

# Display 기술 Roadmap과 신기술 동향

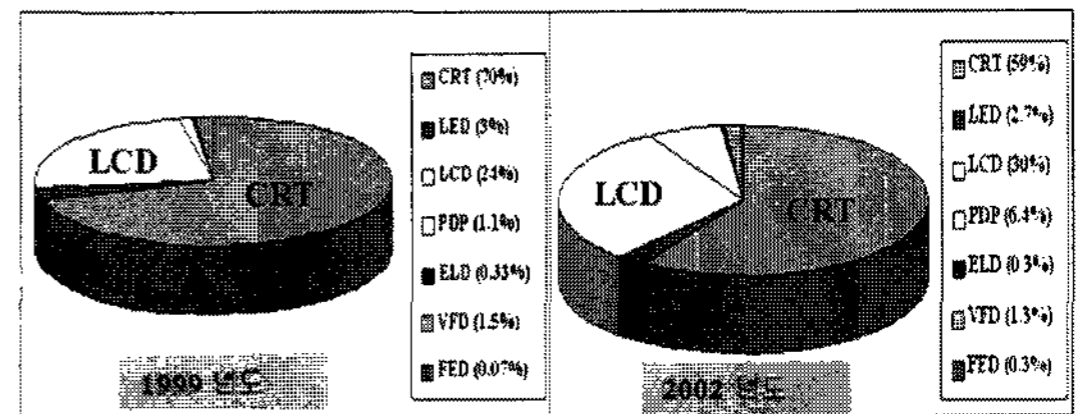
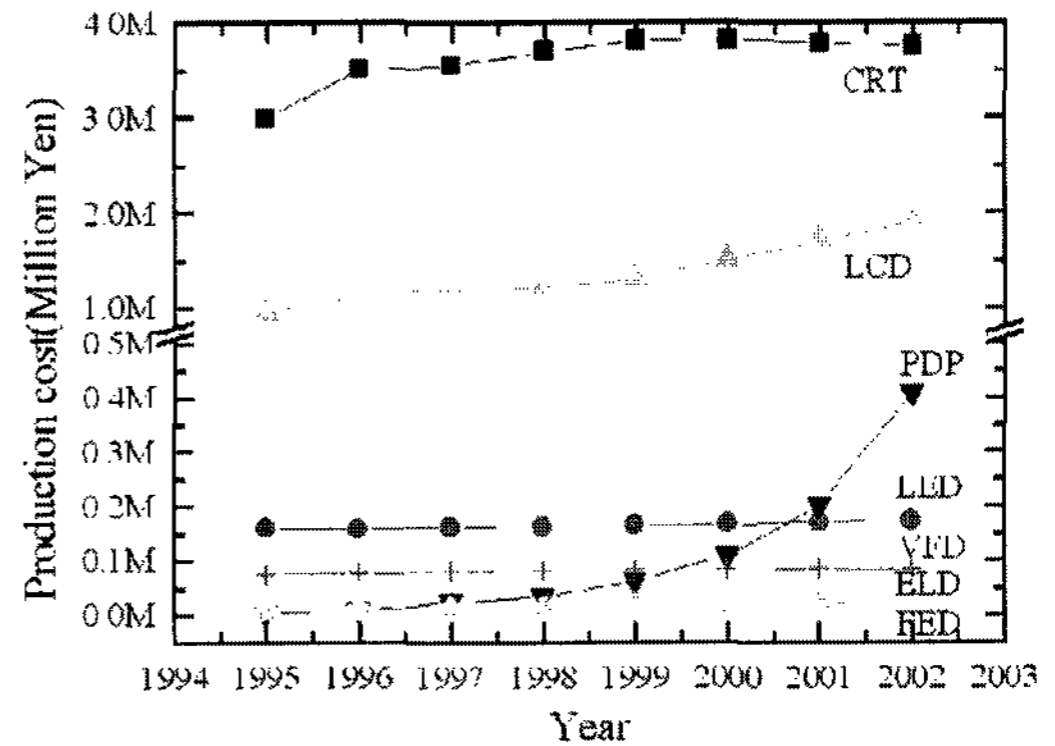
이준신

