



FED 기술강좌 (V)

FED 기술의 개발현황 및 제품화 전망

본 강좌의 제 4 회에서는
amorphous diamond를 이용한
FED 기술 및 FED의 진공 실장 기술에
관하여 간단히 다루어 보았다.

제 5 회에서는 올 4월에
Nikkei Electronics Asia 지에 수록된
기사 및 최근에 입수된 FED 관련 기업 자료들을
토대로 하여 현재 세계의 우수 업체들에 의해 진행 중인
FED 기술의 현황과 이의 발전 전망,
그리고 형광체 및 구동 회로 기술을
포함한 실용 기술 현황 등에 관하여
기술하고자 한다.(편집자주)

주병권 · 오명환 / KIST 정보표시소자 연구실



1996년도를 기점으로 향후 3년은 소수의 선두 기업들에 의해 FED의 양산화가 본격적으로 시작될 가능성이 있는 시기이다. 현재까지 축적된 기술 개발 결과들만으로도 LCD에 대한 FED의 우월성을 짐작할 수 있는데, 특히 시야각, 응답 속도, 그리고 소비 전력과 관련된 부분은 더 이상 의심의 여지가 없다.

예를 들어, FED는 광 방출 효율도 LCD를 앞서고 있는데, 기존의 TFT-LCD의 효율인 4~6 lm/W를 이미 두 배 이상의 값에 해당하는 10~15 lm/W 정도로 끌어 올렸다. 결국 전력 소모가

절반 이하로 줄어든 셈이다.

이와 같이 FED는 TFT-LCD를 위협할 잠재력이 있는 기술로서, 일본의 LCD 제조 업체들도 더 이상 이를 간과하지 않고 있다. 만일 FED 제조 업체들이 상대적으로 우수한 성능의 소자를 더욱 저렴한 가격으로 출하한다면, 현재에도 적은 이득으로 고전하고 있는 TFT-LCD 업계에 대해서는 치명타가 아닐 수 없다.

FED 개발의 선두 주자인 PixTech 사의 경우, 이미 FED 패널의 생산에 착수한 바, 현재 새로운 희망으로 떠오르고



있는 FED가 LCD 시장을 얼마나 잠식하느냐 하는 흥미로운 게임이 마침내 본격적으로 시작된 것이다.

FED 기업의 연구 개발 및 제품화 현황

FED의 연구 개발 붐은 유럽과 미국에서부터 비롯되었다. 프랑스의 LETI(Laboratoire d'Electronique de Technologie et d'Instrumentation)는 FED 개발의 선두 그룹으로 1991년도에 개최된 제4회 IVMC(International Vacuum Microelectronics Conference)에서 세계 최초의 컬러 FED 패널을 소개하면서부터 평판 표시기 관련 종사자들의 이목을 끈 바 있다.

LETI는 대량 생산 체제를 구축하기 위해 적당한 협력 업체를 물색하던 중, 미국 및 유럽 회사들의 연합체인 PixTech사에 기술을 이전하였다. 이 때 관련된 회사들은 모두 LCD에 투자할 기회를 놓쳤다는 공통점을 지니고 있다는 점이 흥미롭다.

PixTech에 의해 점화된 FED의 기술 개발은 불과 5~6년만에 미국 및 일본의 기업들도 파일럿 라인을 구축할 정도로 강한 개발 성향을 보이고 있는데, 1996년도 1/4 분기에 이르기까지 이들 기업들에 의해 개발된 시제품들의 성능, 규격을 표 1에 도표화하였다.

PixTech의 파일럿 라인은 프랑스 Montpelier에 있는 IBM사의 공장 내에 위치해 있다. IBM사의 미사용 공간을 빌려 라인을 설치하였는데, 이를 이용하여 12인치급 정도에 이르는 FED 패널을 제조할 수 있다.

이 회사는 1996년 1월을 기점으로 매월 수백 개의 패널 생산에 들어갔으며, 1997년에는 연간 70,000 개 정도의 패널 생산을 계획하고 있다. 아울러, 1995년도의 3/4 분기에 이미 10인치급 패널 개발에 들어 갔고, 1996년 1/4 분기 중에 40인치급 패널 개발에 착수하였다는 보고도 있다.

