

# 마이크로 디스플레이 기술

주 병 권 / KIST 디스플레이 및 나노 소자 연구실

## 1. 개 요

마이크로 디스플레이는 그 크기로 정의하는데, 확대 및 투사를 통해서만 관찰 가능한 극소형 크기(1~2인치급)나 휴대용 정보 통신 기기와 프로젝터에 적합한 크기(2~5인치급), 혹은 일반적인 모니터와 TV의 최소 사용 영역을 기준으로 한 크기(5~7인치급)등, 경우에 따라 정의되는 화면 크기가 다양하다. 일반적으로는 그림 1

에 보인 바와 같이 확대형 기기나 투사형(projector)에 해당하는 0.5~3인치급 규모와 화면을 바로 볼 수 있는 직시형 디스플레이의 최소 크기, 즉 소형 정보 통신 기기에 사용되는 3~4인치급 규모를 대상으로 하는 것이 무난하다고 본다.

마이크로 디스플레이 기술은 2000년대에 접어들면서 휴대 전화기와 PDA(Personal Data Assistance)를 비롯한 휴대용 정보 통신 기기의 일반화, 가정용이나 산

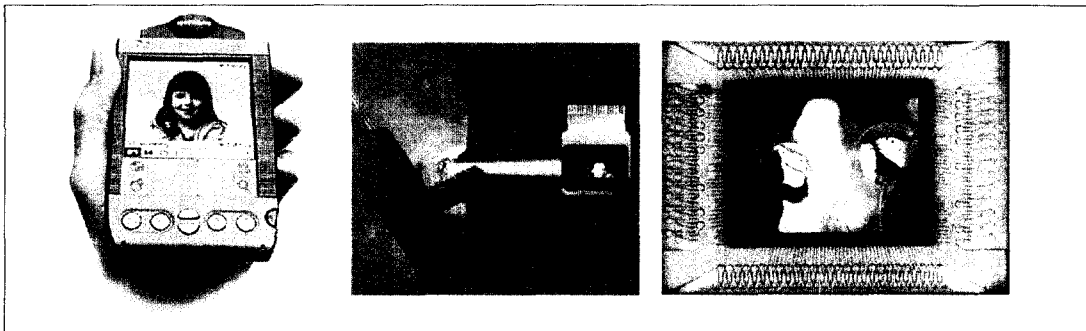


그림 1. 마이크로 디스플레이의 주요 응용 형태(확대형, 투사형, 직시형)

업용 전자 기기에 부착되는 소형 디스플레이의 수요 증가, 차량을 비롯한 운송 기기의 성능 향상에 따른 디스플레이의 필요성, 그리고 다수의 관찰자를 위한 프로젝션 디스플레이의 확산 등을 배경으로 하여 그동안 TV와 모니터를 중심으로 한 디스플레이 산업의 구도에 큰 변화를 일으키고 있다[1-3].

이러한 수요 증가로 인하여 그동안 TV와 모니터에만 집중해온 대기업들이 소형 TFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)와 유기 LED(Organic Light Emitting Display)를 중심으로 하여 본격적인 시장 진입을 시도하고 있으며, 이와 함께 중소 벤처 기업들이 마이크로 디스플레이용 소형 화면 생산, 모듈 및 시스템 개발에 적극적으로 도전하고 있다. 본 교에서는 마이크로 디스플레이와 관련한 기술, 응용도 및 시장, 그리고 기술 개발 동향 등에 대해 간단히 소개하고자 한다.

## II. 기 술

평판 디스플레이(FPD: Flat Panel Display) 기술은 스스로 빛을 발생할 수 있는 자체 발광형(Emissive-type)과 별도의 광원이 필요한 비자체 발광형(Nonemissive-type)으로 분류된다. 마이크로 디스플레이에서는 자체 발광형으로서 무기 박막 ELD(TF-ELD: Thin Film-Electroluminescent Display)와 유기 LED[4]를 비롯하여 FED(Field Emission Display)[5], VFD(Vacuum Fluorescent Display), LED(Light Emitting Diode) 등이 해당하며, 비자체

발광형으로는 TFT-LCD, LCOS(Liquid Crystal On Silicon), 그리고 Texas Instruments 사의 DMD(Digital Micromirror Display)로 대표되는 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems)-display를 꼽을 수 있다.

