

## 마이크로 디스플레이 기술

# “작은 것은 아름답다”

글: 주병권, 이윤희/KIST 디스플레이 및 나노소자 연구팀  
이남양/LG.Philips LCD

### 마이크로 디스플레이의 개요

엄지 손톱만한 디스플레이가 정보통신용 기기들에 활발히 적용될 움직임을 보이고 있다. 이를 『마이크로 디스플레이』라 일컫는데, 매우 많은 정보량을 매우 작은 영역 내에서 제시한다는 특징이 있다. 코핀(Kopin)사의 『CyberDisplay 320C』는 좋은 예로서, 그림 1에 보인 것과 같이 0.24인치 크기에 320×240의 분해능을 갖고 있다. 즉, 마이크로 디스플레이의 독특한 특징은 픽셀 크기가 매우 작아 피치가 50 $\mu$ m에서 10 $\mu$ m에 이를 정도로, 이를 픽셀 밀도로 환산해보면 500에서 2,500라인/인치로 얻어진다. 참고로 일반적인 직시형 LCD 노트북 패널의 경우 픽셀의 피치가 280 $\mu$ m로 마이크로 디스플레이보다 10배정도 크다.

마이크로 디스플레이의 작은 픽셀들은 눈으로 구분하기가 어렵고, 따라서 영상을 확대시킬 수 있는 광학계를 필요로 한다. 영상을 확대시키는 데에는 투사형(projection image)과 가상형(virtual image)의 두 가지 방법이 있는데, 이를 그림 2에 간단히 나타내었다. 투사형 기기의 경우, 마이크로 디스플레이의 영상을 대형 스크린 상에 20인치에서 100인치에 이르기까지 확대할 수 있다. 여기에 사용되는 디스플레이 패널의 크기는 0.7~3인치정도로 패널이 클수록 상을 확대하기가 용이한 반면에 부피가 커지는 단점이 있다. 가상형 기기의 경우, 사용자가 광학 기기를 이용하여 확대된 상을 직접 보는 방식으로 디스플레이 패널의 크기가 광학계에 따라 3인치에서 20인치 정도의 영상이 표시된다. 이때 사용되는 패널의 크기는 보통 0.2~1.0인치 정도이다.

마이크로 디스플레이는 공통적으로 고해상도, 즉 높은 픽셀 밀도가 요구되지만, 분해능의 정도는 각각의 용도에 의존한다. 데이터 투사형의 경우에는 640×480(VGA)에서 1,600×1,200(UXGA)의 범위에 이르며, 가상형에 있어서



그림 1. Kopin사의 CyberDisplay 320C 마이크로 디스플레이의 모양

는 320×240(quarter-VGA)에서 800×600(SVGA)나 1,280×1,024(SXVGA)정도로 그 조건이 완화된다. 마이크로 디스플레이를 설계하는데 있어서는 대부분 투사형 기기와 가상형 기기로 명확하게 구분되며, 분해능이나 가격, 그리고 응용도도 이에 의하여 결정된다. 표 1에 마이크로 디스플레이의 두 가지 응용도에 따른 특징들을 비교하여 보았다. 아울러, 그림 3은 HMD(head mount display)로 적용되는 가상형 기기의 일례를 보인 것이다.

### 마이크로 디스플레이 기술

대부분의 마이크로 디스플레이는 투과 혹은 반사에 의해 동작하며, 별도의 광원을 필요로 하며 디스플레이 패널은 광을 조절하는 역할을 한다. 주로 액정을 이용하며 일부 마이크로 미러 등과 같은 MEMS 기술을 이용하는 경우도 있

