 공간의 어느 정도 부분을 차지한다. 이 부분은 빛의 투과를 막게 되고, 빛이 통과하는 면적을 감소시킨다. Direct-view 방식의 디스플레이처럼 큰 pixel을 가지는 경우에는 어서는 문제가 되지 않지만, pitch가 10 μm 내외인 micro display에서는 aperture ratio의 감소에 의해서 광량이 급격히 떨어지는 문제가 발생한다. Panel 가격을 싸게 하기 위해 panel size를 작게 하면서도 더 높은 해상도를 구현하고자 함에 따라 pixel pitch는 더 감소할 수 밖에 없는데 active로 구동하기 위한 transistor의 크기 감소는 한계가 있기 때문에 aperture ratio는 더 작아지게 된다. 따라서 최근에는 이 문제를 해결하기 위해 마이크로 렌즈 배열을 사용하는데, 아주 작은 렌즈를 각 pixel에 놓고 lamp 빛이 pixel의 일부분(transistor가 만들어진 이외의 투명한 면적)로 통과할 수 있게 한다. 이 방법은 aperture ratio가 작아도 빛을 효율적으로 통과시켜 lamp 광이용효율을 증가시킬 수 있는 장점이 있으나 micro lens 제작비용이 대폭 증가하는 단점이 있다. Panel가격을 싸게 할 수 있는 가장 좋은 방법 중에 하나는 현재 개발중인 저온 폴리 실리콘(LTPS)을 MD에 적용하는 것이다. 이 방법은 quartz wafer 대신에 glass substrate를 사용하는 것이지만 전기적인 효율성은 HTPS에 비해 좋지 않다.

투과형 HTPS를 이용한 MD projection의 전형적인 색 분리/합성계를 [그림 4]에 나타내었다. Metal halide



[그림 4] 투과형 HTPS(High Temperature Poly Silicon) Microdisplay Projection 광 엔진 구조

lamp로부터 나오는 백색광을 dichroic filter를 이용하여 R, G, B로 분리하고 분리된 R, G, B광이 마이크로 소자를 투과하여 X-prism에 다시 합성되게 된다.

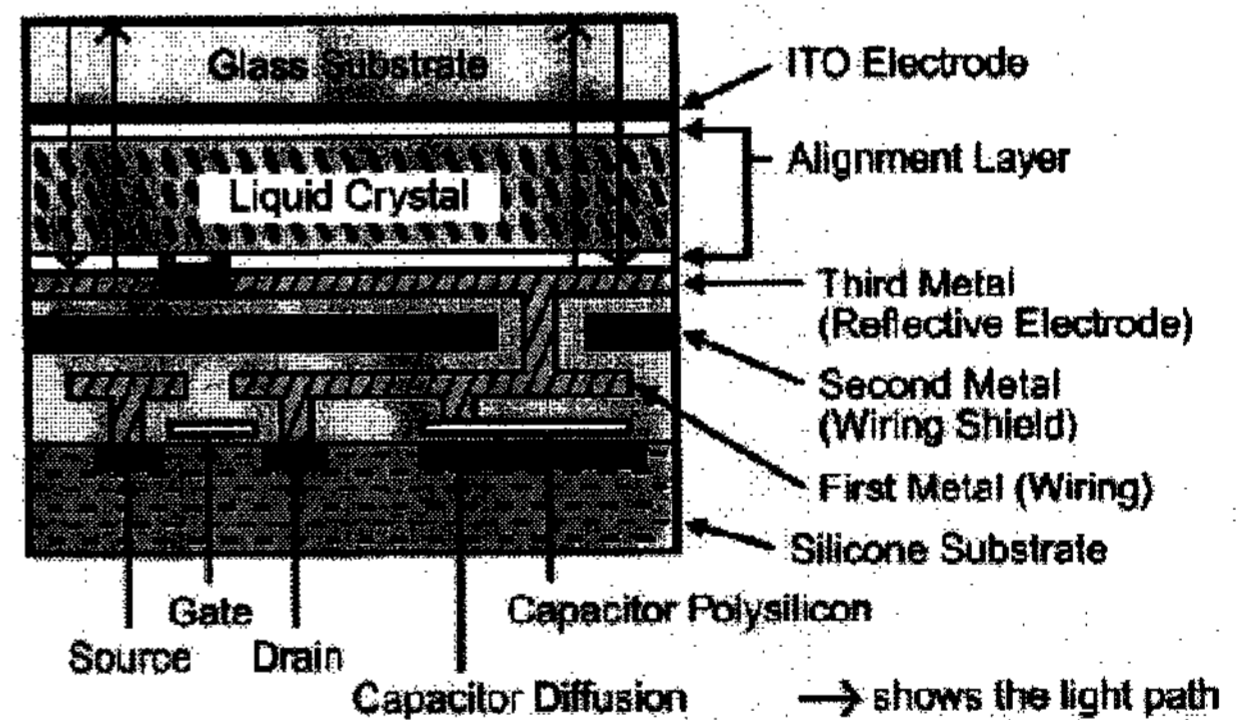
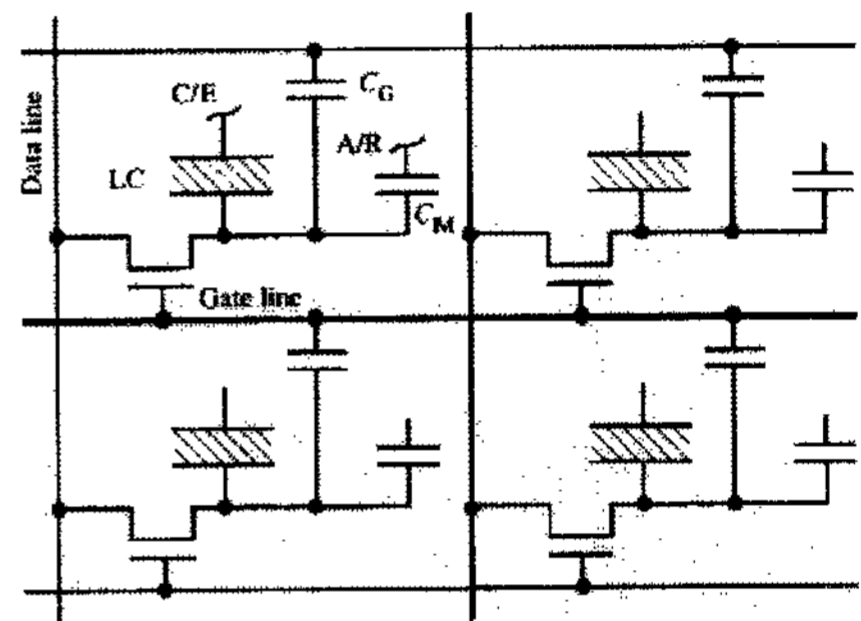
투과형 고온 poly는 projector에 많이 적용되어 왔으며 그 성능과 양산에 대한 신뢰성이 안정된 기술이다. 단점으로는 구동부 회로에 의한 개구율 감소 및 화소간의 masking 처리로 인해 확대 시 화소 간격이 보이며 해상도를 높이지 못하고 영상이 명확하지 않다는 단점을 가지고 있었으나 지속적인 개발로 해상도를 1920×1080으로까지 높일 수 있으며 화질개선 Chip과 Algorithm 개선으로 그 성능이 많이 개선되었다.

