

특 집

TFT-LCD 산업 현황 및 전망

김 상 수, 김 홍 균

삼성전자(주) 반도체총괄 AMLCD사업부

I. 서 론

Flat Panel Display(FPD) 산업은 Digital 기술의 대중화 물결을 타고 비약적으로 성장하였다. 특히, Liquid Crystal Display(LCD)는 경량/박형의 장점과 우수한 화질을 바탕으로 노트북 PC라는 신규시장을 창출하였으며, 액정 모니터, TV등을 비롯한 기존 CDT 또는 CRT 시장에까지 그 응용범위를 확대하였다. 또한, 21세기에 들어와 급격히 거대 시장이 형성되고 있는 PDA, 휴대전화 등의 각종 디지털미디어 산업의 발전과 더불어 중소형 LCD 제품의 수요가 급격히 늘어나면서 이제 LCD는 확고한 FPD 산업의 중심축을 형성하였다. 특히 그 중에서도 시장규모가 가장 큰 TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 기술혁신을 통한 성능 향상과 저 가격화가 이루어져 LCD 모니터 등 CDT 대체수요를 창출하고 새로운 응용분야를 지속적으로 확대하고 있어 전체 FPD 산업에서 차지하는 비중이 점점 커지고 있다. 다음 본문에서는 최근의 TFT-LCD 산업의 현황과 향후 전망에 대하여 살펴보기로 한다.

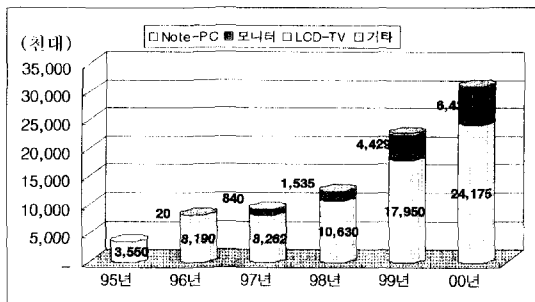
II. TFT-LCD 산업의 성장배경

TFT-LCD는 LCD 특유의 경량/박형 특성뿐만 아니라 CRT에 버금가는 뛰어난 디스플레이 특성을 바탕으로 90년대 초에 형성된 노트북 PC

시장에서 STN-LCD를 대체하면서 비약적인 발전의 틀을 마련하였다. TFT-LCD를 사용한 노트북 PC 시장 초기인 '95년도에는 TFT-LCD를 사용한 제품은 355만대에 불과하고 전체 PC 시장의 6.4% 밖에 미치지 못하였지만 노트북 PC와 더불어 액정 모니터의 성공적인 시장 진입으로 PC 시장에서의 TFT-LCD의 적용 비율을 크게 향상시켰다. 응용 분야별 TFT-LCD의 성장을 나타낸 <그림 1>과 같이 2000년 기준으로 노트북 PC 시장과 액정 모니터 시장은 각각 2천 400만대, 640만대 이상으로 성장하여 전체 PC 시장의 23.6% 이상을 점유하고 있다. 이는 현재의 PC 4대중 1대는 이미 TFT-LCD를 사용하고 있다는 것을 말한다.

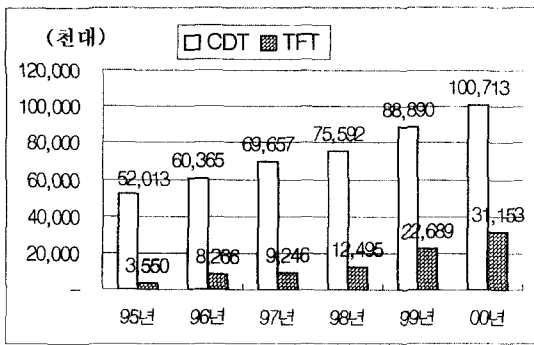
<그림 2>에 나타낸 지난 5년간의 CDT와 TFT-LCD의 시장 추이를 보더라도 CDT는 매년 평균 14%의 성장률을 보인 반면 TFT-LCD는 매년 평균 60%의 높은 성장률을 나타내고 있다. 향후에는 노트북 PC와 액정 모니터 응용뿐만 아니라 액정 TV, Navigator, Digital

(출처: 노무라 '00년 8월)



<그림 1> 응용 분야별 TFT-LCD 시장 추이

(출처: 노무라 '00년 8월)