성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

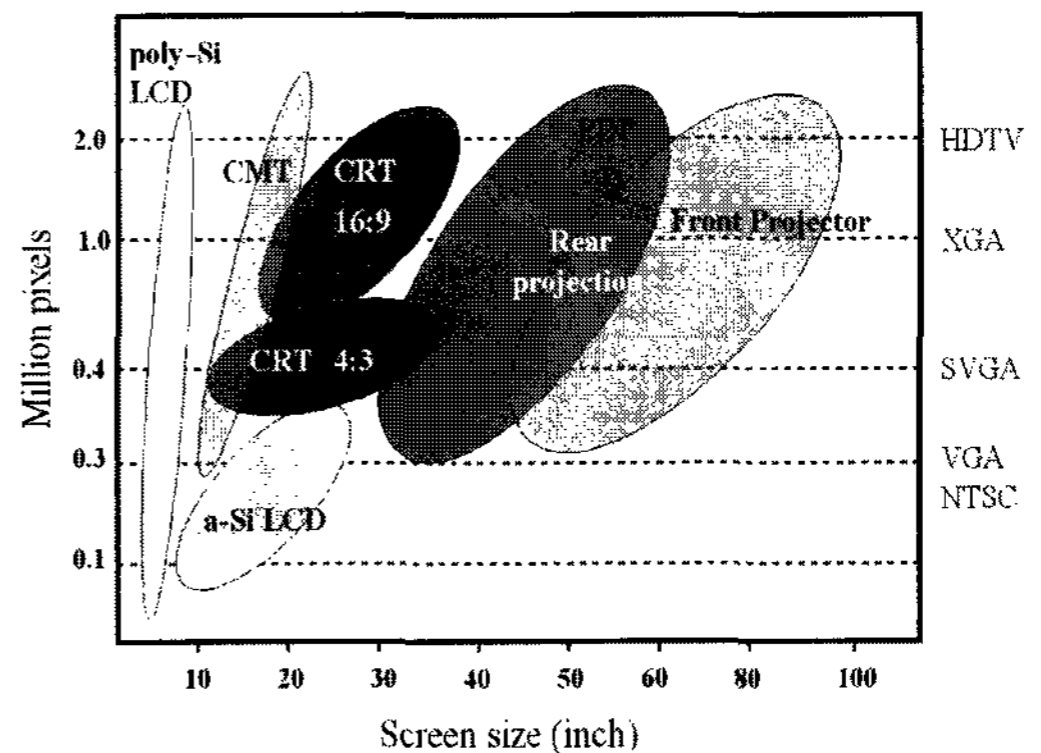
## I. 서론

전자디스플레이는 1999년 현재 400억 달러를 상회하는 시장을 형성하고 있으며, 디스플레이 전체 시장에서 71.3%의 시장 점유율을 나타내고 있는 CRT(cathode-ray tube)와 평판디스플레이(flat panel display, FPD)로 분류할 수 있다. CRT는 향후 2~3년간 완만한 성장세를 지속한 후 2002년을 기점으로 하여 시장점유율이 59% 이하로 하락할 것으로 전망된다. 평판디스플레이 시장은 LCD(liquid crystal display)가 놀라운 기술적 발전을 토대로 전체 평판디스플레이 시장의 80% 이상을 차지하고 있으며, PDP(plasma display panel)는 대화면화의 용이함과 CRT 수준의 화질을 내세우면서 급속한 성장세를 나타내고 있다. 이밖에, 응답속도가 빠르고 내충격성과 내구성이 뛰어난 EL(electroluminescence), 고속응답성과 장수명이 특징인 FED(field emission display), 3차원 입체영상인 3D 등이 차세대 평판디스플레이로 주목받고 있다. 아래의 그림 1은 FPD의 연도별 생산 증가를 예측하여 본 것이다.

거대한 시장을 형성하고 있는 디스플레이 관련 기반기술 확보를 위해 국내에서는 산학 공동 프로젝트를 추진하여 미래시장을 대비하고 있다. 차세대 수요가 예상되는 LCD PDP 모듈을 중심으로 1995년부터 2001년까지 정부가 850억원, 민간이 972억원을 투자하여 핵심기술 보유로 미래시장 확보를 위해 노력하고 있다. 그림 2에 디



<그림 1> 연도별 디스플레이 산업 생산량과 발전추이 (근원: IDC '98).



<그림 2> 디스플레이 면적과 화소수에 따른 디스플레이 장치 (근원: Display Devices '99).

스플레이 면적과 화소수에 따른 디스플레이장치를 구분하여 도시하였다. 본지에서는 다양한 평판디스플레이 장치의 기술동향과 나아가야 할 방향을 모색하고자 한다.

## II. LCD, PDP, OELD, FED를 중심으로 한 평판 디스플레이

다가오는 새천년은 고도의 정보화사회가 될 것이며 정보를 표시하기 위한 표시장치 기술과 시장도 변화할 것이다. 정보전달은 문자, 음성, 동화상을 동시에 주고받을 수 있는 시스템이 주류를 이룰 것이다. 이런 상황에 요구되는 제품의 기본적인 성능은 인간과 환경중심, 고도화, 고기능화의 특성을 가지고 있어야 한다. FPD 산업은 현재 시장형성 초기단계에 있는 성장 잠재력이 큰 산업으로서 반도체 산업을 이어갈 차세대 핵심산업의 하나로 여겨진다. 표 1에 현재로서 유력한 차세대 FPD 장치에 대한 장·단점, 크기, 적용분야를 요약하였다. 아직까지는 TFT-LCD가 주류를 이루는 FPD 산업은 97년도 11억 달러, 98년도 16억 달러에 달했던 수출이 99년에는 수요 물량의 급속한 확대에 힘입어 약 40억 달러를 달성할 전망이다. 특히, 최근 삼성전자와 LG-Philips LCD가 대형 TFT-LCD 시장에서 나

란히 세계 1, 2위를 차지하여 한국의 TFT-LCD 시장점유율은 지난해 30%에서 38%로 오를 것이다. 먼저 중요한 FPD 장치를 각각의 분야별로 정리하였다.

### 1. LCD(liquid crystal display)

「액정패널은 아직 본래 사용할 수 있는 어플리케이션의 20% 밖에 사용되지 않고 있다.」 액정패널 최대 기업인 샤프의 액정개발 본부장의 말처럼 아직 80%의 기기가 미개척상태이다. 패널 메이커는 향후 10년 동안 액정패널을 사용한 응용제품으로 새로운 세계를 실현하여, 남은 80%의 잠재수요를 환기시켜 나갈 것이다. 표 2에 단순히 지금까지 보고된 제품과 향후 시장확대가 가능한 품목을 열거하였다. 액정 응용제품은 다양한 분야에 세분화되어 computer 용도부터 통신기기, 민생기기, 네비게이션 기기 등 광범위하다. 다양한 제품 중에서 평균 이상으로 신장한 제품이 desktop PC, PDA(personal digital assistant), digital camera, 액정 TV, projector 등이다. 한편 평균 이하로 신장한 제품은 note PC, 액정 monitor 부가 camera 일체형 VTR, 네비게이션 기기이다. 또한, 새로운 사용방법이나 새로운 라이프 스타일을 제안할 수 있는 제품을 개발하여 액정시장을 확대시켜 나갈 수 있을 것이다. 예를 들면 냉장고 안에 있는 물

〈표 1〉 FPD 종류별 장단점과 적용분야(참고문헌 6).