### 2) 반사형 LCOS(Liquid Crystal On Silicon)

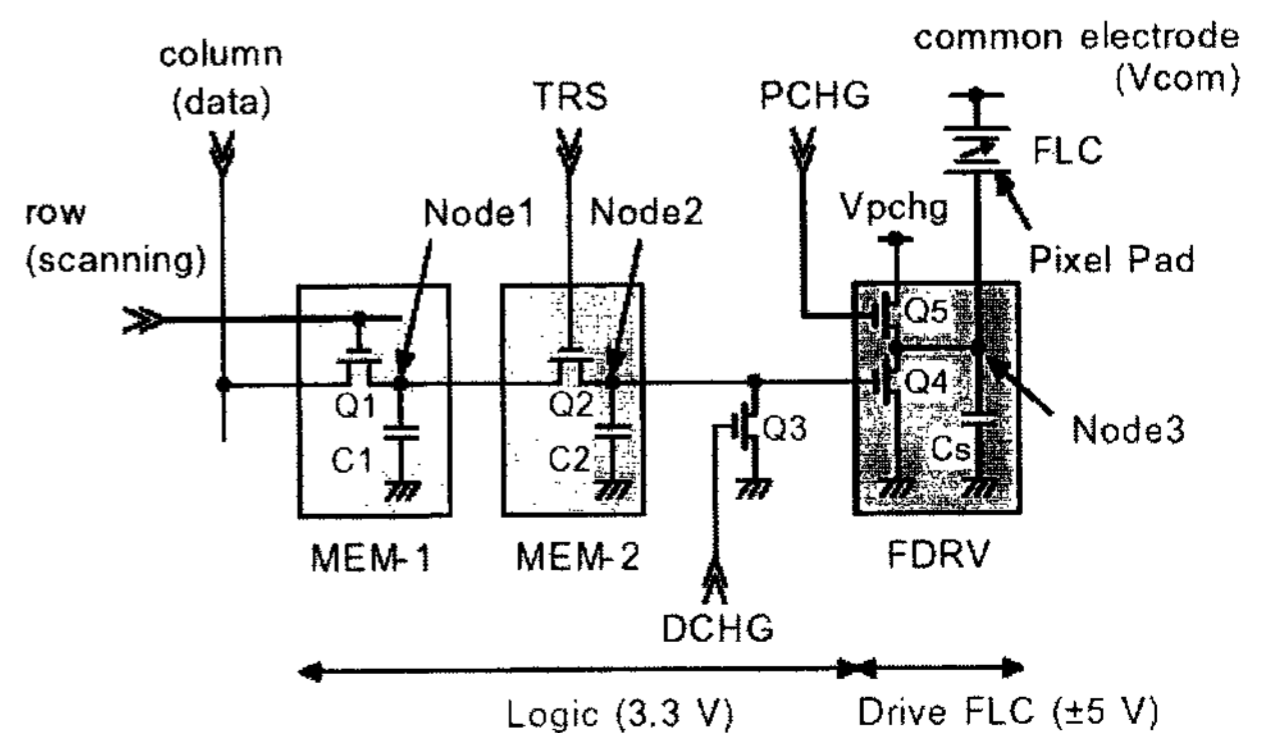
LCOS기술 역시 구동을 위한 back plane을 제작을 위해 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 이 back plane 위에 액정이 채워지고 그 위에 액정에 전압을 가하여 구동할 수 있도록 ITO glass가 위치하고 가장 윗 부분은 glass substrate로 덮여 있다. Reflective LCoS 장치는 single crystal인 Si-wafer를 기판으로 사용하므로 HTPS 방식의 디스플레이 보다 높은 운동성의 전자를 가지는 장점이 있다. 이로 인해 on-screen과 off-screen 양쪽 모두 좋은 품질을 갖는 회로를 제작할 수 있게 된다. 게다가 LCoS 디스플레이는 on-screen 트랜지스터와 어드레스 라인을 reflective top electrodes 아래에 '숨길 수' 있다. 이것으로 aperture ratio와 밀도를 높게 할 수 있다. 그리고 HTPS처럼 pixel 밀도의 증가와 패널 사이즈의 감소로 인한 불이익은 없다. DLP 기술과 비교하면 LCoS는 보다 단순한 제작 과정을 거치기 때문에 비용 측면에서 이익을 가져다 줄 수 있지만, 반사형 LCOS(Liquid Crystal On Silicon)은 도입초기 고해상도 (SXGA급 이상), 우수한 화질 뿐 아니라 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있었으나 아직까지 화면의 균일도 낮은 contrast 생산수율의 저하로 양산에 어려움이 있다 LCoS 디스플레이는 디스플레이에 들어가는 polarized light의 retaradation의 변조에 의해 동작한다. 이 light를 변조하는 데에는 많은 방법이 있다. 간단한 twisted-nematic 구조에서는 들어오는 polarized light를 “꼬아서” 이를 디스플레이의 위에서 아래로 통과시킨다. 이 light는 아래 부분의 전극에서 반사되고 다시 꼬여서 디스플레이를 통과한다. 두번째 polarizer는 직각으로 twisted light가 polarizer를 통해 지나가게 한다. 각 pixel 위치에 전압을 적용하여 “꼬인” 양을 조절할 수 있다. 최대 전압을 적용하면 light의 polarization은 회전하여 analyzing polarizer에 직각으로 위치하고 어떤 light도 통과할 수 없게 된다. 중간 정도의 전압을 적용하면 light의 한 부분만 회전하여 중간 정도의 세기의 light를 통과시킬 수 있게 된다. LCOS는 구동 방식에 따라서 아날로그 또는 디지털로 나눌 수 있다.