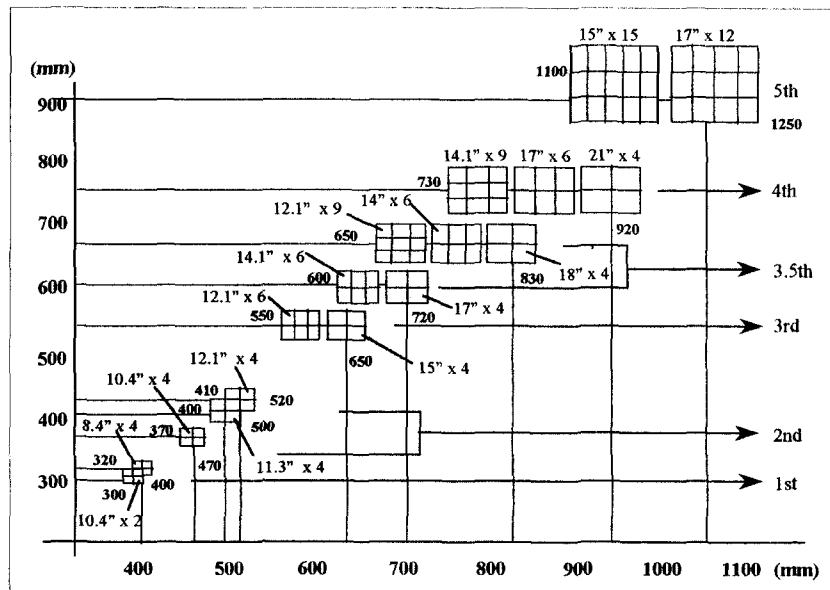
<그림 2> CDT와 TFT-LCD의 시장 주어

Camera, PDA, 휴대전화 등 각종 응용시장의 지속적인 확대를 통하여 TFT-LCD 산업의 성장은 더욱더 가속될 수 있음을 예측할 수 있다. CDT를 능가하는 성능향상과 지속적인 제조 Cost 절감을 통한 가격하락은 TFT-LCD의 수요를 급격히 확대하였을 뿐만 아니라 PC 시장에서의 LCD 모니터의 사용률을 크게 향상시켰다.

생산성을 향상시키기 위해 Chip 크기를 지속적으로 축소시키는 반도체 제품과 다르게 LCD

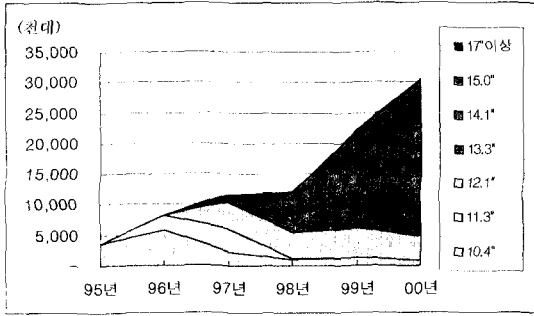
의 경우는 유리기관 크기를 확대해서 한 장의 유리기관에서 취득할 수 있는 LCD 제품 수를 증가시켜왔다. <그림 3>은 각 양산 세대별 유리기관 크기의 변화를 나타낸 것으로 TFT-LCD 제조에 사용되는 유리기관의 크기는 세대를 거듭할수록 지속적으로 확대되었다. TFT-LCD의 양산공정에서 유리기관 크기가 증가되면서 생산성은 비약적인 향상을 가져왔을 뿐만 아니라 LCD 제품의 대형화에 대한 시장 요구에도 효율적으로 대응할 수 있게 되었다.

노트북 PC의 경우 TFT-LCD 화면크기는 해상도 증가와 더불어 급속한 대형화가 이루어져서 도입 초기의 8.4~9.4인치에서 10.4인치로 발전하였으며 <그림 4>에 나타낸 것과 같이 본격적인 성숙기에 접어들어 '95년에는 주력 제품군이 12.1인치로 증가되었다. 현재는 그 주력 제품군이 이미 14.1인치로 변경되었고 수량측면에서도 전체 TFT-LCD시장의 50% 이상을 점유하고 있다. 노트북 PC에서는 최대 15인치 제품까지 보편화되면서 점점 그 비중이 높아지는 추세다. 액정 모니터에서는 단연 15인치급이 주력제품군을 이루고 있으며, 최근 대형 고해상도 모니터의 경우는



<그림 3> 양산 세대별 유리기관 크기 변화

(출처 : 노무라 '00년 8월)