다음으로, 미국 캘리포니아의 산 호세에 있는 Silicon Video 사에 관한 최근 자료를 간단히 요약해 보겠다.⁽³⁾ 이 회

(표 1) FED 패널 시제품들의 성능 및 규격⁽¹⁾

제조 업체	PixTech		Futaba	Silicon Video	Si Diamond Technology
화면 크기	6 인치	10 인치	4.9 인치	2.4 인치	1.4 인치
단색/컬러	2,048 컬러	컬러	단색	8 컬러	단색
화소수	360 x 288	640 x 480	320 x 240	120 x 140	50 x 50
화면 밝기	150cd/m ²	70cd/m ²	200cd/m ²	70-200cd/m ²	-
대비율	100 : 1	100 : 1	-	-	-
소모 전력	1.1W	2.0W	0.5W	-	-
두께	2.4mm	2.4mm	2.4mm	3.5mm	-
중량	70g	220g	-	-	-
수명	3,000 - 10,000시간	3,000 - 10,000시간	-	CRT와 동등	-



.....
FED의 연구 개발 붐은 유럽과 미국에서부터 비롯되었다. 프랑스의 LETI(Laboratoire d'Electronique de Technologie et d'Instrumentation)는 FED 개발의 선두 그룹으로 1991년도에 개최된 제4회 IVMC(International Vacuum Microelectronics Conference)에서 세계 최초의 컬러 FED 패널을 소개하면서 부터 평판 표시기 관련 종사자들의 이목을 끈 바 있다.
.....

사는 최근 수 년 동안 9천 5백만 달러 규모의 연구비를 투입하였는데, 이는 Hewlett-Packard (HP)를 비롯하여 FED를 자체 생산할 능력이 있는 회사들로부터 지원을 받은 것이다.

이 회사로부터의 정보는 기술적 제후를 맺은 회사들만이 얻을 수 있어 이 회사가 무엇을 하고 있는가? 라는 호기심만이 있어 왔다. 최근에 밝혀진 바에 따르면 Silicon Video의 계획은 랩탑 컴퓨터 시장을 대상으로 LCD 제조 회사들과 정면 승부를 거는 것에 있다고 한다. 그들이 목표로 하고 있는 시장 점유율이 작지 않은 것만은 확실하다.

1995년 12월에 이 회사의 판매 담당자인 N.Sturiale는 Information Display 지와의 인터뷰를 통해 1997년도까지 파일럿 라인 수준의 생산을 완료한 뒤 시제품을 출하할 것이며 대량 생산 일정을 1998년으로 잡고 있다고 밝힌 바 있다.

이 경우 HP가 주 고객이 될 것으로 보이며, 따라서 HP의 요구 시방이 현재 Silicon Video의 설계 규격에 가장 크게 반영되고 있다. 특히 우수한 화상, 낮은 전력 소모, 그리고 낮은 가격을 개발 목표로 삼고 있다. 이들 목표를 달성한다면, HP는 자사의 Omni-book PC나 워크스테이션 등에 이를 사용할 예정이다.

Silicon Video의 경우 FED라는 이름

대신에 Thin CRT(TCRT)라는 호칭을 사용하고 있는데, 이에겐 그럴만 한 이유가 있다. 즉, 대부분의 FED 개발 회사들이 수 백V 정도의 가속 전압을 고려하고 있는 반면에, 이 회사의 경우 11.3인치급 패널용으로 4000V의 가속 전압을 잡고 있다.

이와 같이 가속 전압을 증가시킴으로써 형광체의 효율을 두 배로 올리고 평균 전류 밀도를 매우 낮출 수 있다. 이로써 형광체의 노쇠화 현상이 둔화되고, 따라서 수명이 3,300 시간으로부터 51,000 시간에 이르기까지 향상될 수 있으나, 아울러 설계와 관련된 문제점도 내포하고 있을 것으로 보인다.

Silicon Video에서 개발되고 있는 FED의 또 하나의 기술적 특징은 소자를 더욱 소형화시킴으로써 스위칭 전압을 낮추고 아울러 소모 전력을 줄이는 것이다. 이 회사는 11.3인치의 컬러 FED의 경우 소모 전력을 2W 정도로 낮추며, 발광 효율이 15 lm/W 정도가 되도록 할 예정이다.