아날로그 구동 backplane은 DRAM 메모리에 기초하는 전기 회로의 특징을 가진다.([그림 5]) DRAM 구조는 일반적으로 각 pixel마다 트랜지스터와 capacitor로 구성되어 있다. capacitor는 전압을 충전하여 liquid crystal 사이에

전압의 저하가 없도록 함으로써 시스템을 안정하게 한다. 일반적으로 이 구조는 또한 직시형 방식의 액티브 매트릭스 LCD에 사용되며 각 pixel 트랜지스터는 row & column 구동기와 어드레스 라인과 연결되어 있다. 이 row 구동기는 한 row가 구동할 때마다 라인을 통해 액티브 row에 있는 모든 pixel로 데이터를 옮긴다. 아날로그 구동기 백플레인인 전압으로 구동 된다. 따라서 구동전압이 최대 또는 최소로 걸리는 경우 모든 빛이 panel에 반사되거나. 중간 정도의 light 반사는 중간 정도의 구동기 전압으로 얻을 수 있다. 공급되는 전압은 각 패널의 설계에 따라서, liquid crystal 모드와 cell gap의 두께에 따라 변화한다. 하지만 18볼트 정도의 큰 값을 가질 수도 있다. 아날로그 신호는 liquid crystal material에 손상을 주지 않기 위해 + 또는 - 방향으로 바꿀수 있는 DC 성분을 갖는다.



[그림 5] DRAM type Analog LCoS Backplane용 능동 매트릭스의 회로도



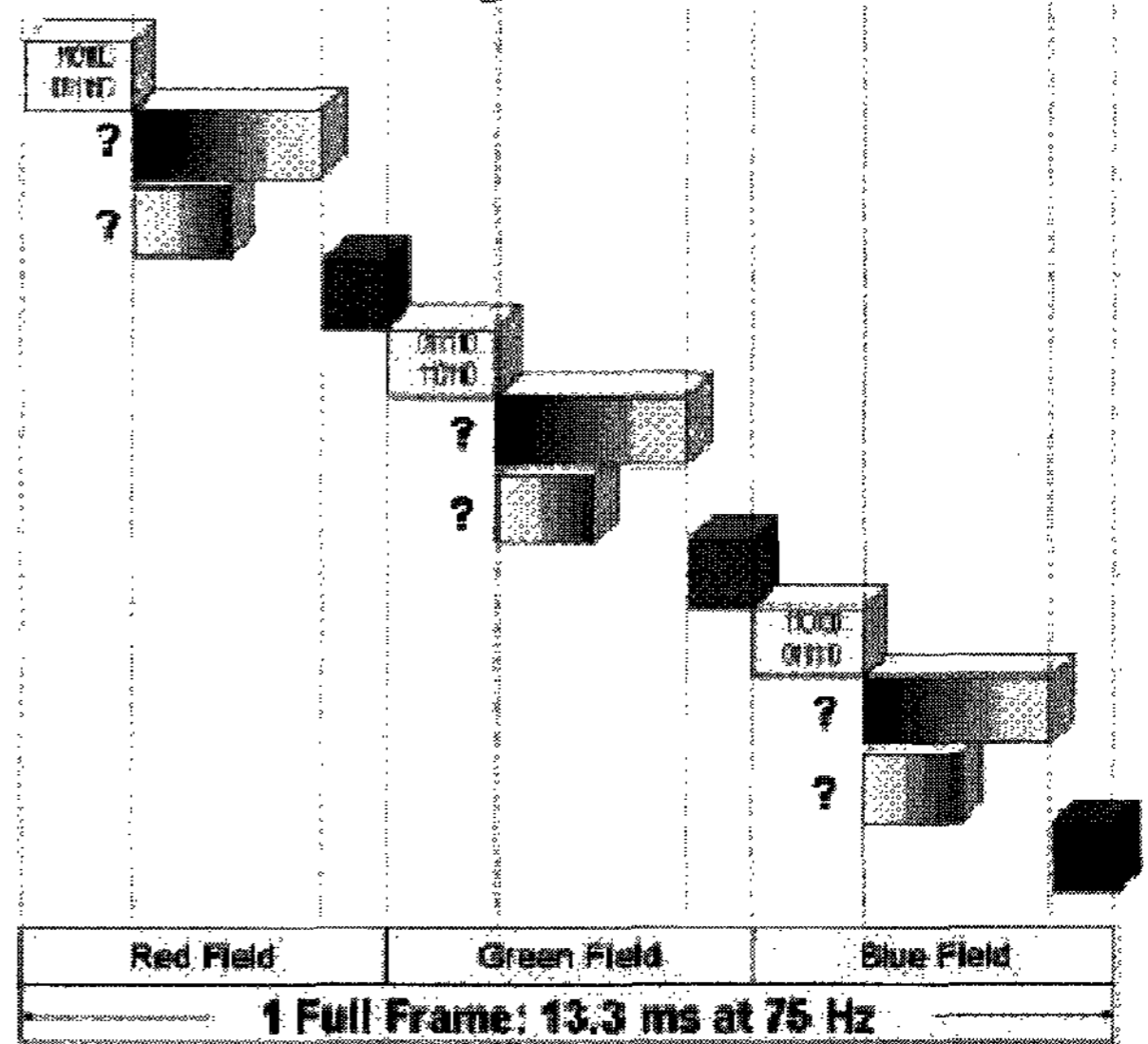
[그림 6] SRAM type Digital LCoS Back plane용 능동 매트릭스의 회로도