〈그림 4〉 TFT-LCD 제품 크기별 추이

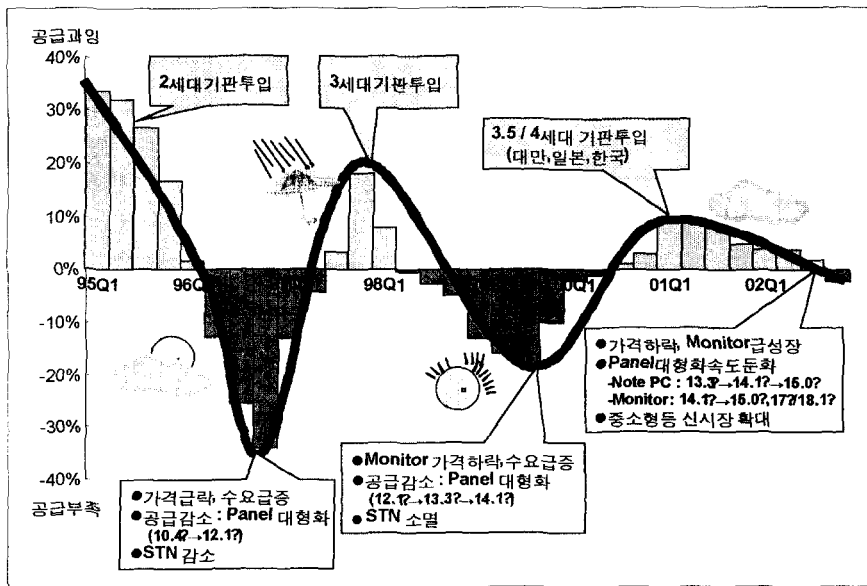
17인치 제품이 주력 제품군으로 부상하고 있으며 20인치 이상의 액정 모니터 제품도 출시가 되고 있다.

초기 도입기의 노트북 PC용 LCD 성능은 VGA (640×480) 해상도, 휘도 70nit, 3-bit Color (512색) 수준으로 CDT 대비 열등한 수준이었지만 지속적인 발전을 거듭하여 현재는 노트북 PC용 주력제품의 경우 성능은 XGA (1,024×768) 해상도, 휘도 200nit, 6-bit Color (262, 144색) 수준으로 향상되었으며 고성능 노트북 PC용 UXGA (1600×1200) 해상도 제품까지 상용화되

었다. 모니터용 LCD의 경우 화면 크기 및 해상도, 시야각 등 전반적인 성능은 CRT와 동등 또는 CRT를 능가하는 수준에 도달하였지만 TV 용도에 필요한 화면 밝기와 응답속도 등은 아직 CRT 수준에 못 미치고 있다.

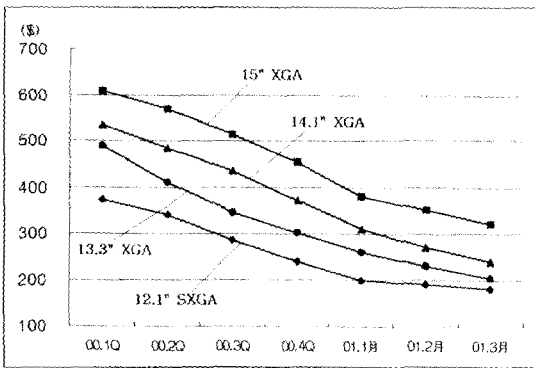
III. TFT-LCD 산업의 향후 전망

〈그림 5〉에 나타낸 것과 같이 TFT-LCD 산업은 과거의 경험에 비추어 보면 반도체 산업과 유사하게 수급균형이 약 2~3년의 주기로 반복되는 전형적인 Crystal Cycle을 따르고 있다. 이는 생산성이 대폭적으로 증대되는 차세대 신규 양산공장의 투자로 기인되는 급속한 생산량 증가 및 이에 따른 급속한 가격하락, 가격하락에 따른 수요의 급증으로 공급부족 발생 등 전형적인 수요-공급 패턴을 답습하고 있다. 가장 최근의 공급초과 현상은 '99년 이후 대만 5개사의 신규 사업참여 및 2000년 하반기부터 기존 일본 및 한국 업체의 본격적인 생산량 증대에 따른 공급과잉에

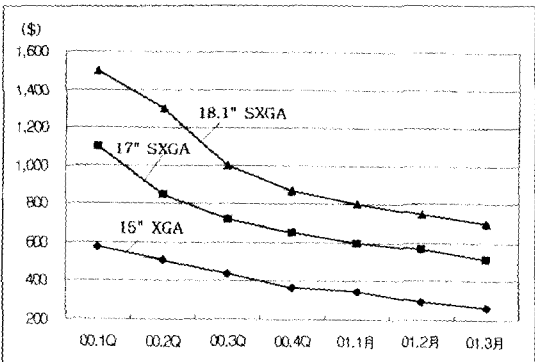


〈그림 5〉 TFT-LCD 수급 균형 추이

(출처: 노부라 '00년 8월)



〈그림 6〉 노트북 PC용 TFT-LCD 가격 추이



〈그림 7〉 모니터용 TFT-LCD 가격 추이

서 기인한 것이다. 과거의 패턴을 답습한다는 관점에서 보면 공급과잉은 2002년 상반기까지 유지되며 2002년 하반기부터 공급부족으로 전환하게 될 것이다.

〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 각각 노트북 PC용 및 모니터용 TFT-LCD의 가격 동향을 나타낸다. 노트북 PC의 가격동향을 보면 주력제품인 14.1인치의 경우 2000년 1/4분기의 \$535에서 2001년 3월의 \$240로 1년 사이에 55% 정도의 가격이 하락하였으며, 향후 1년 동안 추가적인 소폭 하락이 예상된다. 모니터용 LCD도 같은 기간 동안 주력제품인 15인치의 경우 \$575에서 \$250 수준으로 57%의 가격하락 동향을 보이고 있으며 이와 같은 추세는 노트북 PC용 제품의 경우와 같을 것으로 예측되고 있다.

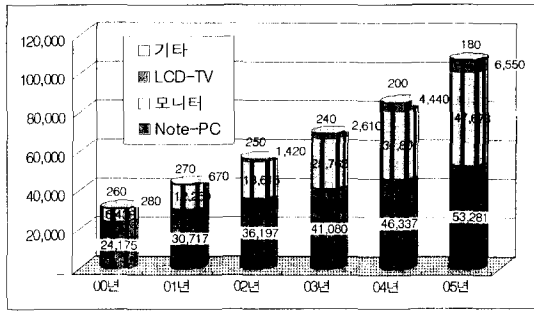
TFT-LCD의 시장 성장을 위해서는 중소형

제품 등 신규시장 창출도 매우 중요하지만 기존 시장의 확대도 중요하다. 성숙기에 접어든 노트북 PC 시장에서는 통상적인 성장을 이상을 기대하기에는 한계가 있기 때문에 액정 모니터를 통한 CDT 시장의 대체수요 증대를 통하여 효과적인 LCD 시장의 확대를 도모할 수 있다. 그러나 이와 같은 대체수요는 기존 제품인 CDT 모니터 제품과의 가격대비가 가장 민감하게 수요자 구매 동향에 반영되기 때문에 지속적인 TFT-LCD의 제조 Cost 절감을 통한 저 가격화가 추가적인 TFT-LCD 시장 성장의 최대 관건이라고 할 수 있다.

최근의 수급 불균형으로 인한 모니터용 LCD의 가격하락에 따라 LCD 모니터 제품의 시장가격이 15인치 XGA와 17인치 SXGA급 제품이 각각 \$500 이하, \$1000 이하가 예상되어 CDT 대체수요가 급속히 증가할 것으로 예상된다. 동급 CDT 모니터 대비 LCD(15인치와 17인치 크기의 LCD 화면크기는 각각 동급의 17인치와 19인치 CDT의 화면크기에 해당)의 가격은 이미 2.5배 수준으로 좁혀졌으며 '03년까지 2배 이하에 도달할 것으로 예상되어 CDT 대체수요가 폭발적으로 증가하여 전반적인 수급은 앞서 논한 것과 같은 균형을 보일 것으로 예상된다. 그러나, 현재의 공급과잉에 따른 급속한 가격하락은 새로운 수요증가를 창출하는 장점이 될 수 있지만 지속적인 제조 Cost의 절감 없는 가격하락에는 한계가 있다.

10인치급 이상의 TFT-LCD의 시장전망은 〈그림 8〉에 나타낸 것과 같이 2000년 3,150만개에서 2005년 1억 770만개로 약 3.5배 성장할 것으로 전망된다. 이중 노트북 PC용 LCD는 2,400만개에서 5,300만개로 약 2.2배 증가에 그치지만, 모니터용 LCD는 650만개에서 4,770만개로 7.3배 성장하여 TFT-LCD 시장 성장의 견인차 역할을 할 것으로 예측된다. 이러한 예측은 2005년 CRT 1.8억대의 60% 수준에 달하는 것으로 2000년 CDT 수량과 동등 규모다. 그러나 금액 측면에서 보면, 앞서 거론된 10인치급 이하의 중소형 제품 시장에서도 지속적인 확대가

(출처: 노무라 '00년 8월, IDC '01년 1월)



<그림 8> TFT-LCD의 시장 전망

예상되고 있어 TFT-LCD의 시장규모는 2003년 2.7조엔, 2005년 4.2조엔 이상이 예상되어 향후 5년 안에 금액적으로 CDT 시장규모를 추월할 것이 확실시 된다.