종류	장점	단점	크기	개발단계	적용분야
LCD	경량, 박형화 고해상도, 저소비전력	가격 대형화 문제	≤ 40"	양산, 연구	노트북 PC 모니터
PDP	대면적	효율, 가격	40"~70"	양산준비, 연구	벽걸이 TV
OELD	저소비전력 저가, 경량, 박형화	Full color화 대형화	≤ 20"	연구	소형 휴대제품
FED	고화질, 신뢰성 저가격화	형광체, 구동전압, 대형화문제	≤ 20"	양산준비 연구	모니터, 휴대제품 군사용
3D	고도입체감/실감3D	가격, 대형화	5~20"	양산준비 연구	의료, 교육, 게임 가상현실에 3D 표시

건을 표시하거나, 냉장고 내에 있는 재료들로 만들 수 있는 요리 제시가 가능하다. 표 2에서 열거된 품목은 향후 10년에 대한 새로운 LCD의 전반을 나타내며 대면적화, 초저소비 전력화에 초점이 맞추어져 있다. 1999년에는 대형 액정 TV를 상품화하고 대형 액정 Panel의 새로운 응용분야를 개척하였다. TFT-LCD TV는 영상이 깨끗하여 CRT에 비해서도 손색없는 화질을 실현하였다. TV에서도 20"~30"급을 경계로한 TFT-LCD TV와 PDP TV가 구분이 없어질 것이므로 PDP는 40"급 이상에서 경쟁력 확보에 노력해야 할 것이다.

1990년 이후 TFT-LCD에 대한 연구는 광시야각, 저소비 전력, 대면적화, 고화질화, 고정세화, 박형화, 경량화, 고개구율, 저가격화 등에 중점을 두고 진행되고 있다. LCD의 가장 큰 문제로 지적되고 있는 좁은 시야각에 대한 해결 방안으로 필름보상, IPS(in-plane switching mode), OCB(optically compensated band),

자외선 배향, 수직배향(VA)과 같은 방법들이 제안되어 연구되고 있다. 저소비전력을 위해서 저전압 구동회로 기술개발, 저주파 구동회로 기술, 고효율 DC/DC Converter, 저전류형(2.5mA → 1.5mA) 고휘도 광원, 고효율 발광/집광/산란화 기술 등이 개발되고 있다. 이밖에도 절연막형성, 단차특성개선, 고투과율 ITO 형성, 고휘도 균일 대화면, color filter contrast, 저 반사화, 저점성 액정개발, 다계조 구동 driver 기술, 색재현성 향상, controller, driver, 금속복합 shield frame, Al-alloy 배선기술, 초 slim TCP 부품(폭/pitch) 및 실장, 박형도광체 기술, 초세관 CCFT, 고강성/고도전성/고내열성 수지 Frame, 저 cross talk 화소 설계기술 개발, cell gap 제어, digital PLL(phase locked loop) 기술, 측정기술 그리고 공정장비 개발 등의 다양한 핵심기술 확보를 위한 노력이 진행되고 있다. 표 3에 향후 TFT-LCD의 기술변화도를 연도별로 정리하였다. 화면 면적이 2001년을

<표 2> TFT-LCD 응용제품과 미래시장 전망(참고문헌: 1-7).

품목	요구 기술 사항	현재 응용분야	제조 회사	전 망
모니터	대면적 광시야각, 고해상도 고휘도, 멀티스켄 디지털 인터페이스 표준화 이미지 스케일링	고해상도 모니터	SEC, LG, NEC, Sharp, DTI, Samsung, ADI	2007년에는 모니터 시장의 50%가 LCD로 대체될 전망
노트북 컴퓨터	저소비전력, 박형화, 경량화, 내구성, 고해상도 고휘도, 부품 단순화	노트북 PC	SEC, LG, NEC, Sharp, ADI, Hyundai, DTI, Samsung	LCD 고유의 시장, 노트북 확산으로 지속 성장, 장기적으로 플라스틱 기판 TFT-LCD로 성장
40" 디지털 TV	고해상도(HDTV) 대면적, 광시야각, 고속응답, 고휘도	벽걸이 TV, 디지털 TV	Sharp Samsung	벽걸이형 대화면, HDTV 2010년경 시장 급성장
System on Display	고이동도TFT, CMOS회로 System on glass	노트북 PC, CNS, 프로젝터 PDA, IMT, TV	Sharp, Toshiba	2007년 이후에 시장 급성장
Poly-Si LCD	저온 결정화, 공정 단순화, 디지털 구동회로	프로젝터, 디지털 카메라	Sony, Pioneer, Hitachi, Sanyo	점차로 대형 LCD에도 응용됨
기타제품	게임기, 디지털 카메라, 네비게이션기기, 공중전화, Car PC, 전자북, 그림표, 옥외광고, 비주얼폰, 휴대단말기, 신기능 책상, 광고, 신기능 컴퓨터, 측정기기, 의료기기, projector			

기준으로 대면적화되면서 관련 기술들 또한 변화할 것으로 사료된다. 국내 업계는 예측되는 시장 변화에 대비하여 기술개발을 달성하여야만 현재의 호황을 유지할 수 있을 것이다. 새로운 개념 도입으로 시장창출을 하는 연구와 적극성이 요구된다.

2. PDP(plasma display panel)

PDP는 기술적으로 CRT를 능가하는 디스플레이로서 가능성을 입증하였다. PDP는 서론에서부터 보았듯이 주요한 응용분야는 40"급 이상의 대면적 디스플레이 적용에 경쟁력이 있으며 HDTV가 본격적으로 시작되는 2001년 이후부터 시장을 성장할 것으로 생각되며 이때까지는 경쟁력 확보를 위한 40"급에서부터 70"급까지 요소기술 확보가 중요하다. 일본의 마쓰시다는

비 대칭셀 구조로 예상보다 상당히 빠른 시기에 550cd/m<sup>2</sup>의 휘도를 달성하였으며, 후지쯔는 ALiS(alternate lightning surface)방식으로 발광효율을 대폭 향상시키는 등 기술개발의 속도는 빠른 편이다. 반면, 저가격화에 있어서는 당초 예상보다 속도가 둔화되고 있어 PDP시장 수요의 걸림돌로 작용하고 있다. 1999년 현재 PDP시장은 아직 CRT등 경쟁 디스플레이와의 가격 차이로 인해 예상보다 시장이 늦게 진행되고 있다. NEC의 PDP 수요전망은 PDP시장이 2000년 이후에 본격 형성될 것으로 보고, 1999년 3월 가고시마 공장에 1만Capa의 생산능력을 확보하고 연내 2만 이상의 증설을 고려하고 있다. NRI에서는 2000년 7십5만대에서 2005년 5백만대의 수요증가를 예상하고 있다. 과연 어느 시점에서

<표 3> 연도별 TFT-LCD의 핵심기술 변화 예상표(근원 : Display Devices '99).