그림 2에 나타난 바와 같이 자체 발광형의 경우, 광원이 필요 없이 영상이 디스플레이 패널로부터 바로 전송된다. 비자체 발광형의 경우, 광원과 영상 패턴을 제공하는 패널이 함께 사용되는데, 광원으로부터의 빛이 패널을 투과하는 방식과 패널에서 반사되는 방식으로 구분된다. 일반적인 TFT-LCD는 유리 기판을 사용하므로 투과 방식이 적용될 수 있으나, 불투명한 실리콘

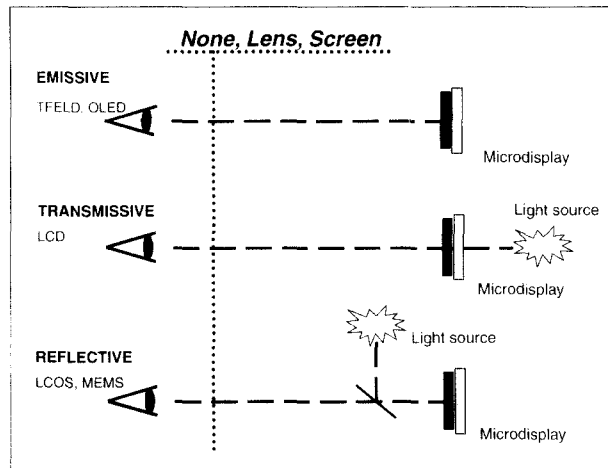


그림 2. 마이크로 디스플레이의 동작 및 표시 방식

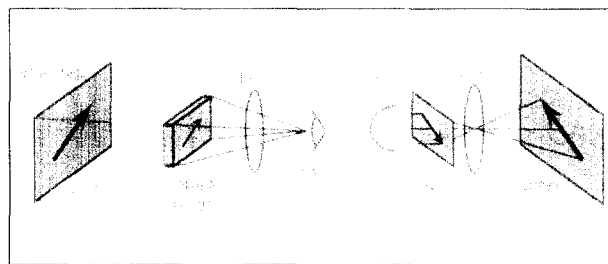


그림 3. 확대형 및 투사형 기기의 구성

기관을 주로 사용하는 LCOS나 MEMS-display 패널은 반사 방식으로 동작한다.

이와 같이 광원과 패널이 조합되어 만들어진 영상은 우리 눈으로 전달되는데 그 전달 과정은 용도에 따라 바로 연결되는 경우(직시형), 렌즈를 통해 수 배 정도의 일정 배율로 확대되는 경우(확대형), 그리고 스크린 상으로 수십~수백 배에 이르기까지 초대형으로 투사되는 경우(투사형) 등이 채택될 수 있다. 마이크로 디스플레이에 적용되는 확대형 및 투사형 기기의 동작 원리를 그림 3에 보였다. 확대형 기기의 경우 개인을 대상으로 하는데, 사용자가 광학 기기를 이용하여 확대된 상을 직접 보는 방식으로 디스플레이 패널의 크기가 광학계에 따라 3~20인치 정도의 영상이 표시된다. 이때 사용되는 패널의 크기는 보통 0.2~1인치 정도이다. 투사형 기기의 경우 다수의 사용자를 대상으로 하며, 마이크로 디스플레이의 영상을 대형 스크린상에 20인치에서 100인치 이상에 이르기까지 확대할 수 있다. 여기에 사용되는 디스플레이 패널의 크기는 0.7~3인치 정도로 패널이 클수록 상을 확대하기가 용이한 반면에 부피가 커지는 단점이 있다.