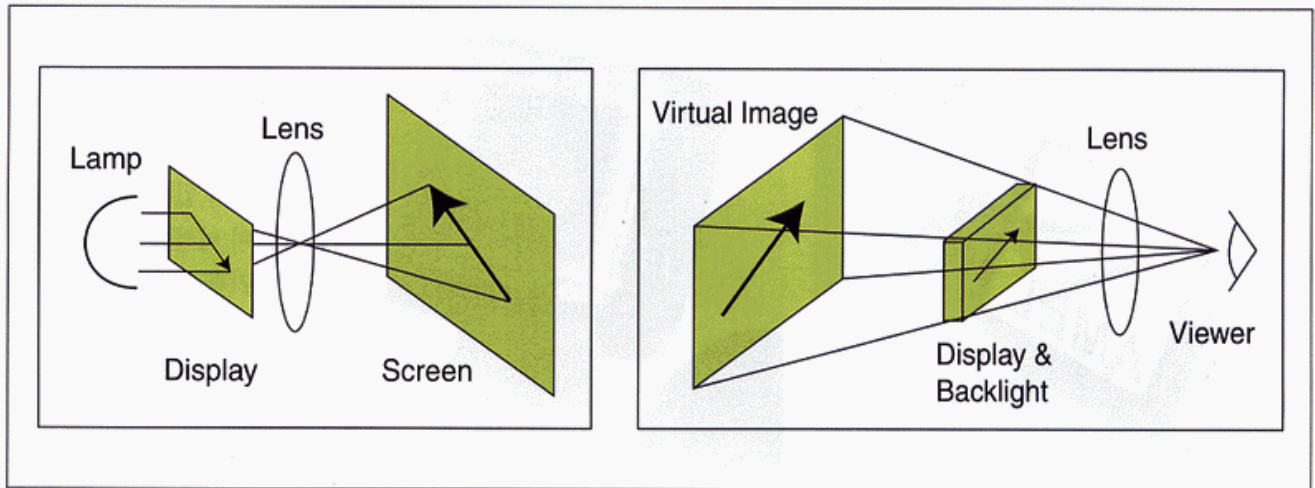


그림 2. 마이크로 디스플레이에 적용되는 투사형(a)과 가상형(b) 기기의 원리

다. 각각의 픽셀들은 단결정이나 다결정 혹은 비정질 실리콘 위에 형성되어 있는 트랜지스터에 의하여 제어되는데, 픽셀 밀도가 높아 트랜지스터를 제조하는 과정에서 일정 수준의 구동회로를 함께 집적화시키는 경우도 많다.

특히, 가상형의 경우에는 자체발광형 마이크로 디스플레이

패널을 적용하는 경우도 종종 있는데, 무기 혹은 유기 전계발광소자(ELD: electroluminescent display)나 전계방출소자(FED: field emission display)를 이용한다. 이러한 디스플레이들도 단위 픽셀들을 제어하기 위하여 능동형 소자들을 집적화시키는 경우가 많으며, 현재까지는 대면적 투사용으로 사용하기에는 밝기가 충분하지 못해 주로 가상형으로 응용되고 있다. 마이크로 디스플레이용으로 제작된 무기 및 유기 ELD의 일례를 그림 4에 나타내었다.

다결정 실리콘 능동형 액정 디스플레이의 경우(poly-Si AMLCD: poly-Si active matrix liquid crystal display)는 현재 투사형 디스플레이에 가장 널리 이용되고 있고, 단결정 CMOS(complementary metal-oxide semiconductor) 실리콘 AMLCD는 가상형 디스플레이에 주로 적용되고 있다. 단결정 실리콘을 이용할 경우 기존의 다결정 실리콘이나 비정질 실리콘(a-Si: amorphous Si)에 비해 몇 가지 장점들