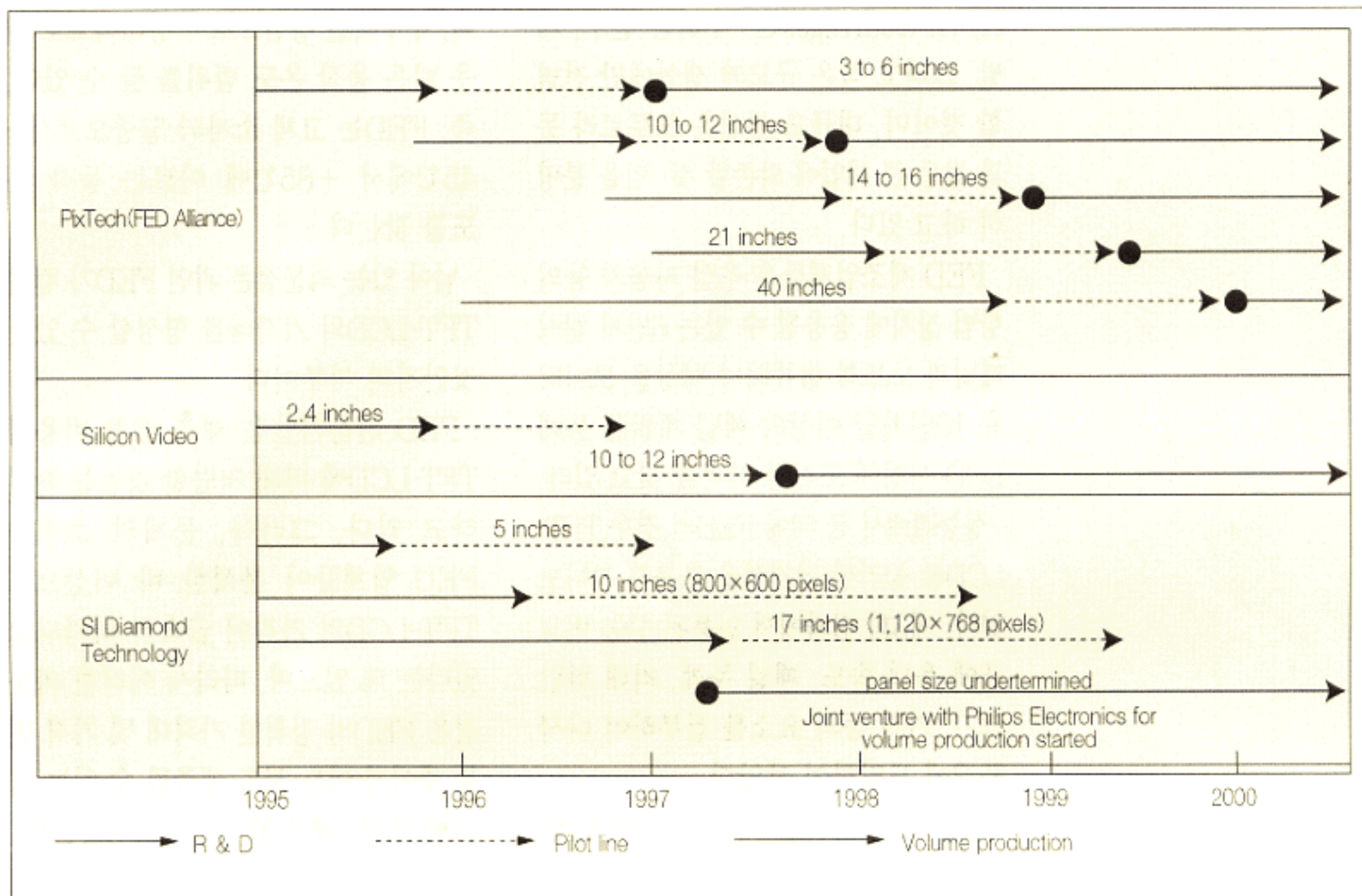
Silicon Video는 이미 4인치 직경의 원형 유리 기판을 사용하는 파일럿 라인을 구축하였으며, 이를 이용하여 2.4인치급의 컬러 FED 패널을 개발하고 있는데, 1996년도 상반기에 시제품을 발표할 것으로 보인다.

본격적인 생산 일정은 전술하였듯이 1998년도로 잡고 있는데, 우선 10~12인치 컬러 FED 패널이 주 생산 품목이 될 것으로 보인다.