마이크로 디스플레이는 공통적으로 고해상도, 즉 높은 픽셀 밀도가 요구되지만, 분해능의 정도는 각각의 용도에 의존한다. 확대형에 있어서는 320×240(Q-VGA: Quarter-VGA)에서 800×600(SVGA: Super Video Graphics Array) 정도가 일반적이나, 투사형의 경우에는 640×480(VGA: Video Graphics Array)에서 1,600×1,200(UXGA: Super

Extended Graphics Array) 정도로 더욱 높은 분해능이 요구된다. 마이크로 디스플레이를 설계하는데 있어서는 대부분 직시형, 확대형, 그리고 투사형 기기로 명확하게 구분되며, 이로부터 적용 패널이나 성능, 가격 등이 결정된다. 표 1에 확대형과 투사형 기기의 특징을 비교하여 요약하였다.

직시형은 휴대 전화기나 PDA의 화면과 같이 별도의 시스템이 없이 패널 자체가 응용 기기에 바로 부착되어

표 1. 확대형과 투사형 마이크로 디스플레이의 특징 비교

파라미터	확대형 디스플레이	투사형 디스플레이
영상 형태	확대 영상 (virtual image)	스크린 상의 실 영상 (real image)
영상 크기	대각선 3 ~ 20 인치	대각선 20 ~ 100인치
패널 크기	대각선 0.1~1인치	대각선 0.7~3인치
분해능	Quarter-VGA, VGA, SVGA	VGA, SVGA, XGA, SXGA, UXGA
패널 비용	\$30 ~ \$1,000	\$300 ~ \$2,000
주요 업체 수	30	20
주요 응용도	Eye-glass, HMD, Qb 파인더, 디지털 카메라, 지능형 전화기 등	프로젝션 TV, 프로젝터 등

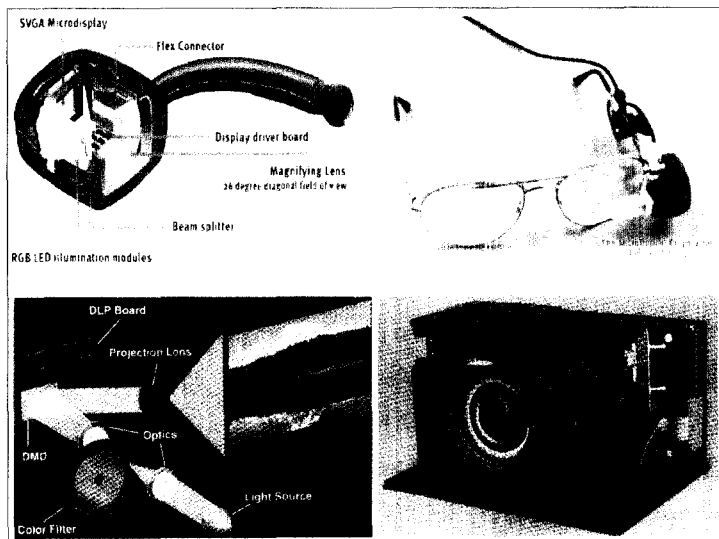


그림 4. 마이크로 디스플레이가 부착된 확대형 및 투사형 기기

사용되며, 확대형은 경우에는 영상을 확대하기 위해 렌즈를 비롯한 간단한 광학계가 함께 구성되어 주로 안경 부착형(eye-glass)이나 머리 부착형(HMD: Head/Helmet-Mounted Display) 방식으로 응용된다. 또한, 투사형은 고 휘도의 광원과 광학 기기, 그리고 구동 회로 등이 비교적 대규모로 구성되어 있는 엔진 개념의 시스템이 적용된다. 그림 4에 확대형(안경 구조와 HMD)과 투사형에 적용된 마이크로 디스플레이의 일례를 보였다.

### Ⅲ. 응용도 및 시장

Nekkei Microdevice에서 예측한 평판 디스플레이의 크기별 시장 점유율을 살펴보면 4인치급 이하의 마이크로 디스플레이 시장 점유율이 2000년도에 들어서면서 10%선을 넘어 서고, 2005년도에는 전체 시장의 약 1/4을 점할 것으로 예측되고 있다. 이러한 시장 증가의 가장 큰 원인으로는 휴대용 정보 통신 기기를 비롯한 개인형 기기와 프로젝션 TV 관련 시장의 성장 및 확장을 들 수 있다.