표 1. 투사형과 가상형 마이크로 디스플레이의 특징 비교

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

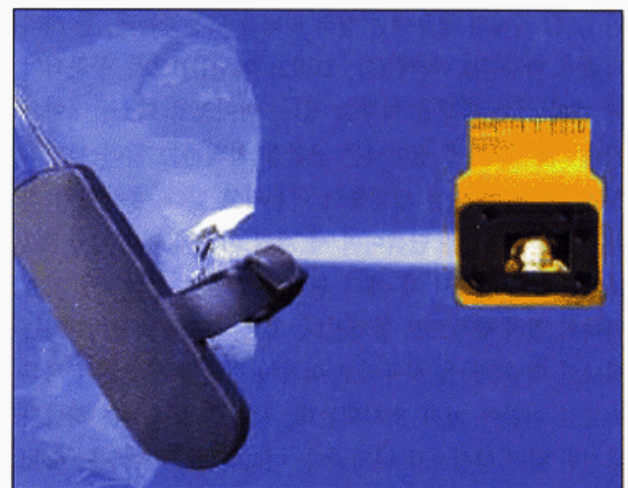


그림 3. HMD용 투사형 마이크로 디스플레이

을 취할 수 있다. 우선, 양질의 집적회로들, 예를 들어 클록, 메모리, 그리고 논리회로들을 패널 위에 함께 구성할 수 있



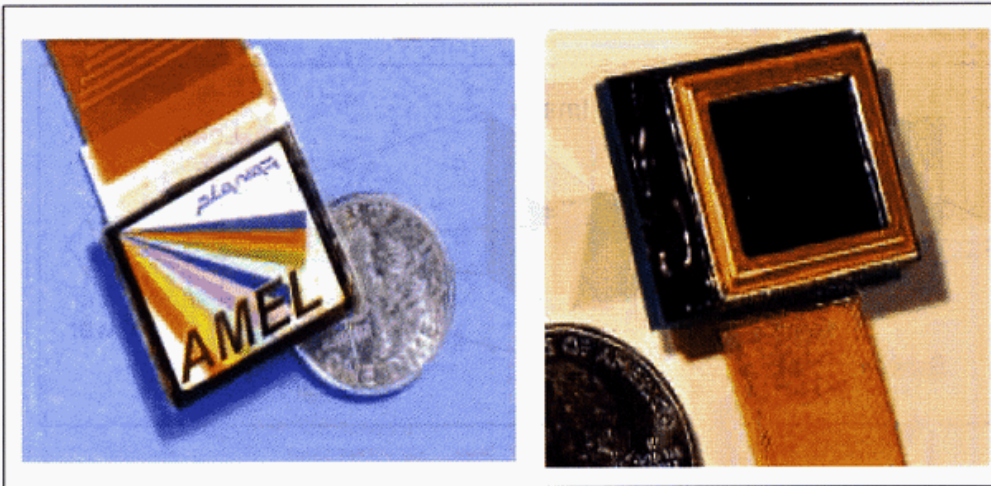


그림 4. 마이크로 디스플레이용 무기 및 유기 ELD의 일례

다. 따라서 기존의 장치 및 공정을 그대로 이용할 수 있다. 또한 이동도가 상대적으로 높아 양질의 픽셀 트랜지스터를 얻을 수 있으며 신뢰도와 가격 경쟁력도 배가할 수 있다. 그러나, 회로 및 매트릭스 등이 불투명한 실리콘 기판 위에 제조되므로 반사방식이 될 수밖에 없는데, Kopin사의 CyberDisplay의 경우 실리콘 기판 상의 단결정 회로들을 투명한 유리기판으로 전달하는 기술을 통하여 투과형으로 동작할 수 있다. 투과방식이 될 경우, 시각용 광학계로부터 후면 광원이 분리됨으로써 전체 광학 시스템이 간단해 질 수 있다.