	년도	1999	2000	2001	2002	2003
화면면적	패널크기	소/중 (AV, PDA, PC)		대 (Monitor)		대 (PC)
유리면적	유리원판	300×400, 400×500, 600×720			650×830, 750×950	
드라이버	구동회로	Analog		Digital/Analog		Digital
소자	TFT 구조	Bottom- and Top-gate				Top-gate
	NMOS이동도 (cm <sup>2</sup> /V·S)	≤100				≤200
	설계규칙(μm)	≤5		≤3		≤1
	Gate 금속	Cr, Al				Cu, Al
	드레인 연결	Al				Cu
공정	에칭	Wet/Dry				Wet/Dry
	a-Si Deposition	PECVD				LPCVD, Sputter
	활성화	ELA, RTA, Furnace (Low Temp.)				
장비	리소그래피 (Stitching Distortion)	0.3μm	0.3μm+HyperShot			고정밀 One Shot
	ELA 빔길이/출력	200mm/670mJ	275mm/1J			300mm/≥1J
	이온 도핑	이온사워			직진빔, 이온주입	

〈표 4〉 PDP의 연도별 기술 개발 추이(근원 : Flat panel display 1999, Nikkei Microdevices).

1990년	1995년	2000년	2005년	2010년
20인치급 full 칼라 PDP의 양산기술을 확립	40인치급 full 칼라 PDP의 양산기술 확립	PDP의 저코스트화와 고성능화를 실현 가정용 TV 시장 형성		
float 법 glass, ITO의 전극 Ag, Au, Al 등의 data 전극 glass flit, MgO 박막보호층 산화물계 형광체 재료  스크린 인쇄, 스퍼터법 조립/봉착, 배기/가스봉입	코팅기술, 포토리소 노광 마스크 개선  clean anneal furnace 장치 대형화	고성능과 저코스트화 glass 기관 직접 형성할 수 있는 전극재료 저온 Anneal할 수 있는 유전체재료 MgO 막에 대체하는 보호층재료 형광체 Dry Film과 감광성 바인더 경량, 고효율 filter 이온 plating, 배기관 없음, cluster 제조장비 경량, 고효율 filter, green sheet		

본격 시장형성이 시작될 것인가는 PDP가격의 다운속도와 digital 방송 등 외부 환경에 따라 달라질 전망이다. 저가격화에 대해 밝은 모습을 보여주는 것은 장비, 재료업체 등 주변 인프라의 구축이 확대되고 있다. TV시장은 2001년까지는 현 PDP구조를 채택하고 공정개발을 통한 저가격화를 집중 추진하여 2001년에는 40" TV 기준으로 40만엔 대의 가격으로 시장에 출하될 것이며, 이에 따라 PDP 시장은 약 1조엔 규모의 시장이 형성될 것으로 예측된다. 현재 PDP가격은 인치당 대략 2~3만엔 수준이나, 본격적인 양산이 시작되는 2001~2002년경에는 인치당 1만엔 수준으로 떨어질 것으로 전망이다. PDP 디스플레이

레이 시장형성을 위한 기술적인 요소들을 연도별로 표 4에 나타내었다. 저가격화는 기존의 공정수를 줄이고 단위 공정에 소요되는 시간을 짧게 하고, 재료의 소모가 적은 새로운 공정개발과 더불어 수율이 높은 양산 체제를 구축함으로써 이루어질 수 있으리라 기대된다.

표 5에 PDP 분야에서 현재 연구가 진행되고 있는 항목을 열거하였다. PDP가 해결해야 할 기술적인 과제로는 우선 저효율 문제를 꼽을 수 있다. 현재 PDP 광 효율은 최대 1.5lm/W 정도 얻어지고 있으나 이러한 효율로 42" 패널의 경우 400cd/m<sup>2</sup> 정도의 휘도를 얻기 위해서는 패널 소비전력이 400W 정도가 되며, 패널의 크기가 50~

〈표 5〉 고성능 초저가 보급형 PDP(참고문헌 6).

기술 분류	요구 기술 사항	적용 기술
멀티미디어 디스플레이용 초저가, 고성능 PDP 모듈 개발	고성능 기술	고휘도/고효율/고해상도 기술
	저가 생산 기술	부품재료 신공정 기술
저가 생산을 위한 부품 재료 및 장비 기술	재료 개발	고성능 형광체, paste, COG 기술
	회로 부품 개발	ASIC 및 power system 개발
고효율 신방전 mode 신구조 PDP	신방전 mode PDP	방전 평가기술, 신방전 구동기술
	고효율 신구조 PDP	방전 평가기술, 신구조 구동기술
저전압, 초고속 구동 PDP 개발	저전압 구동 PDP	방전가스, 신보호막, 구동기술
	초고속 구동 PDP	addressing 기술, 구동회로

60" 커지게 될 경우 패널 소비전력이 600W가 넘게 되어 일반 가정용으로 쓰기에는 소비전력이 너무 높다. 저효율 문제는 또한 PDP의 고휘도화를 어렵게 만드는 직접적인 원인이기도 하여 빠른 시일 내에 현 수준의 2배인 3lm/W, 궁극적으로는 5lm/W 정도로까지 개선시킬 필요가 있다. 저효율 원인중에서 가장 큰 이유는 PDP 셀 내에서 형성되는 플라즈마의 생성 및 VUV 생성 효율이 낮기 때문이고, 따라서 새로운 셀구조와 구동기술의 고안에 의해 광변환 효율을 올릴 수 있는 획기적인 기술개발과 더불어 고효율 형광체 개발과 같은 재료의 개발이 필요하다. 동영상 표시에 생기는 false contour와 같은 화질문제는 최근에 그 원인에 대한 이해가 얻어져 곧 해결될 수 있으리라 기대된다.