직시형 마이크로 디스플레이의 대표적인 응용 분야인 휴대 전화기에 적용되는 패널 기술별 시장 규모를 그림 5에 나타내었는데, 2000년까지는 주로 STN-LCD(Super Twisted Nematic-LCD)를 위주로 한 단색 제품들이 주류를 이루어 왔으나, 이후로 TFT-LCD의 보급이 확산되면서 컬러 및 동영상 이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 아울러, 2002년부터 유기 EL을 이용한 제품이 등장하면서, 저가형은 STN-LCD, 고가형은 TFT-LCD와 유기 EL이 경쟁을 벌일 것으로 예측된다.

이러한 직시형 디스플레이로서 PDA, 게임기, 비디오나 카메라의 뷰 파인더 등을 비롯한 개인용 기기, CNS(Car Navigation System), 카 오디오, 의료 및 계측 장치 등과 같은 운송, 의료, 산업용 기기에 있어서도 2~4인치급 마이크로 디스플레이들이 활용되고 있는데, 그 일례들을 그림 6에 예시하였다. 특히, 전 세계적으로 이동 통신용 부품의 수요가 급증함에 따라 디스플

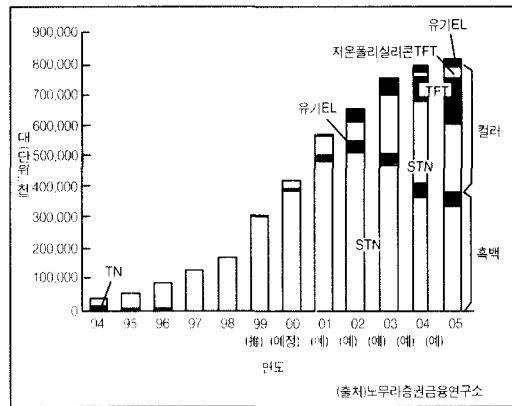


그림 5. 휴대 전화기용 디스플레이 시장의 규모

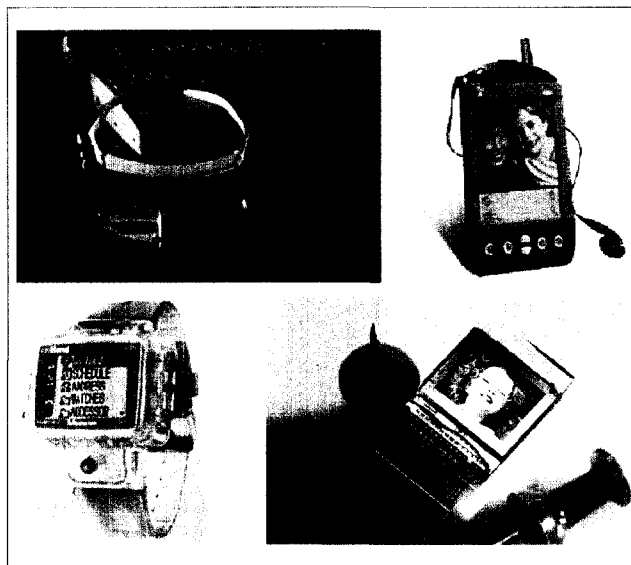


그림 6. 직시형 마이크로 디스플레이의 응용 일례

레이의 높은 분해능과 휘도의 개선이 강하게 요구되고 있다. 고주파 대역의 무선 통신 시스템의 발전 방향을 예측할 때, 통신 기기 제조 업체들은 전자 우편과 인터넷 연결 등이 가능한 기기를 설계하고 있으며, 따라서 SVGA 급 이상의 디스플레이가 필요한 것도 사실이다.