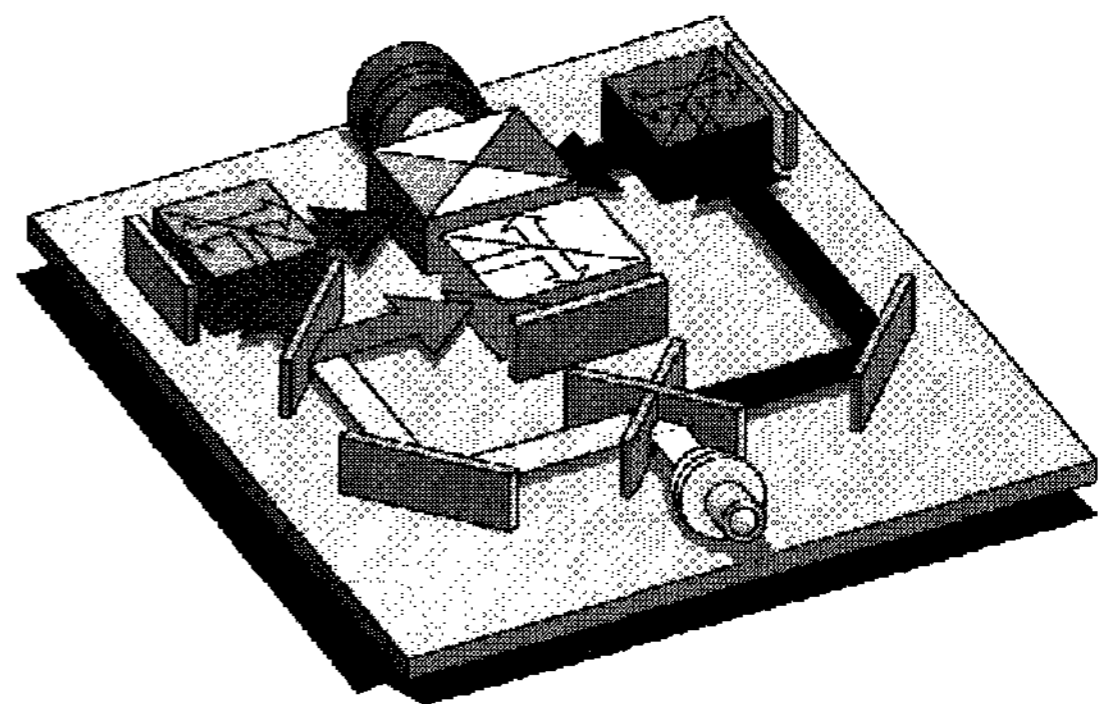
디지털 구동기 backplane은 일반적으로 각 pixel 아래 4~6 개의 트랜지스터를 사용하고, SRAM 메모리 회로와 같은 모델을 갖는다([그림 6]). 이 모델은 충전용 capacitor를 필요로 하지 않는다. SRAM 구조에서 pixel의 전압은 on 또는 off의 값을 가진다.