### 3. OELD(organic electroluminescent display)

OEL은 1960년대에 연구가 시작되어, 1987년 미국의 이스트맨 코닥사가 OEL의 고휘도화에 관한 논문을 발표한 이후 디스플레이로서 본격적으로 검토되기 시작했다. 이어 1993년 일본에서 RGB 3색을 동시에 반사시켜 자연광에 가까운 백색광을 나타내는데 성공함으로써 OEL은 놀라운 진보를 이룩했다. 고휘도, 저소비전력, 소자의 장수명화가 실현되어 OEL은 액정을 대신하는 차세대 평판디스플레이로서 크게 기대받고 있다.

OEL은 휴대전화와 카스테레오 등의 도트 매트릭스 디스플레이 적용에 유리하여 머지 않아 이 분야는 OEL로 전부 대체될 전망이다. 또한, PC 나 TV에서의 고정세 동화상 표시도 OEL이 LCD 보다 뛰어난 것으로 평가받고 있다. 현재 기판에 유리 뿐만 아니라 폴리머 필름(플라스틱)을 사용하는 연구가 미국 듀폰사에서 진행되고 있다. 현재의 유리기판에서도 OEL은 2mm 정도의 두께를 실현하고 있는데 플라스틱을 사용하면 필름상태의 초박형 디스플레이가 용이하다. 전력 소모가 적고, 크기 및 무게 측면에서 휴대가 용이하며 대형화면화가 가능한 OELD는 강력한 차세대 평판표시기로 예상된다. 강한 형광을 발광하는 전계발광 현상을 이용한 전계발광소자도 이들 중의 하나로 ZnS, Mn 등의 무기 형광체를 발광 중심으로 사용하는 무기 전계발광 소자와 유기물 또는 유기물을 고분자 매트릭스에 분산시켜 제작하는 유기 전계발광 소자가 있다. 무기 전계발광 소자는 수십 볼트의 높은 전기장에서만 작동 가능하며, 또한 다양한 색상을 얻기 어렵기 때문에 차후 천연색 표시에는 부적합하다. 반면 유기전계발광 소자는 청색에서 자색까지의 거의 모든 색이 발광하며 발광휘도 면에서도 다른 소자와 비교해 손색이 없을 정도이다. 저전압, 저전력, 시야각 문제 등을 해결할 수 있는 소자로 EL은 아주 적합하다. 년도별 OELD의 기술추세를 표 6에 나타내었다.

〈표 6〉 년도별 OELD의 roadmap(근원 : FPD Expo Korea 99 Conf., Tech. Seminar).

항목 \ 년도	1999	2000	2001	2002	2003	2004
재료	총천연색 재료개발					
	3층소자 - 50lm/W					
소자	잉크젯 프린팅 기술					
Panel	다색 수동 매트릭스		대량생산		총천연색 능동 매트릭스 (AMOELD)	
	저온 poly-Si 개발					
시장	automobile/mobile phone			오디오-영상장치		광원

고성능 표시기의 실현을 위한 유기 전계발광 소자의 개발을 위해서는 다음의 몇 가지의 문제가 해결되어야 한다.

첫째 낮은 작동전압에서 충분한 캐리어를 전극에 주입시켜야 한다. 둘째 높은 형광 효율을 가지는 유기물의 적절한 선택이 필요하다. 셋째 전극과 접합이 쉬운 박막층의 제작이 용이해야 한다. 넷째 동작 중의 소자의 안정성과 견고성이 보장되어야 한다.

표 7에 대면적 OELD에서 확립되어야 할 요소 기술과 기술확립 방안을 정리하였다.

#### 4. FED(field emission display)

FED의 특징은 고속 응답성이다. 액정의 경우는 TFT에서 40~70mm/초인데 반해 FED는 마이크로초 대에서 고속 스위칭이 가능하므로 멀티미디어에 있어서 동화상 대응에는 강점을 발휘한다. 또한, 자발광이므로 TV와 동등한 수준을 기대할 수 있고 화면의 일그러짐도 없다. 백라이트가 불필요하므로 액정보다 디스플레이의 두께를 얇게 할 수 있다. 시야각의 문제가 없어 180° 어느 각도에서 보아도 시인성이 뛰어나다. 내환경성도 액정과 비교가 되지 않을 정도로 강점을 갖는다. 액정의 경우 0°C 근처로 온도가 내려

〈표 7〉 대면적 OEL 디스플레이 장치를 위한 요소기술 (참고문헌 6).

요소 기술	요 구 사 항	적 용 기 술
고수율, 고균일 대면적 유기박막 증착기술	대면적 박막 제조	대형 고진공 기술, 대면적 진공 증착 기술)
	고균일, 고수율 박막증착	증착 속도제어, 고수율 패널, 균일도 평가 기술
폴칼라화 및 고정세화 기술	Device 고정세화	photo-lithography, laser-imaging, 고분자
	폴 칼라화	유기물 전사 방법, 고분자 full color화
유기 EL/TFT 복합공정기술	박막 적층 공정기술	유기 박막형성 공정, 무기/금속 박막 형성 공정)
	유기EL/TFT 복합	TFT 적용 R/G/B 화소형성, 유기/무기 계면
	대면적 유기EL 소자	양산화 실장기술, 박막 균일도 확보
유기 EL/TFT 구동회로 기술	패널 설계 기술	TFT-E 소자의 모델링, EL소자의 계면, 열화)
	구동 기술	TFT 보상회로 설계, 정전류 source용 회로 기술
유기 EL 장수명화를 위한 Encapsulation 기술 개발	유기물 접착	수분, 산소 투과도 최소화, 접착강도 신뢰성 확보)
	무기물 접착제	저온 접착성, 접착 신뢰성
	무기물 접착 공정	장비 설계 및 제작, 양산성
	박막코팅	재료 및 성막법, 성막 장치 제작
유기EL 다챔버 진공 박막 증착기 개발	SXGA급 폴칼라 유기EL 패널제작 양산 및 평가	고정세 마스크 제작 장비, 고정세 RGB 미세패턴 독립 증착장비 기술
유기 단분자 발광 재료 및 평가기술	고휘도 발광 단분자 재료	RGB 발광 및 전하 수송재료 합성 및 설계기술 발광재료 scale-up 및 고순도화 및 소자 평가
유기 고분자 발광 재료	고휘도 발광 고분자재료	RGB 발광재료 합성 및 평가기술
단위소자 최적화 기술	발광 화소 구조, 최적화	고휘도화를 위한 도핑기술, 다층 구조 고효율화
	소자수명 및 내구성 향상	소자수명 및 내구성 향상 기술