텍사스의 오스틴에 위치한 SI Diamond Technology(SIDT) 사는 5인치 단



(그림 1) 3개 주요 FED 개발 업체들의 제품화를 향한 road map⁽¹⁾



색 FED 패널을 위한 파일럿 라인을 설치 운영하고 있다.

이 회사는 최근 2년 동안 네덜란드의 Philips Electronics NV로부터 1,000 만불 규모의 개발 자금을 지원 받았으며, 이 두 회사는 1997년도 중반기에 이르러 공동 생산에 들어간다는 계획을 가지고 있다. 이를 위해, 우선 1996년도 3/4 분기 내에 10인치, 800 × 600 픽셀을 갖는 컬러 FED 패널 제조 라인을 확보한 뒤, 1997년도 3/4 분기에 17인치, 1,120 × 768 픽셀의 컬러 FED 패널용으로 그 규모를 늘릴 예정이다.

PixTech, Silicon Video, 그리고 SI Diamond Technology의 연구 개발

및 제품화 계획을 그림 1에 road map 형태로 인용하여 보았다.

제품화 전망

PixTech, Silicon Video, 그리고 SIDT 등이 각각 고유의 파일럿 라인을 보유하고 있기는 하지만, 앞으로 2~3년 후에 FED 패널의 완제품화를 위한 투자가 본격적으로 시작될 경우, 이는 다른 대형 업체들의 몫이 될 것으로 보인다. 즉, PixTech은 미국의 Texas Instrument(TI), Raytheon, Motorola, 그리고 일본의 Futaba 등과 기술 제휴 계약을 체결한 바 있으며, 이



에 관하여 PixTech의 부사장인 Francis G. Courreges는 '우리는 연구, 개발, 그리고 작은 규모의 생산에만 전념할 것이며, 대규모 생산은 모토로라 등과 같은 큰 기업에 의존할 것'임을 분명히 하고 있다.

FED 제조업체들은 우선 자동차 등의 항법 장치에 응용될 수 있는 6인치 컬러 패널과 노트북 컴퓨터나 탁상용 모니터용 10인치급 이상의 패널 개발을 통해 LCD 시장에 도전할 계획을 갖고 있다.

성능면에서 볼 때에 FED의 경우, TFT-LCD를 능가할 잠재성을 충분히 지니고 있다. 제3회 강좌에서 인용된 성능 비교표에 응답 속도, 패널 두께, 최대 화면 크기, 가격 등의 요소를 첨부하여 다시 표 2에 도입하여 보았다.

이를 통해 다시금 확인할 수 있듯이, FED의 경우 기존의 TFT-LCD가 직면하고 있는 좁은 시야각과 느린 응답 속도를 완전히 해소할 수 있다. FED의 시야각은 상하 좌우를 막론하고 160° 정도이며, 응답 속도는 수 μ s 정도로 매우

동적인 운동 경기를 소화하기에 충분하다. 부수적인 장점으로써 상대적으로 매우 넓은 동작 온도 범위를 들 수 있다. 즉, FED는 고체 소자의 일종으로서 -45°C에서 +85°C에 이르는 동작 온도를 갖는다.

남아 있는 의문점은 과연 FED가 컬러 TFT-LCD의 가격대를 형성할 수 있을 것인지의 여부이다.

FED 전문가들은 제조 공정 비용이 TFT-LCD에 비해 저렴할 것임을 확신하고 있다. 그러나, 문제의 소지는 FED 업체들이 분석한 바 이상으로 TFT-LCD의 가격이 급속히 하락되고 있다는 데 있으며, 따라서 이러한 의문점은 FED의 정확한 가격대 및 가격 변동 추이가 어느 정도 예측될 수 있는 시점에서야 해소될 것으로 보인다.

특히 FED는 군사용이나 자동차용에 매우 적합한 성능을 지니고 있으며, 가격과는 무관하게 이 분야의 시장에 가장 먼저 진입할 것으로 보인다. 그러나 FED 제조업자들의 꿈은 그 이상인 것으로 보인다.