컬러를 구현하는데 있어서 노트북 등에 사용되는 일반적인 LCD 패널의 경우에는 컬러 필터를 이용하는데, 한 개의 픽셀이 빨강(R), 녹색(G), 그리고 파랑(B)으로 구분되어 세 개의 서브 픽셀을 이루고 있다. 마이크로 디스플레이와 같이 작은 크기에 있어서는 공간을 차지하는 컬러 필터가 적합하지 않아 다른 방법들이 이용되고 있다. 투사형의 경우, 각각의 패널은 단색이며 세 개의 패널 상에 R, G, B가 조사되는 상태에서 세 개의 단색 영상들이 광학계에 의해 하나의 컬러 영상으로 합쳐진다. 혹은, 일부 투사형 기기는 하나의 패널(칩)을 사용하고 여기에 각각의 광원들이 빠른 속도로 번갈아 가며 조사되는데, 시각을 통해서는 하나의 완전한 컬러 영상으로 나타난다. 이러한 접근 방식은 "field sequential color(FSG)"로 알려져 있는데, 텍사스 인스트루먼트(TI)의 DLP(Digital Light Processor)를 이용한 프로젝터가 이 방식을 적용하고 있다.

가상형 기기의 경우 이러한 FSC 방식이 가장 적합하며,

따라서 컬러 필터를 사용한 패널보다 세 배 이상의 속도로 동작하여야 한다. 단결정 패널 위에 집적되어 있는 양질의 회로들이 이러한 속도를 제공하기란 그다지 어렵지 않다. 또한, 일부 마이크로 디스플레이들은 컬러를 만들기 위해 회절방식을 사용하는데, 컬러 분리 효율에서 개선이 필요하지만 필터로 인한 광의

손실이 없다는 장점이 있다.

마이크로 디스플레이 관련 회사들마다 각각의 독창적인 기술들을 적용하고 있으며, Kopin사의 경우 CMOS를 이용한 AMLCD 구조가 가상형 기기용으로서 가장 적합한 것으로 보고 있다. 즉, 가격과 생산성 면에서 우월할 뿐만 아니라 휴대용 전자 기기류(계산기, 시계, 포켓형 TV 등)와도 잘 부합되고 또한 저전력, 저중량, 저비용 등의 이점을 지닌 것으로 나타나 있다.

## 마이크로 디스플레이 시장

1999년도에 들어서면서 마이크로 디스플레이 업체들의 기술개발 및 시장확보를 위한 경쟁체제가 본격적으로 가동되고 있다. 투사형 기기의 주 응용분야는 프로젝터로 집중되고 있으며 가상형 기기의 경우에는 디지털 카메라, 스마트폰, 뷰 파인더, 그리고 HMD(head-mounted display) 등과 같은 소비제품들에 활용되고 있다.

이러한 경쟁체제에는 마이크로 디스플레이의 용도에 공용될 수 있는 다른 디스플레이들도 가세하고 있는데, 수동형의 ECB TN(electrically-controlled birefringence twisted-nematic)과 ECB STN(supertwisted nematic)-LCD가 기술적 하부 그룹에서, CRT 등이 기술적 상부 그룹에서 샌드위치형 경쟁 구도를 이루고 있다. 이러한 경쟁에서 마이크로 디스플레이가 우위를 점하기 위해서는 성능/가격에서의 우월성이 명확히 드러나야 하며, 가격면에서 패널 당 50달러

이하가 되어야 할 것으로 보인다. 최근 아시아 지역의 0.35~1.0 $\mu$ m 설계규칙을 따르는 반도체 시설을 이용하면 단기간 내에 저가의 패널을 공급받을 수 있다.

SRI(Stanford Resources, Inc)의 자료를 토대로 할 때, 투사형 기기와 가상형 기기 모두 시장 전망이 매우 밝으며, 특히 LCD 프로젝터 및 마이크로 디스플레이 시장은 그림 5와 그림 6에 보인 바와 같이 향후 6년 내에 1.5배 이상으로 성장할 것으로 예측된다.

## 마이크로 디스플레이 업체 동정

마이크로 디스플레이 관련 제품 및 시장경쟁이 치열해지고 있으며, 현재 30개 이상의 업체들이 참여하고 있다. 이들 중 주요 업체들을 살펴보면, CMD(Colorado MicroDisplay), 디스플레이 테크(Displaytech Inc.), 코핀, 마이크로디스플레이, 마이크로옵티컬(MicroOptical Corp.), 실리스카프(Siliscape), 그리고 쓰리-파이브 시스템(Three-Five Systems) 등이 있으며 표 2A, 표 2B, 표 2C에 보인 바와 같이 각자 고유의 기술을 가지고 응용분야를 개척하고 있다. 그림 7과 8은 각각 CMD와 마이크로옵티컬사에서 개발된 제품의 일례를 보인 것이다.