가면 급격히 응답이 나빠지고 표시 품질이 저하된다. 이에 따라 액정은 히터를 내장, 표시품질의 저하를 막고 있는데 그만큼 중량이 무거워지고 비용이 상승한다. 스위치온 상태에서의 즉각적인 표시대응이 불가능하다는 결점도 있다. 이에 반해 FED는  $-40^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ 까지 전혀 문제가 없고 전체 점등상태에서의 수명도 1만 시간 이상이다. 소비전력도 소정의 문자패턴 만을 떠올리게 하는 점등시스템이므로 액정에 비하여 압도적으로 적다. PixTech와 Futaba가 저전압 단색 디스플레이의 엔지니어링 패널을 공급 중에 있으며, 특히 PixTech는 1999년 2월에 개최된 Display Works Conference에서 15" 패널을 전시했다. 모토로라사도 약 3억 달러의 예산을 투입하여 5.6"의 패널 양산을 추진 중에 있다. 일본에서는 雙葉전자공업이 시작품으로 3종류의 패널을 선보였다. 同社는 샘플 출하한 모노컬러 제품에 대하여 시장에서 평가받는 동시에 풀컬러화를 실현하기 위해 연구에 몰두하고 있다. 이미 브라운관 TV 화면을 능가하는 색조의 실현가능성을 확인하고 2~3년 내에 제품화할 계획이다. 각 선진국에서 연구되고 있는 FED의 개발 현황을 살펴보면 프랑스의 PixTech에서 10.5" 완전컬러 FED를 저전압 형광체를 사용하여 고해상도의 RGB 분리 영상 및 white 영상까지 세계 최초로 전시하였으며 6" 완전 컬러 FED를 일본의 Nichia와 공동으로 양산할 계획을 세우는 등 활발한 연구개발이 진행되고 있다.

표 8에는 최근 업계의 연구동향과 개발현황을 요약하였다. 국내 FED 연구의 선두주자인 삼성의 연구 성과도 주목받고 있다. 업체들의 집중적인 투자와 함께 FED의 평판 디스플레이 시장 점유율도 2002년에는 전체 시장의 1.4% 정도를 차지할 것으로 예상되고 있으며 시장규모도 약 4억달러에 이를 것으로 예상된다.

미래시장을 대비하기 위한 핵심 요소기술 요약을 표 9에 정리하였고, 면적에 따른 응용분야는 표 10에 요약 정리하였다.

〈표 8〉 연도별 FED개발 회사와 동향(참고문헌 10).

연도	회사	FED 개발상황
1991	LETI	4" 흑백 FED
1993	PixTech	Raytheon, Futaba, Motorola 연합
1994	USA, Fujitsu, MDT	1" 흑백, 0.5" 충전연색 FED
1995	EC, Futaba, 삼성	ESPRIT의 30억불, 5" 흑백 FED, 4" 흑백FED
1996	SVG(HP), FED Co. PixTech, LETI, Canon, Fujitsu, Futaba	2.4" 충전연색 FED, 2.4" SVGA 흑백 FED, 10.4" 충전연색 FED, 55" FED 계획중 4" 충전연색 FED(고전압 phosphor), 5" 충전연색 FED
1997	Canon, MDT	10" 충전연색 FED, 14" color panel 시험 제작 중

〈표 9〉 고화질 모니터용 FED 분야 요소기술(참고문헌 1).

기술 내용	요구 사항	적용 기술
FEA Cathode	· 높은 방출전류, 고강도, 신뢰성 · 낮은 일함수, 저항층	· Spindt형 Mo tip, Cone형 Si tip, Diamond, DLC, PdO <sub>2</sub> , Carbon nano tube, Surface Conduction Emitter, Mesh 구조
Phosphor Screen	· 고휘도, 고효율, 내열화 특성 · 박막, 고해상도 패터닝	· 저전압형 형광체, 화물계 형광체 · 황화물계 형광체, Aerosol 합성법
Vacuum Packaging	· 고진공도 확보, 유지 기술 · High throughput 기술 · Plates 세정기술	· 진공 인-라인 실장방법, 게터 장착기술 · High aspect-ratio 스페이스 장착기술 · Plasma 세정기술, e-beam 세정기술
Driver Circuit	· 고주파 동작, 고전압 구현 기술 · 고해상도 gray scale 적용 기술 · 저소비전력 회로 기술	· Pulse width, amplitude modulation · CMOS, dynamic IC, 전류구동 방식 · MOSFET 이용 FEA 구동기술
전극구조	· 고해상도, 고휘도, 집속전극	· Anode switching, Cathode switching · 평면형 집속전극, 동축 수직형 집속전극



〈표 10〉 FED 패널 크기에 따른 응용분야와 개발 요소기술 (참고문헌 6).