PixTech의 행정관인 J.Clement와 SIDT의 H.Schmidt는 2000년대에 이르기까지 평판 표시기 시장의 5~20%를 FED가 차지할 것으로 보고 있다. 아울러 경쟁 단계에 이른 시점에서 형성될 가격 경쟁력도 FED가 TFT-LCD에 비해 단연 우세할 것으로 평가하고 있는데, SIDT의 기술진인 N.Kumar의 말을 빌리자면, 1998년에 10.4인치 컬러 VGA(video graphics array) LCD의 가격이 300~350 달러 정도로 하락되

(표 2) FED와 컬러 TFT-LCD 간의 성능 비교표⁽¹⁾

항 목 \ 품 목	FED (시제품)	컬러 TFT-LCD (기존 제품)
패널 두께	2.4mm	8mm
무 게	< 0.20kg	0.33kg
대비율	100:1	100:1
시야각	좌우 160°, 상하 160°	좌우 50°, 상하 50°
화면 밝기	70 cd/m ²	70 cd/m ²
효 율	10~15lm/W	4~6lm/W
응답 속도	수 μ s	수 ms
소모 전력	2W(10 인치)	3W(10.4 인치)
동작 온도 범위	-45~+85°C	0~+50°C
화면 크기	10 인치	25 인치
가 격	TFT-LCD 수준이 목표치	500불 이하(10.4 인치)



더라도 FED의 가격 형성대는 300불 이하일 것으로 추측된다.

그러나, 모토로라를 포함하여 현재 대량 생산의 열쇠를 쥐고 있는 대기업들은 투자 시기의 결정에 대해 매우 조심스러운 편이다. 이들은 이득 여부보다는 컬러 TFT-LCD의 기술 개발 상황에 초점을 맞추려 하고 있다.

모토로라의 자동차 관련 사업 담당관인 P.Shynyeda는 FED가 투자 가치가 있음은 분명하지만, 그 투자 규모 및 시기를 결정하는 데 있어서 향후 TFT-LCD의 가격 및 성능 향상에 관한 변수가 미칠 영향은 무시할 수 없을 것임을 분명히 하고 있다.

현재의 기술적 특성

FED의 제조 기술에 있어서, FEA 및 진공 실장 기술 등의 기초 개념은 제 3~4회에 걸쳐 설명한 바 있다. 여기에 형광체 및 구동 기술을 추가하여 현재 제조 업체에서 사용하고 있는 실용 기술에 관해 주로 PixTech 사의 제품을 대상으로 간단히 기술하면 다음과 같다.

이미 알고 있는 바와 같이 FED의 기본적인 원리는 CRT와 유사하다. 즉, 전자들이 음극으로부터 방출된 뒤 양극에 도포된 형광체에 충돌함으로써 광을 발생시킨다.

음극 부분에 있어서 구체적인 차이점을 들자면, CRT가 단일 전자 방출원을 사용하는 데 반해 FED의 경우 규칙적으로 배열된 어레이 구조를 가지고 있다. 또한, CRT의 경우 방출된 전자들

이 편향되어 화면을 주사하면서 화상을 형성하는 데 비해, FED는 주사할 필요가 없이 각각의 픽셀당 수 백 개의 방출원들이 동작함으로써 광을 생성한다.

각각의 픽셀이 전자 방출원과 형광체를 보유하고 있어, 단위 광원들에 독립적으로 발생된 광이 모여 상을 형성하므로 패널 두께가 수 mm에 이르기까지 얇아질 수 있다. 더구나, CRT가 열 음극 전자 방출원을 이용하는 반면 FED의 경우 강한 전기장에 의해 전자를 방출시킬 수 있는 냉 음극을 이용한다는 점도 구별된다.

그림 2는 PixTech에서 채택하고 있는 Spindt 형 FEA를 이용한 FED의 단면을 도시한 것이다. 전자 방출부는 원추형 팁으로 몰리브덴으로 이루어져 있고 높이는 1.2 μ m 정도이다. 단위 화소당 R(red), G(green), B(blue) 생성을 위해 200개의 팁이 존재하고 있으며, 음극-양극간의 거리는 200 μ m, 내부 진공도는 10^{-7} Torr이다.