## 맺음말

“작은 것은 아름답다.” 마이크로 디스플레이는 기존의 평판 디스플레이의 일부 분야 대체는 물론, 새로운 개념의 응용도 창출이 확실한 기술이라고 볼 수 있다. 현재까지의 연구성과도 기술 및 경제성 면에서 충분한 경쟁력

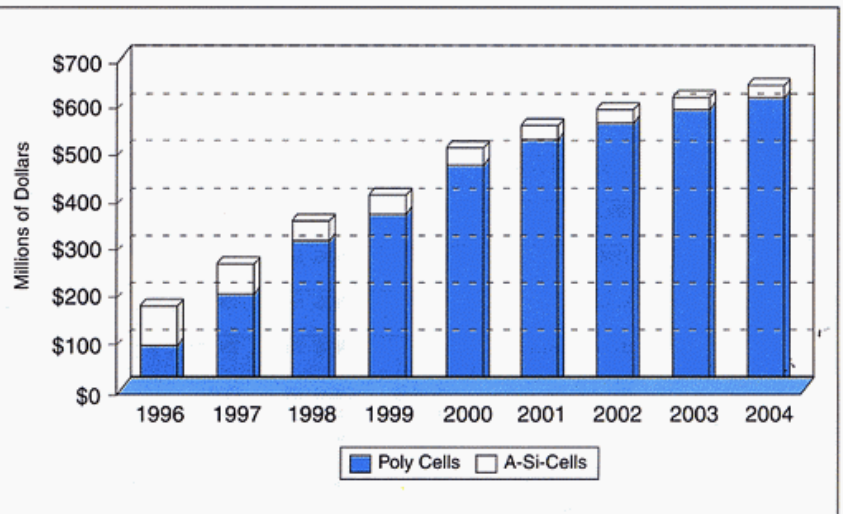


그림 5. LCD 프로젝터의 시장 전망 (SRI, 1998.3)

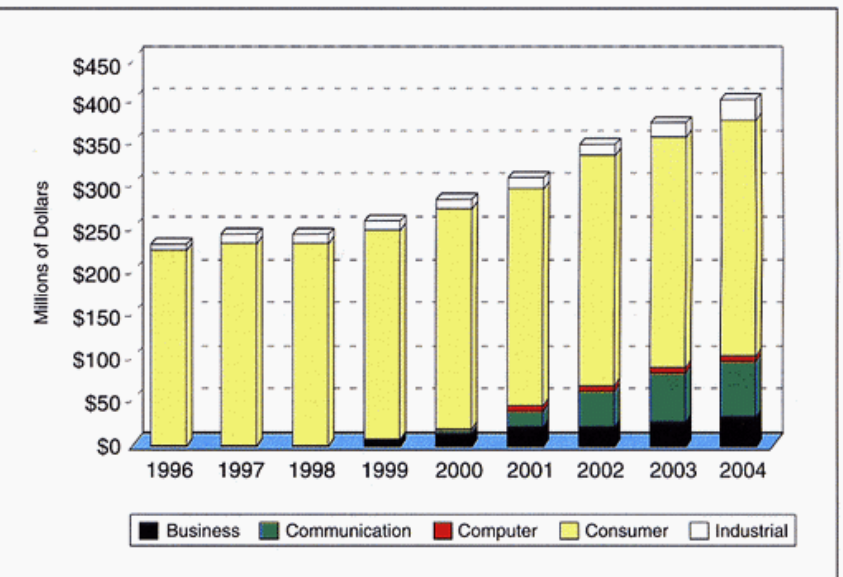


그림 6. 소형LCD 시장 전망(SRI, 1998.3)