패널 특성	요구 사항	응용 분야
40"급 대면적 FED 패널	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 평판형 FEA : 반사형, SCE형, PdO<sub>2</sub>형, 화소면적=0.8×0.8mm<sup>2</sup></li> <li>· 고전압/고휘도 형광체 : 1.5~8.0KV, 300~1000cd/m<sup>2</sup></li> <li>· High aspect ratio spacer : 25 : 1</li> <li>· 이중 패널구조의 실장 : getter용 후면을 갖는 반사형 FEA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 벽걸이 HDTV</li> <li>· SXGA (1280×1024)</li> </ul>
20"급 고화질 FED 패널	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cone형 FEA : Spindle형 Mo tip FEA, Si tip FEA, diamond, DLC, 화소면적=0.33×0.33mm<sup>2</sup></li> <li>· 저전압 형광체 : 300~500V, 100~1000cd/m<sup>2</sup></li> <li>· 고전압형 형광체 : 3.0~10KV, Vacuum 실장 (cluster형)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 모니터용 (노트북, 데스크탑)</li> <li>· UXGA (1600×1200)</li> </ul>
6"급 소형 FED 패널	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고해상도/고휘도 FEA : 화소면적=0.48×0.48mm<sup>2</sup></li> <li>· One-chip FED : FET-controlled FED, poly-Si tip FEA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 휴대용 HMD, Car Navigator</li> </ul>

### III. 결 론

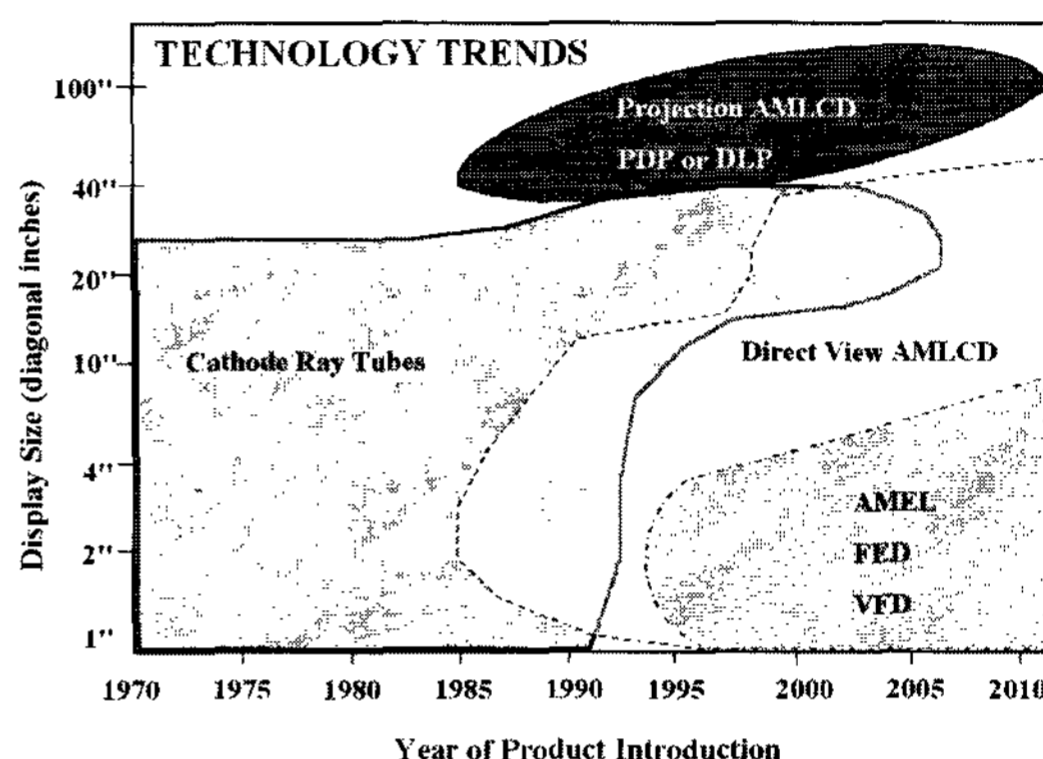
평판디스플레이의 시장이 2000년에 500억불을 상회할 전망이고 매년 약 30%이상의 시장 성장이 기대되고 있기 때문에 세계적으로 매년 약 20% (매출액 대비)의 연구개발비가 투자되고 있다. 우리 나라는 CRT 생산에서 세계 1이고 TFT-LCD 생산에서도 세계 1,2를 다투고 있다. CRT도 기존기술로는 대형화에 경쟁력이 없다고 보고 평판형으로 연구개발 생산되고 있다. 1996년도에 Sony사에서 개발된 평면 CRT는 기존의 제품에서 찌그러짐 현상을 초점거리가 커진 고성능 전자총과 전면면 사각코일 및 코마코일을 이용하여 개선하였다. CRT는 30"급 이하 모니터와 24"급 이하 개인용 컴퓨터의 표시장치로 향후 5년 이후까지도 상당한 시장을 점유할 것으로 생각된다. 현재까지 TFT-LCD가 대부

분의 평판디스플레이 시장을 차지하였고 앞으로 당분간 계속될 전망이다. 그러나, 최근의 FED 및 OLED 분야의 연구에 많은 진전이 있었고 따라서 앞으로의 연구개발 진척 여하에 따라서는 새로운 형태의 평판디스플레이가 각광을 받을 수도 있다. 미국에서 디지털 방식의 HDTV가 방송되고 일본에서도 HDTV가 가정용으로 이용될 단계에 이르게 되는 2002년부터는 대화면 평판디스플레이가 본격적으로 이용될 전망이다. HDTV의 대화면용으로는 40"에서 60"까지의 디스플레이가 인간공학적으로 가장 적합하며 따라서 PDP와 투사형의 TFT-LCD가 가장 가능성이 크다. Texas Instrument사에서 마이크로 머시닝 기술을 이용해 개발된 디지털 광조절 투사장치(digital light-processing projector)는 국내기반기술이 취약한 분야 중에 하나이며 향후 투사분야에서 LCD 투사형 시장에 도전해볼 것으로 사료된다. HDTV 응용에서 PDP의 단점은 가격, 소비전력, 해상도 등이고 투사형 TFT-LCD의 단점은 디스플레이 화질의