색계조 표현방법에 있어서 아날로그 구동기 backplane은 전압과 capacitor의 충전 주기를 바꾸어 적용하는 것으로 gray scale을 구현할 수 있다. 디지털 backplane은 pulse width modulation 기술을 사용하여 그레이 스케일을 구현한다. 중간 정도의 밝기는 짧은 시간의 pixel을 점멸하는 급속 펄스의 연속으로 나타낸다. Pixel의 펄스를 더 빠르게 하면 더 밝은 화면을 볼 수 있게 된다. SRAM 디스플레이는 일반적으로 모두 디지털이고 디지털 도메인에 디스플레이를 시그널 프로세싱을 하여 나타낸다. 디스플레이 시스템에는 몇 가지 칼라 이미지를 생성하는 방법에는 3-panel을 이용하는 방법과 single panel을 이용하는 방법으로 나눌 수 있으며 single panel은 color filter, color wheel, color switching 방법 그리고 color scrolling방법으로 나뉘어진다. 3-panel을 이용한 칼라 이미지 생성방법은 많은 프로젝션 시스템에서 일반적으로 사용하고 있으며 흰색 광원은 3개의 칼라(적, 녹, 청)로 나누어진다. 분리된 광은 LCoS panel에 반사되어 다시 결합하여 이미지는 완전한 정렬을 이루고 투영되어진다. 이런 접근법은 더 복잡하고 비싸지만 pixel의 RGB 성분을 세분하지 않으므로 공간상의 칼라 기술보다 3배의 해상도를 가진다. Single panel에 대한 칼라 이미지 생성은 첫 번째 color filter를 이용하는 방법으로 오늘날 노트북의 LCD나 컴퓨터 모니터의 CRT, 그리고 TV와 같은 대부분의 direct view display에 사용한다. 적, 녹, 청 pixel들은 세 개가 한 별인 구조로, 혹은 좀 다른 배열로 나란히 정렬되어 있고 이러한 sub pixel들은 적당한 거리에서 보았을 때 3개의 칼라가 하나의 점이나 pixel로 보일 만큼 물리적으로 충분히 작다. 적, 녹, 청의 sub pixel들을 변화시킴으로서 폭 넓은 칼라의 변화를 만들어낼 수 있다. 대부분의 제품들은 보여줄 수 있는 많은 칼라를 갖기를 원한다.(16 million typically) 단 하나의 회사, JVC 만이 LCoS panel을 이용한 공간상의 칼라 기술을 사용한다. 이것은 실제적으로 적, 녹, 청 칼라 성분들을 각각의 sub pixel 위에 정하기 위한 holographic color filter들을 사용한다. 칼라를 얻기 위한 두 번째 방법은 Field-sequential color(FSC)라 불리며, near-to-eye나 차세대 LCoS 프로젝션에서 일반적으로 사용된다. 색분리/합성계로 color wheel이 이용되며 빠르게 연이어 들어오는 적, 녹, 청 이미지의 디스플레이에 의해 만들어진다([그림 7]). 이것은 three-channel 시스템에서 사용되는 panel보다 적어도 3배, 종종 6배 빠르게 구동하는 panel을 요구한다. 더해지는 속도는 이미지에서 칼라가 깨지는 현상을 피하기 위한 것이다. Near-to-eye의 경우, 적, 녹, 청 LED들이 조명 소스를 공급한다. 프로젝션 시스템에서는 흰빛 램프가 사용된다. 회전 칼라 휠(wheel) 혹은 새로운 고체 상태의 칼라 휠 기술은 흰빛을 취하고 LCoS panel을 비추기 위한 연속된 칼라 광 펄스를 만들어

### Standard Field Sequential Color



[그림 7] FSC(Field Sequential Color)의 구동 원리



[그림 8] 반사형 LCOS(Liquid Crystal On Silicon) microdisplay projection용 3-PBS를 이용한 광 엔진 구조

낸다. 일반적으로 FSC 방법은 단 하나의 panel을 사용해서 three-panel 방법의 고해상도를 유지하는 장점을 가진다. 단점은 당신이 머리를 움직이면서 이미지를 볼 때 칼라가 깨질 수 있다는 점이다. 이 영향은 높은 field rate를 가짐으로써 줄일 수 있지만 구동의 복잡성과 전력 소비면에서 경제적이지 못하다. 칼라 깨짐은 대형 스크린에 투영된 이미지보다 near-to-eye 가상 디스플레이에서 덜 눈에 띈다. 그 이유는 눈의 움직임이 적어지고 당신의 peripheral vision으로 스크린을 볼 수 있기 때문이다. Peripheral vision은 깜빡임과 FSC의 다른 이슈에 보다 더 민감하다.

대표적인 LCOS 3-panel의 색분리/합성 광학엔진을 [그림 8]에 나타내었다. 투과형 HTPS과 같이 색 분리를 위해 dichroic filter를 이용하였고, 분리된 빛을 panel에 반사시키기 위해 3개의 PBS(Polarizing Beam Splitter)를 이용되었고 반사된 신호 빔은 X-prism으로 합성되어 투사된다.

3) 반사형 MEMS(Micro ElectroMechanical System) DMD(Digital Mirror Device)는 반사형 MEMS 중에