또한, 비디오 캠코더의 경우 수 년 동안 다결정 실리콘 TFT-LCD를 사용하여 왔으며 컴퓨터와 같은 여타 디스플레이 들에 비해 성능 요건이 엄격하지 않은 것도 사실이다. 그러나, 현재 디지털 스틸 카메라 등이 SXGA 급 영상을 요구하면서 뷰 인더의 픽셀 수를 증가 시켜야 할 필요성이 있다.

확대형 디스플레이의 경우, 주로 HMD 형태를 가지며, 가상 현실과 같은 사이버 기기, 의료 기기, 그리고 군사 기기 등을 중심으로 하여 활용되고 있으며, 마이크로 디스플레이 이외에는 경쟁 기술이 없다(6). 특히 의료 및 군

사 기기의 경우, 가격보다는 화질, 시야각, 내환경성 면에서 우수한 고수준 TFT-LCD나 TFT-ELID 등이 적용되고 있으며, 대부분 스위칭 소자가 집적화된 능동 구동(active matrix) 방식을 취하고 있다. 또한, 안경 부착형 마이크로 디스플레이는 정보 통신 기기와 연결하여 실시간 정보 교환에 활용될 것으로 보고 있다. 그림 7에 의료 및 군수용 기기에 응용되는 HMD 기기와 안경 부착형 기기의 일례를 보였다.



그림 7. 마이크로 디스플레이가 적용된 HMD 시스템 및 안경 부착형 기기

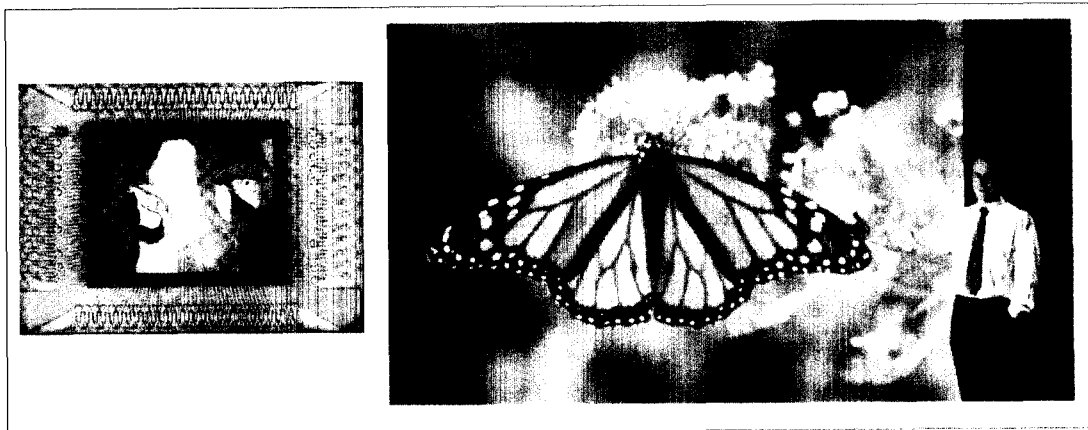


그림 8. 투사형 마이크로 디스플레이를 적용한 대화면 DMD 프로젝터

투사형 디스플레이의 경우, 소형 CRT(Cathode-Ray Tube)와 TFT-LCD가 주도하여 왔으나, 최근 수 년 동안에 반사 방식을 적용한 마이크로 디스플레이로서 DMD와 LCOS가 적용되면서 그 영역을 넓히고 있다. 주요 응용 분야는 프로젝션 TV와 프로젝터를 들 수 있는데, 마이크로 디스플레이를 이용한 프로젝션 TV의 경우 40~60인치급을 중심으로 PDP(Plasma Display Panel)와 대형 LCD가 경쟁 상대가 될 것이다. 프로젝터의 경우, 가정용 극장이나 디지털 영화, 그 외의 초대형 스크린 사용 분야에 적용되며, 현재 그림 8에 보인 바와 같이 DMD를 이용한 DLP(Digital Light Processing) 엔진이 입지를 굳히고 있다.