균일성과 휘도 그리고 사람들이 직시형을 선호한다는 사실이다. 30"~40" 크기의 직시형 TFT-LCD, TFT를 사용한 능동매트릭스 OEL, 또는 FED도 가정용 HDTV 디스플레이로 가능성이 있다. 그러나 가정용 HDTV 디스플레이는 가격이 저렴하고 소비전력을 줄이는 것이 매우 중요하기 때문에 이러한 조건을 만족할 수 있는 새로운 기술 개발이 중요하다. 이동통신 분야에는 반사형 TFT LCD가 적합하며 향후 보다 개선된 반사형 칼라 디스플레이 기술이 중요하게 될 것이다. 특히 저소비전력이 요구되는 개인 통신 단말기에 많은 수요를 창출할 수 있는 기술이다. 또 다른 소규모 표시장치에 사용될 것으로 예상되는 진공형광 디스플레이 (vacuum fluorescent display, VFD)는 3극 진공관 기술을 기본으로 하여 저가 3차원 표시의 용이성을 기반으로 음향-영상 장비와 자동차 등에 소규모 시장을 점유할 것으로 생각된다. 이상에서 살펴본 디스플레이 면적에 따른 품목별 시장에 대한 roadmap을 그림 3에 요약하였다. 또한, FPD의 종류별 시장과

응용품목 및 제조업체를 표 11에 요약하였다.

이제까지 FPD에 대한 기술동향과 향후 시장 변화에 대해서 살펴보았다. 산업계는 주요공략시장을 선정하여 가격, 기술력 우위를 선점하기 위한 노력이 필요하며, 정부는 선진국의 견제를 방지하기 위한 정치적 노력과 연구개발 기반조성이 요구된다. 현재는 FPD 분야에서 한국이 세계 선



〈그림 3〉 디스플레이 면적에 따른 품목별 roadmap (근원 : David Sarnoff Research Center).

〈표 11〉 직시형 평판디스플레이와 응용제품

FPD	화면크기	응용 제품	제조 기업
LCD	1"~20"	<ul style="list-style-type: none"> <li>휴대용 TV, 인터폰 TV, 비디오 카메라, 디지털 스틸 카메라 등과 같은 음향-영상 장치와 가전 응용</li> <li>워드프로세서, 노트북PC, 데스크탑PC, 다양한 사무자동화 장치, 개인휴대 통신장치, 정보통신 상품</li> <li>차량용 TV, 차량운행 정보시스템 음향-영상 제품</li> <li>비디오 게임, 전자시계, 계산기, 전자온도계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>삼성, 현대, 샤프, 도시바</li> <li>LG-Philips, Prime view</li> <li>히다치, NEC</li> <li>Unipac, Chi Mei, Acer</li> <li>Hannstar, Chunghwa</li> <li>기타 20~30업체</li> </ul>
PDP	20"~50"	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 사무용 대화면 디스플레이, 대화면 벽면 TV</li> <li>대화면 고정밀 벽면TV, 40" 이상의 고정밀 TV</li> <li>공공 발표용 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>후지쯔, 히다치, NEC</li> <li>Thomson, 필립스</li> <li>마츠시따, Plasma Co.</li> </ul>
유기 EL	1"~10"	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량용 음향-영상장치, 차량용 표시기, PDA</li> <li>차량 테쉬보드용 디스플레이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>파이오니어, NEC, 산요</li> <li>Eastman, TDK</li> </ul>
FED	5"~40"	<ul style="list-style-type: none"> <li>노트북PC, 측정기기용 모니터, 대화면 디스플레이, 실외 디스플레이, 공공 발표용 디스플레이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>캐논, JVC, 소니, Candescant Tech. 후타바</li> </ul>

두이지만, 아직까지 한국에서 개발된 독창적인 디스플레이가 없기 때문에 장기적으로 이 분야에 대한 연구개발을 지속해야만 FPD 분야의 선두를 유지할 수 있다.

자료를 제공해주신 한국디스플레이 연구조합 임직원 여러분께 깊이 감사드립니다. 자료정리를 해준 김 도영, 안 병재, 김 성훈 모두 본 지면을 통해 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 한국디스플레이연구조합, “한국디스플레이 산업의 현황과 전망”, 1999.
- [2] 장진, “테마기획 : 평판디스플레이의 원리 및 개발현황”, 전기전자재료, Vol. 11, 39, 1998.
- [3] Setsuo Kaneko, “With higher brightness, PDP approach CRTs in picture quality”, Display Devices, 26, 1999.
- [4] Y. Oana, “Current and future technology of low temperature poly-Si/TFT-LCDs”, FPD Expo Korea 99 Conference, 99, 1999.
- [5] V.F. Sollitto Jr., “View of the new millennium through flat panel displays”, 1999 USDS Business Conference, 1, 1999.
- [6] 한국디스플레이연구조합, “최첨단 정보디스플레이 기술개발에 관한 연구”, 산업자원부, 1999.
- [7] 박종은, 박수길, “테마기획 : 유기박막 EL Devices”, 전기전자재료, Vol. 12, 11, 1999/6.
- [8] “전자디스플레이 산업동향”, 전자디스플레이, 제5권, 2호, 2, 1999.
- [9] 삼성전자, 선도기술개발 사업 기술개발 보고서, 1997.
- [10] Nikkei Microdevices, 별책부록, Flat Panel Display 1999, 105, 1999.
- [11] “LCD 산업동향 II : 2배 성장으로 수익개선하는 LCD 업계”, 전자디스플레이, 제5권, 30, 1999.
- [12] Kenichi Ohta, “LCD-Monitor Market Share Rises on Falling Prices”, Information Display, Vol. 15, No. 3, 18, 1999.
- [13] Stephen P. Atwood, “Flat Information Displays Conference”, Information Display, Vol. 15, No. 7, 26, 1999.
- [14] 松本正一, “Electron Display”, 日本음사, 1, 1998.
- [15] 허문열, “평판표시장치의 수요예측”, 전자디스플레이, 5권, 2호, 13, 1999.