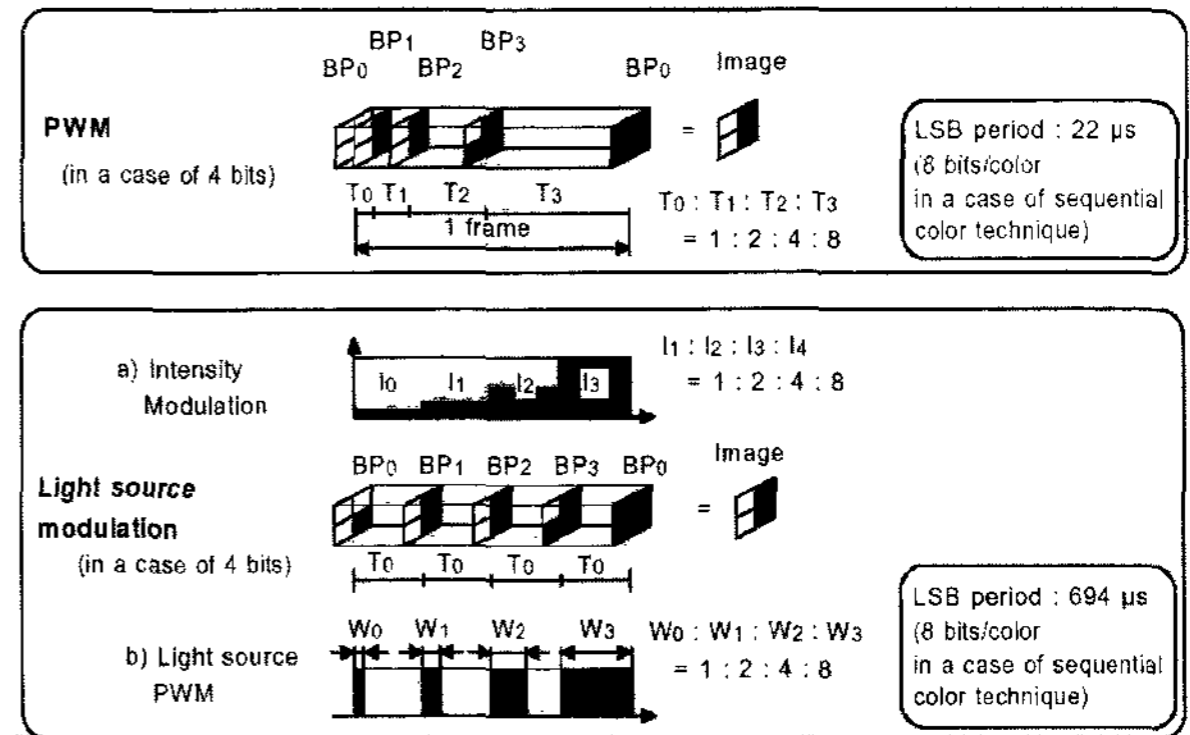
가장 대표적인 panel로 구동은 반도체 칩 위에 수십만개의 알루미늄(Al) 미러가 메모리 출력에 따라 빛을 두 방향 중 한 방향으로 반사하는 방법으로 원리로 되어 있다. 대각 축 방향으로 형성된 얇은 뒤틀림 경첩에 의해 공간에 매달린 미러 및 요크는 메모리셀과의 사이에 작용하는 정전인력으로 인해 착지면에 착지할 때까지 회전한다. 요크 앞에는 스프링 칩이 형성되어 있고, 이 칩이 정전인력 으로 인해 에너지를 축적, 방출하여 확실한 미러의 반전동작을 보증한다. 메모리는 보통 5V로 동작하고 미러는 메모리 출력 데이터에 대응해 수평 위치에서 +10도(또는 -10도) 기판축으로 회전하고, 반사광 빔을 두 방향 중 어느 한 방향으로 편향된다.

DMD를 DLP 광학 시스템에 응용할 경우, 빛은 20도의 각도로 DMD에 대해 입사되고, 미러가 on 상태에서 세트되었을 때는 투사 렌즈를 향해 반사되고, 스크린 위에 투사된 픽셀은 밝게 표시된다. 한편 off 상태에서 세트되었을 때는 -40도 각도로 반사되고 렌즈에서 벗어남으로서 픽셀은 검게 표시된다.

DMD 제조에 이용되는 반도체 프로세스의 방법은 고해상성, 고균일성이 요구되는 대규모 공간 광변조기의 제조법과 합치한다. DMD는 AI 박막에 의한 마이크로 구조체로 구성되어 있다. 구조체에 의한 광반사를 빛의 디지털 변조에 이용하여, 높은 광 이용효율, 고휘도화, 잡음이 없는 색재생을 실현한다. 픽셀 구조 소자이므로 한계 해상도에서의 응답함수(MTF)가 높은 등의 특징이 있다.

반사형 MEMS 중에서 DMD(Digital Micro Device)는 고온 poly나 LCOS에 비해 성능이 뛰어나지만 가격이 비싼 것이 단점이다. 일반적으로 DMD는 single panel로 이용하기 때문에 광학계가 간단하고 저렴하다는 장점을 가지고 있지만 색분리제로 color wheel을 사용으로 인한 Color break-up의 단점을 가지고 있다.

DMD의 색 계조표현 방법에 있어서 PWM(Pulse Width Modulation)방법을 이용하고 있다. PWM 구동은 빛을 on, off하여 중간조를 표현하는 방법으로 on, off 스위칭 시간폭의 비율을 변화시키는 기술이며 비디오 필드 시간을 PWM에 의해 비트 시간으로 분할하고, 무게를 부여해 계조를 표현한다. 그리고 PWM에서의 long 비트는 분할되는데, 필드에 균일하게 분산되어, 더 균일한 PWM을 실현했다([그림 10]). 매초 60프레임의 화상에 대해 색 계조 분해능은 1(또는 2)칩 DLP 시스템은 8비트, 256계조/색(24비트색)을 제공하고, 3칩 DLP 시스템은 10비트, 1024계조/색