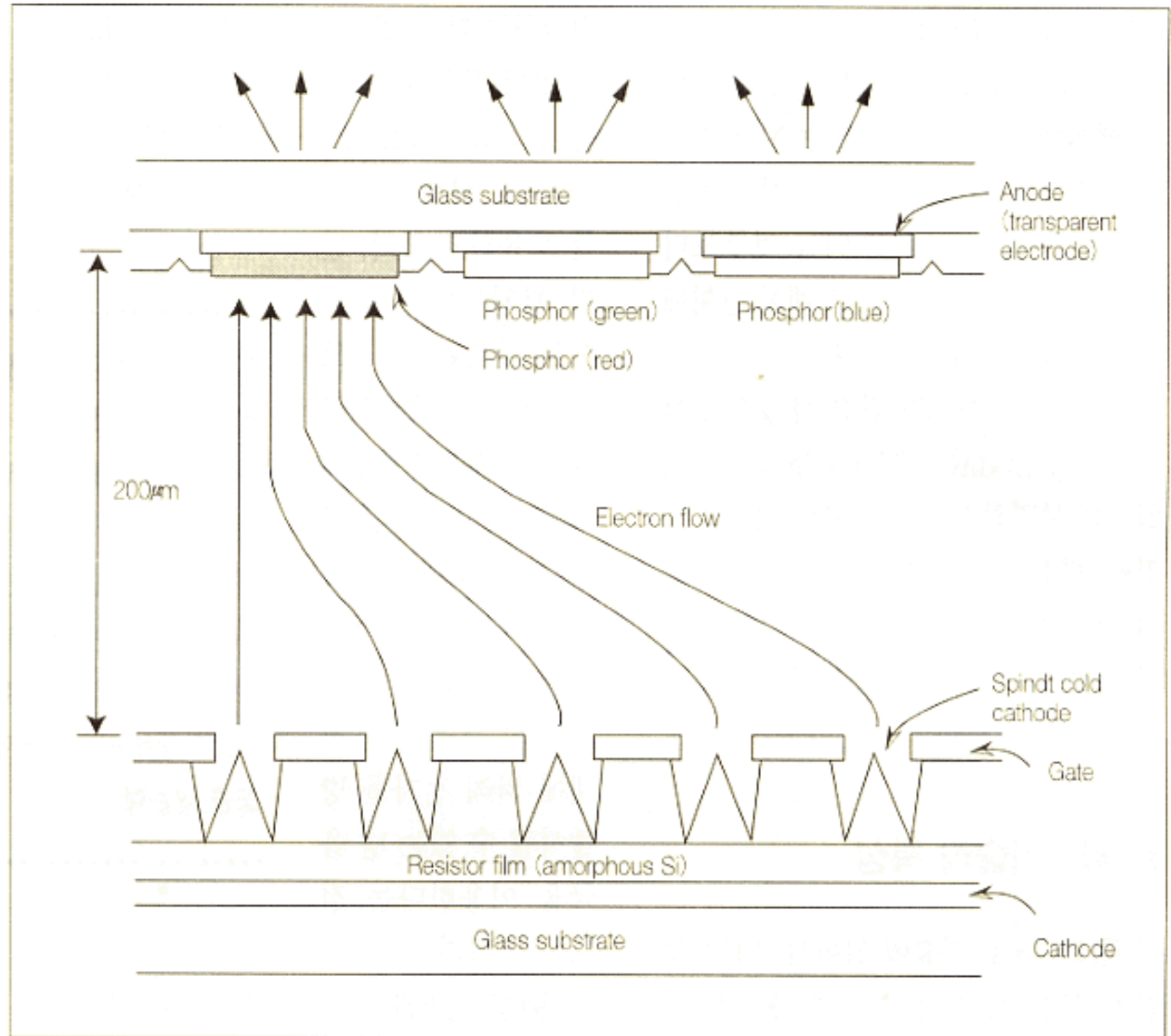
구동시에는 +300V의 전압을 양극에 인가한 뒤, 음극으로부터 전자 방출을 유도하기 위해 +80V의 전압을 게이트에 인가한다.

게이트 전압에 의해 팁으로부터 방출된 전자가 양극 전압에 의해 가속되어 양극상에 도포된 형광체에 충돌함으로써

.....
FED의 시야각은 상하 좌우를 막론하고 160 정도이며, 응답 속도는 수 초 정도로 매우 동적인 운동 경기를 소화하기에 충분하다.
부수적인 장점으로서 상대적으로 매우 넓은 동작 온도 범위를 들 수 있다. 즉, FED는 고체 소자의 일종으로서 -45℃에서 +85℃에 이르는 동작 온도를 갖는다.
.....