#### IV. 기술 발전 전망

현재로서는 마이크로 디스플레이는 화면 크기가 작은 특징을 지니고 있으나, 금후 해상도와 관계되는 피치 사이즈, 두께 및 무게, 소비 전력, 가격 등이 모두 마이크로화 되는 방향을 추구할 것임은 자명하다. 직시형의 경우에는 TFT-LCD가 선점한 분야를 유기 LED가 잠식하는 상황이 전개될 것이지만, 이를 위해서는 유기 EL이 당면한 과제인 고정세화, 능동 구동, 수명, 생산성을 해결하여야 한다는 전제가 있다. 이와 함께 적은 규모이기는 하지만 TF-ELD도 가격보다는 성능을 우선시하는 부문에서 안정된 자리 매김을 유지할 것으로 본다.

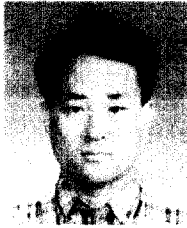
확대형의 경우, 고정세 TFT-LCD를 중심으로 한 시스템이 사용자의 요구 규격에 맞추어 소량-다품종으로 개발되고 있으며, 당분간 이러한 현상을 유지할 전망이다. 단지, LCD의 경우, 보조 광원을 필요로 하므로 광학계의 부피/중량 문제와 함께 전자파 등과 같은 부수적인 문제들이 있게 된다. 유기 EL은 자체 발광형이고, 배터리 구동이 가능하며, 플라스틱 기판을 이용하면 중량 분체도 해결될 수 있으므로 유력한 대체 부품임이 확실하나, 고정세를 위하여 화소 크기를 가능한 줄일 수 있는 패터닝 기술 개발이 급선무이다. 역시 의료 및 군수 기기 등과 같은 특수 분야에서는 TF-ELD가 계속 사용될 전망이다.

투사형의 경우, TFT-LCD나 LCOS 등 LCD 계열이 소형 CRT를 대체하고 있으나, 금후 MEMS-display가 확고한 입지를 굳힐 것으로 보인다. 여기에는 현재 시장에 강하게 진입하고 있는 Texas Instruments의 DMD가 대표적이며, 이외에도 Silicon Light Machines의 GLV(Grating Light Valve)와 대우 전자의 TMA(Thin-film Micromirror Array) 등의 등장이 가능하다. 특히 TMA의 경우, 대우 전자가 1990년대 초에 Aura Systems의 AMA(Actuated Mirror Array) 기술을 가일층 발전시킨 경우로 미래에 움직임을 주는 메커니즘으로 압전성을 이용한 특징이 있다. 이는 대외적으로 기술성을 인정 받을 수 있는 기술인 만큼 후속 지원을 통하여 완성되었으면 하는 바람이다.

### ● 참고 문헌 ●

- [1] 주병권, 이윤희, 이남양, "마이크로 디스플레이 기술 : 작은 것은 아름답다," 월간 전자부품, pp.130-135 (2000.11.)
- [2] 주병권, 이남양, "Microdisplay 기술 및 전망," 전자공학회지, 제28권, 4호, pp.67-78 (2001.4.)
- [3] 주병권, "소형 디스플레이," KETI-전자부품동향예보제 세미나 자료집, 한국과학기술회관 pp.163-199 (2001.7.3.) - on line <http://www.eic.re.kr>
- [4] 주병권, 김재경, 이윤희, "유기 LED 기술의 등장, 현황, 그리고 발전 방향," 월간 전자산업정보, pp.94-98 (2001.3.)
- [5] 주병권, "Field Emission Display 기술의 동향과 전망," 정보 디스플레이학회지, 제2권, 3호, pp.6-16 (2001.6.)
- [6] 주병권, "군수용 디스플레이 기술 동향," 전자신문-테마특강, p.21 (1999.3.2.)

### 필자 소개



#### 주 병 권

- 1995년 : 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1988년~1995년 : KIST 정보전자연구부 연구원
- 1995년~현재 : KIST 디스플레이 및 나노 소자 연구실 팀장
- 1996년 : Univ. South Australia(Australia) 방문연구원
- 주관심분야 : Flat panel display(FED, OLED), MEMS, Micro-sensor