[그림 10] PWM(Pulse Width Modulation)과 light Modulation 기본원리

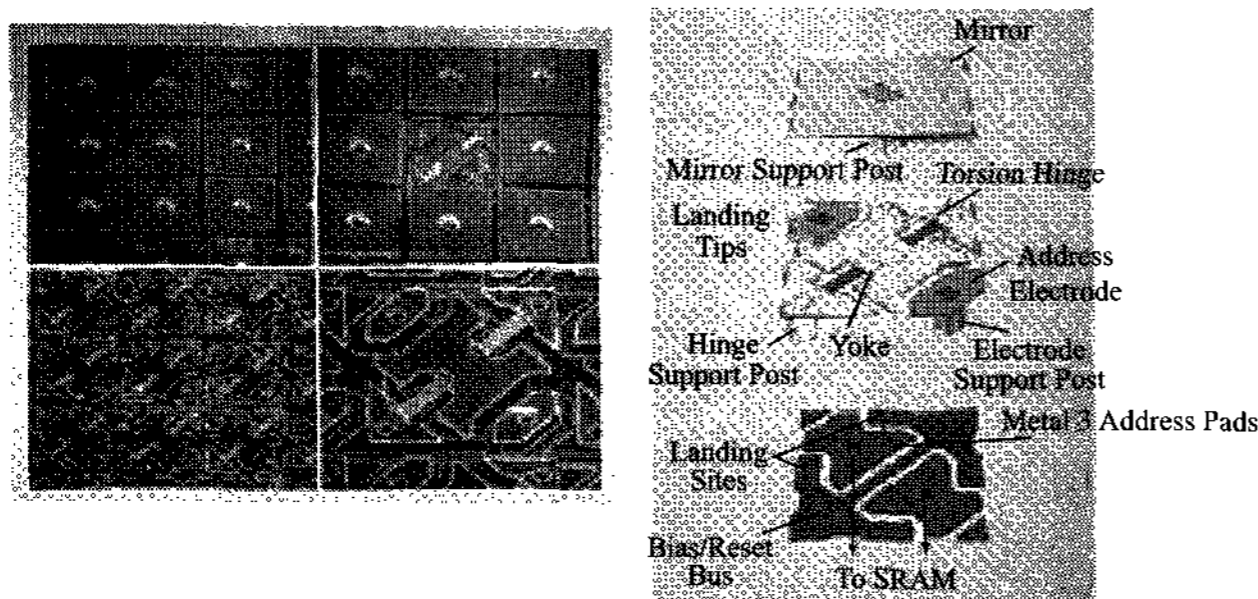
(30비트색)을 제공한다. 그리고 TI 독자의 알고리즘을 적용하여 투사 디지털 광화상의 계조 분해능이 유효 13비트, 8, 186계조/색(39비트색)으로 증가했다. TI 시험제작 DLP 시네마(DLP Cinema™) 프로젝터는 매초 24프레임으로 유효 42비트색(14비트, 16, 384계조/색)의 화상을 표시한다.

DMD를 이용한 DLP(Digital light Processing)광 엔진은 단순한 반사형 광 스위치로 편광판을 필요로 하지 않는다. DMD의 고속 응답성을 살려, DMD 칩을 1(또는 2)개 사용한 1(또는 2)칩 DLP 투사 광학시스템이 설계된다. 이 시스템은 컬러 호일을 이용, 색을 시분할 구동하고, 컬러 이미지를 얻고, UHP 램프나 Metal Halide 램프에 최적화된다. 또 1칩 DLP 시스템은 24비트 색화상을 300 Hz 이상의 색주파수로 표시하는 능력을 갖추고, 컬러 분리 영향을 시각 수준 이하로 줄일 수 있다.

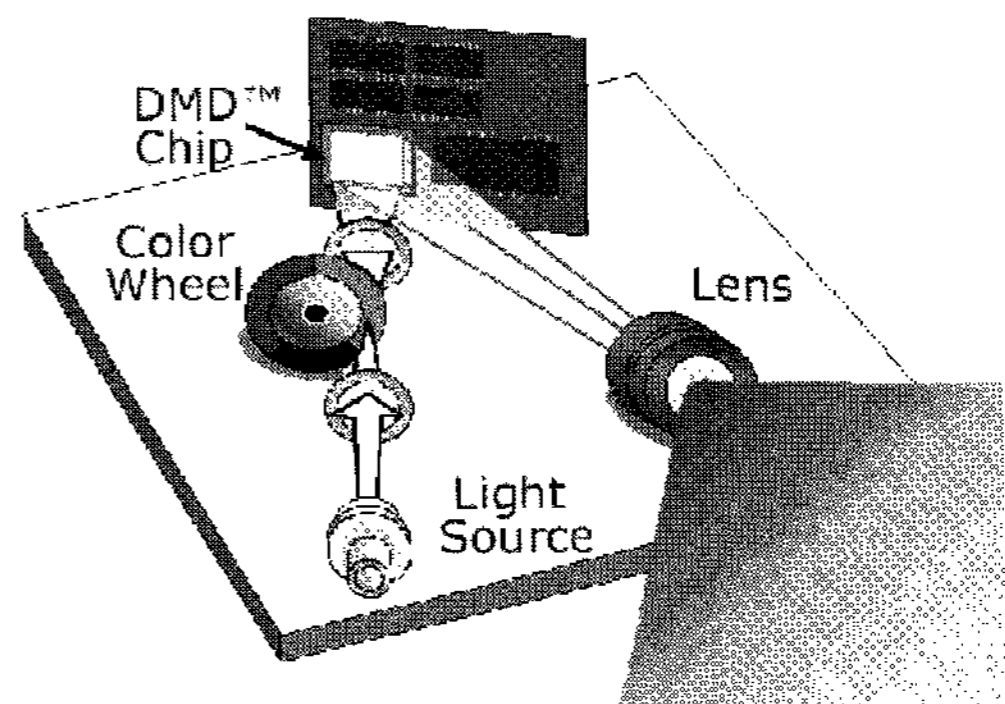
3칩 DLP 시스템에서는 적색, 녹색, 청색의 각 DMD가 연속으로 동작하여 가장 높은 광효율과 화상품질을 얻을 수 있다. 고출력 레벨에서는 짧은 아크 길이의 크세논(Xe) 램프가 사용된다. Xe 램프는 가시영역에서 평탄한 스펙트럼을 가지고, 고휘도 응용시에 넓은 색도범위, 양호한 색균형, 그리고 초고광속을 출력한다.

[그림 11]은 color wheel을 이용한 single panel DLP의 광학엔진구조이다.

각 Microdisplay Device별 제품 사양을 [표 1]에 나타내었다. 제품사양에 의한 비교 평가에서 DMD가 우세한 것



[그림 9] DMD의 구조



[그림 11] Color Wheel을 이용한 Single Panel DMD용 Microdisplay Projection 광엔진 구조

[표 1] Microdisplay Device별 Spec.