(그림 2) PixTech사의 FED 단면 구조



써 광이 생성되는데, 이 때 Gray scale 은 영상 신호에 따라 0에서 30V까지의 전압을 음극에 인가하여 조절하게 된다. 구동 IC와 화소 전극은 유리 기판을 유리 기판을 관통하여 연결되며, 구동 IC는 유리 기판의 뒷면에 탑재되므로 화면 프레임을 더욱 줄일 수 있다.

형광체는 CRT에 사용된 재료를 토대로 하여 그 성능을 다소 개선하였다.

CRT의 경우 수 kV 정도의 전압에 의해 가속된 전자들이 형광체에 충돌하여 야광이 생성되나, PixTech은 약 50V 정도의 가속 전압에 의해 빛을 발할 수 있는 재료를 사용하고 있다. PixTech의 기

술진에 따르면, 이 형광 재료의 모체는 CRT에 사용되는 것과 같은 것으로 단지 발광 전압을 낮추어 FED에 적합하도록 약간의 변화를 가한 것이라고 한다.

일본의 Futaba의 경우, VFD(vacuum fluorescent display)에 사용하였던 ZnS:Zn 형광체를 FED에 그대로 적용하고 있다.

PixTech의 제품은 이상 서술한 기본 모형을 토대로 하여 두 가지의 성능 개선안을 도입하고 있다. 그 중 하나는 전계 방출부인 팁과 음극 단자간에 비정질 실리콘 박막 저항체를 형성하였다는 점이다.



이러한 박막 저항체는 게이트 전극과 음극 전극간의 단락을 방지하는 역할을 한다. 즉, 일반적으로 팁이 게이트 전극에 매우 밀접하게 위치하여 있고, 따라서 팁 끝 부분으로부터 높은 전류가 도출될 경우 게이트와 단락될 소지가 많으므로, 이러한 전류 밀집(current crowding) 현상을 저항체를 이용하여 가능한 방지하자는 의도이다.

두번째 고려할 만한 점은 컬러 표시기를 구동하는 방식으로, 이를 양극 스위칭이라 부른다. 즉, FED의 응답 속도가 매우 빠르므로 한 프레임(60분의 1초)을 세 가지 상(phase)으로 분리하여 R,G,B 용 형광체가 각각 도포된 3개의 투명 전극(양극)상에 순차적으로 전압을 인가하는 방식을 말한다.

이 때, 인가되는 전압은 약 +350 V 정도로, 상용되는 고전력 트랜지스터가 적용될 수 있다.

FED의 청사진에 대한 위협

최선의 것은 있어도 완벽한 것은 없다는 점을 고려할 때에 향후의 평판 표시기 시장에서 FED가 자리를 잡기 위해서는 여러 장애에 직면할 것임은 확실하다. 이 중 하나로 최근 Semiconductor International 지에 실린 짧은 기사를 소개하면서 본 강좌를 마무리하고자 한다⁽⁴⁾.

LCD의 가격이 최근 12개월 동안에 급격히 하락되고 있다. 즉, 더욱 향상된 제조 공정을 토대로 하여 그 수율이 더욱 증가하고 있는데, 이로써 경쟁 분야

에 투자하려는 업체들의 용기를 꺾고 있다.

FED의 경우 시야각, 온도 의존성, 밝기, 응답 속도 면에서 잠재성은 충분한 듯하나, 대량 생산 체제를 갖추기 위해서는 매우 큰 투자가 필요하다.

Futaba, Motorola, Raytheon, TI 등이 주축이 된 PixTech 연합체로부터 TI가 중도 하차를 결심한 것은 LCD의 급격한 가격 하락이 주 원인인 것으로 보인다. TI의 경우, FED 개발 계획을 포기한 것은 아니나, 현재 분명한 투자 가치가 있음을 느끼지 못하고 있는 듯하다.

참고 문헌

- [1] K. Yamashita et al., New panel technologies challenge LCD supremacy, Nikkei Electronics Asia, p.42 (April 1996)
- [2] PixTech-Company profile, products, and partnership (May 1995)
- [3] Silicon Videos Audacious Vision, Information Display, p.2 (March 1996)
- [4] LCD price reductions hit FED investment, p.54 (May 1996)