표 2A. 다결정 실리콘 AM-LCD를 이용하는 마이크로 디스플레이 업체

회사	국가	제어부	액정 모듈	칼라 방식	응용도
Hitachi	일본	고온 다결정 실리콘	TN-투과형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Sanyo	일본	저온 다결정 실리콘	TN-투과형	회절	프로젝터 가상형 디스플레이
Sarif	미국	고온 다결정 실리콘	TN-투과형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Seiko-Epson	일본	고온 다결정 실리콘	TN-투과형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Sony	일본	고온 다결정 실리콘	TN-투과형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이



표 2B. CMOS형 AM-LCD를 이용하는 마이크로 디스플레이 업체

회사	국가	제어부	액정 모듈	칼라 방식	응용도
Colorado Microdisplay	미국	CMOS Si	NLC 반사형	3 패널 연속 (sequential)	프로젝터 가상형 디스플레이
Displaytech	미국	CMOS Si	FLC 반사형	3 패널 연속	프로젝터 가상형 디스플레이
GEC	영국	CMOS Si	FLC 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
IBM	미국	CMOS Si	TN 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Kopin	미국	CMOS Si	TN 투과형	단색, 칼라 연속	가상형 디스플레이
Microdisplay	미국	CMOS Si	TN 반사형	단색, 칼라 연속	프로젝터 가상형 디스플레이
Micropix	스코틀랜드	CMOS Si	FLC 다결정 Si TN	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Mitsubishi	일본	CMOS Si	TN 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
National Semiconductor	미국	CMOS Si	PDLC 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Pioneer	일본	CMOS Si	TN 반사형	단색 3 패널	프로젝터
Raychem	미국	CMOS Si	PDLC 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Siliscap	미국	CMOS Si	TN 반사형	칼라 연속	가상형 디스플레이
Spatialight/HDTV	미국	CMOS Si	TN 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
S-Vision	미국	CMOS Si	TN 반사형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Thomson/Sarnoff	미국	비정질 Si	TN 투과형	3 패널	프로젝터 가상형 디스플레이
Three-Five Systems	미국	CMOS Si	TN 반사형	칼라	프로젝터 가상형 디스플레이
Varitronix	미국	CMOS Si	TN 반사형	칼라 연속	프로젝터 가상형 디스플레이

표 2C. 기타 기술을 이용하는 마이크로 디스플레이 업체

회사	국가	제어부 매트릭스	광변조/생성	칼라 방식	응용도
Daewoo	한국	PLZT (세라믹)	Actuated mirror	Color wheel 3 패널	프로젝터
Display Research Labs	미국	CMOS	Vacuum fluorescent phosphor	단색	가상형 디스플레이
FED Corp.	미국	CMOS Si	Organic LED	3 형광체	가상형 디스플레이
Ise	미국	CMOS	Vacuum fluorescent phosphor	단색	가상형 디스플레이
Microvision	미국	CMOS Si	MEMS	3 레이저	가상형 디스플레이
Micron Display Technology	미국	Si	Field emission	단색 3 형광체	가상형 디스플레이
Motorola	미국	CMOS Si	GaAs LED matrix	단색	가상형 디스플레이
Planar	미국	CMOS	Thin-film EL	단색 LC 셔터	가상형 디스플레이
Reflection Technology	미국	Mechanical scanner	GaAs LED array	단색 3 패널	가상형 디스플레이
Silicon Light Machine	미국	CMOS	Diffraction MEMS	Inherent color	프로젝터 가상형 디스플레이
Texas Instruments	미국	CMOS	Micro-mirror	Color wheel 3 패널	프로젝터