Item	DMD	HTPS(Epson)	LCOS(JVC)
Resolution	1280 × 720	1280 × 720	1400 × 1050 (1920 × 1080)
C/R	1500 : 1	400 : 1	1000 : 1
Response Time	sec	15 msec	16 msec
Panel Size(inch)	0.8	0.9	0.72(active, 0.6")
Pixel Pitch	13.68 μm	15 μm	10.4 μm
Operating Panel #	Single	Three	Three
Color management	Color Wheel	X-Cube	Three PBS system
Cost/1 Panel	High	Low	Mid

[표 2] Market분류에 따른 Microdisplay Device별 시장 예측 (K Units)

Market	Device	2001	2002	2003	2004	2005
Front Home	HTPS	25	170	335	1,805	4,705
	DMD	3	10	100	400	1,200
	LCOS				22	80
	Total	28	180	435	2,205	5,905
Front Business	HTPS	1,066	1,095	1,190	1,552	1,730
	DMD	280	400	650	600	600
	LCOS	4	5	30	38	60
	Total	1,350	1,500	1,870	2,190	2,390
Rear Business	HTPS	25	23	22	22	22
	DMD	12	23	28	30	33
	CRT	2				
	Total	40	46	50	52	55
PDP Business		208	286	430	575	650
RPTV	HTPS	50	60	120	150	170
	LTPS	10	10	40	60	70
	DMD	1	20	90	200	500
	LCOS	1	5	20	90	360
	CRT	2,238	2,405	2,330	2,200	1,700
	Total	2,300	2,500	2,600	2,700	2,800
PDP Home		142	320	760	1,520	2,130
종합	HTPS	1,166	1,348	1,667	3,529	6,627
	LTPS	10	10	40	60	70
	DMD	297	453	868	1,230	2,333
	LCOS	5	10	50	150	500
	CRT	2,240	2,405	2,330	2,200	1,700
	TOTAL	3,718	4,226	4,955	7,169	11,230

으로 생각되지만 광 엔진 상태에서 각각 나름대로의 장단점을 가지고 있어 절대우위를 평가하기 어려운 점이 있다. 특히 DMD나 LCOS의 경우 single panel system이 가격적인 면에서 유리한 면을 가지고 있는 반면 성능적으로 밝기, color break-up 등의 해결해야 할 기술적인 문제점을 가지고 있다.

#### 4) Market 현황 및 전망

MD projection 시장은 점차 성장하는 추세이며 Microdisplay Device별 장단점 공방으로 그 경쟁이 치열하다. 일본의 Techno Systems Research Co.의 조사[표 2]에 따르면 시장점유율에서 고온 폴리(HTPS)가 우위를 차지하는 것으로 조사되었으며 DLP의 시장점유율이 증가하는 추세이고 LCOS는 아직 품질면에서 기술적으로 양산하기에는 성숙하지 못한 상태이다.

주목할 만한 것은 Front Projector인 경우 business용보다 가정용이 빠른 증가세를 보이고 있는 것인데 이는 Home Theater의 시장을 크게 본 것으로 예상되고, 주요한 MD Device를 HTPS로 예상하였다. 또한 RPTV에서 CRT의 지속적인 강세 속에 HTPS보다는 DMD와 LCOS projection이 우세하다는 경향을 보이고 있다. 이것은 어떠한 근거를 두고 예상한 것인지 의문이지만 DMD나 LCOS의 경우 Single Panel인 경우로 생각하면 합리적인 시장 점유율로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] The LCoS 2001 Industry Report. Insight Media, June 2001
- [2] Microdisplay 응용기기 사업 개요, McLaughlin Consulting Group, 2001
- [3] Cost Modeling of Projection Systems, McLaughlin Consulting Group, 2000
- [4] E. Stump and M. Brennessholtz, "Projection Display", 1999
- [5] JVC Press Release, 1999
- [6] A. E. rosenbluth and R. N. Singh, "Projection Optics for Reflective Light Valves", SPIE Projection Displays V, vol. 3634, pp.87, 1999
- [7] M. D. Wand, W. N. Thurmes, M. R. Meadows, and R. T. Vohra, "Chronocolor FLC devices for high-resolution projection displays", SPIE Projection Displays IV, vol. 3296, pp.13. 1998
- [8] M. D. Wand, W. N. Thurmes, M. R. Meadows, and R. T. Vohra, "Chronocolor FLC devices for high-resolution projection displays", SPIE Projection Displays IV, vol. 3296, pp.13. 1998. 2. JVC Press Release, 1999. 3.
- [9] L. J. Hornbeck and W. E. Nelson : Spatial Light Modulator and Applications, OSA Technical Digest Series, Vol. 8, pp.107-110(1988).
- [10] P. F. Van Kessel, L. A. Hornbeck, R. E. Meier, and M. R. Douglass : Proceedings of the IEEE, 86(8), pp.1687-1704(1998).
- [11] R. L. Knipe : SPIE Europto Proceedings, Vol. 2783, pp.135-145 (June 12-13, 1996).
- [12] L. A. Hornbeck : International Display Workshop '98, pp.713-716, Kobe(Dec 7-9, 1998)
- [13] W. B. Werner and D. S. Dewald : Proceedings of the Annual 140th SMPTE Tech. Conf. and Exhibit, pp.406-412(Oct. 1998).
- [14] L. J. Hornbeck: Proc. SPIE, Vol. 3013, Projection Displays III, pp.27-40(1997).
- [15] K. Ohara, A. Kunzman : IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 3, pp.604-610 (Aug. 1999).
- [16] B. Sexton, K. Ohara, M. Asahara : TI Tech. J., Vol. 15, No. 3, pp.106-113 (1998).
- [17] P. F. Van Kessel : INFOCOMM 2000 Anaheim, CA(June 15-17 2000).
- [18] J. D. Grimett : International Systems and Packaging Society, San Diego, CA (Dec 1997).
- [19] Digital Light Processing world wide web site : <http://www.ti.com/dlp>.