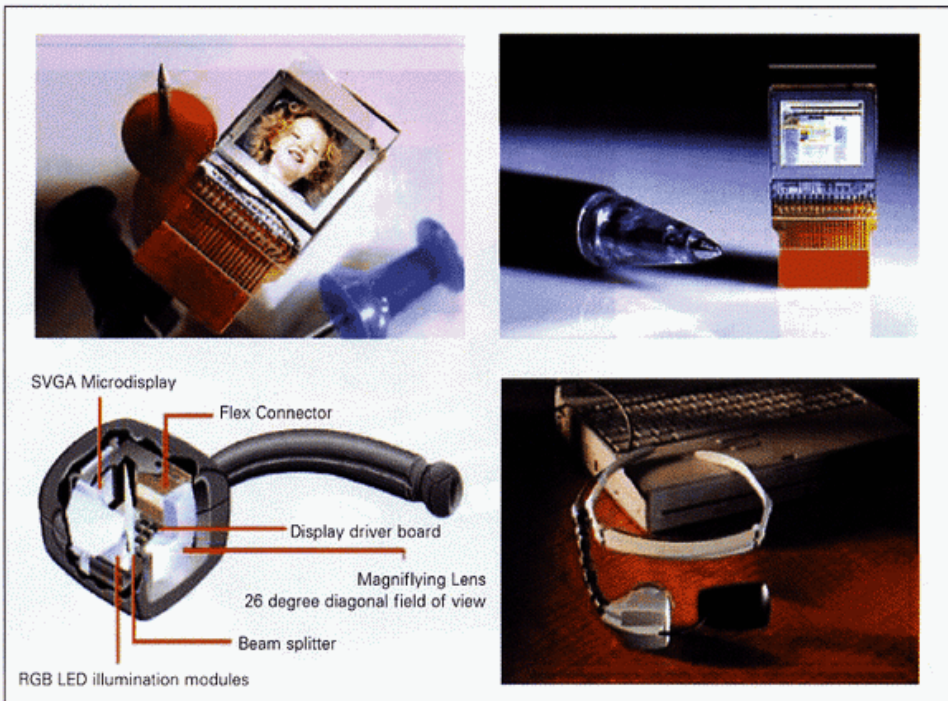


그림 7. CMD의 마이크로 디스플레이 및 응용 제품의 일례


을 지니고 있음을 암시하고 있다. 또한, 확립되어 있는 반도체 공정의 활용이라는 장점은 연구개발에 의욕을 더욱 활성화시키고 있다. 반면에 현재 확보된 응용도의 경우(주로 투사형), 기존의 견고한 기술들과 정면 승부를 피할 수 없으며, 이때 성능/가격비의 향상이 필수 불가결하다. 새로운 응용도의 경우(주로 개인용 표시기), 마이크로 디스플레이만의 고유한 장점들을 가지고 제품으로 연결시킬 수 있어 경쟁 체제는 거의 없을 것으로 판단되며 오히려 수요 창출이 더욱 중요한 요소가 될 것이다. 



그림 8. MicroOptical Corp.의 안경 부착형 디스플레이 제품의 일례

#### 참고문헌

- (1) H. L. Ong et al., "Small displays have a big future," Information Display, pp.18-22 (1998.12)
- (2) <http://www.allproducts.com/ee/unipac/up25d01.html>
- (3) <http://www.comicro.com/>
- (4) <http://www.xtremecomputing.com/xcom/inhmdres.html>
- (5) <http://www.microopticalcorp.com/pubs.htm>
- (6) <http://www.mvis.com/>
- (7) <http://www.hitl.washington.edu/projects/vrd/project.html>
- (8) <http://www.mvis.com/html/press.html>
- (9) <http://www.displaytech.com/>
- (10) <http://www.semiconductor.net/semiconductor/archive/Sep98/docs/feature3.html>
- (11) <http://www.planar.com/tech/amelcolor.htm>
- (12) <http://www.kopin.com/html/cyberdisplay.html#General-Info>
- (13) [http://www.kopin.com/html/industry\\_links.html](http://www.kopin.com/html/industry_links.html)
- (14) <http://www.mrc.uidaho.edu/cgi-bin/w3-mysql/vlsi/producers.html>
- (15) <http://www.fedcorporation.com/>