새로운 멀티미디어 응용제품의 등장으로 비약적인 성장이 예상되는 PDA, 휴대전화용 중소형 디스플레이는 동화상의 대응의 필요성으로 인하여 TFT-LCD의 중요도가 한층 높아지고 있다. 이와같은 신규 응용시장에서 TFT-LCD는 OLED(유기EL), FED(전계 발광 디스플레이)등의 기술과 각축을 벌이고 있지만 이들 제품에서 TFT-LCD의 사용확대는 지속될 전망이다. 이같은 중소형 제품의 급격한 수요증가는 TFT-LCD의 괄목할만한 추가적인 시장성장의 배경을 제공하고 있다.

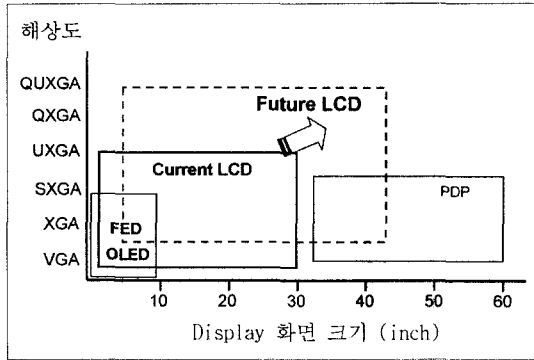
중소형 시장에 이어 LCD-TV 시장의 진입도 최근에 본격적으로 시작되었다. 또한, Digital 방송을 통한 방송채널의 다양화 및 개인용구 충족을 위한 거실 TV 시대에서 각방 TV 시대가 조만간 도래할 것이 확실시 되고있다. 현재 대부분의 가정은 이미 2대 이상의 TV를 보유하고 있다. 그러나 거실을 제외한 각 방에 설치되는 TV는 그 설치공간의 제약 때문에 액정 TV가 최적의 선택이 될 수 밖에 없다. 즉, 멀티미디어 Network의 보급확대와 더불어 TV 및 PC 수요가 더욱 확대될 것이나, 모든 방마다 CRT TV를 설치하는 것보다 액정 TV를 필요에 따라 이리저리 옮겨 다니며 사용하는 형태로 발전할 것이다. 이와 같은 소비자의 욕구를 만족할 수 있

는 최적의 Display는 거치의 편리성 및 이동성이 우수한 TFT-LCD를 이용한 LCD-TV다. 여러 FPD 시장 조사기관은 2000년 약 35만대에 불과한 LCD-TV의 시장은 2005년에 약 500만대 이상으로 성장하여 전체 TV 시장의 약 4%를 점유할 것으로 예측하고 있다. 그러나, 본격적인 LCD-TV의 보급은 HDTV 방송이 보편화되는 시점 이후로 예측하고 있다.

IV. TFT-LCD 산업의 과제

현재의 TFT-LCD 산업의 당면과제는 미국 및 일본지역의 경기침체로 PC 시장의 성장이 둔화되고 있어 TFT-LCD 수요증가의 걸림돌이 되고있는 점이다. 따라서 이와 같은 TFT-LCD의 PC 산업 의존도를 낮추지 않으면 TFT-LCD 시장은 PC 경기에 좌우되어 향후에도 과거의 Crystal Cycle에서 크게 벗어날 수 없다. 이러한 경기 Cycle에서 벗어 내려면 PC 산업 의존도가 없는 LCD-TV, PDA, 휴대폰 등과 같은 신규시장의 개척이 무엇보다도 중요하다.

LCD-TV의 시장 확대를 위해서는 제조 Cost의 절감뿐만 아니라 기존 CRT TV를 능가하는 응답속도의 개선과 시야각 확대 등 기술적인 문제가 선결되어야 한다. CRT 수준의 동화상 구현을 위해서는 LCD의 응답속도를 Display의 Frame 속도인 16.7ms 이하로 향상시킬 필요가 있으며 휘도는 CRT TV 수준으로 향상이 되어야 한다. 또한 현재의 CRT TV 수준으로 LCD의 크기도 크게 증대되어야 한다. 그러나 현재의 기술적인 수준은 CRT 제품에 미치지 못하고 상대적으로 고가이면서 그 크기도 30인치 이하로 제한되고 있다. 본격적인 LCD-TV의 시장확대를 위해서는 TFT-LCD의 성능 개선과 함께 대형 LCD 제품의 저 가격화가 관건이다. <그림 9>에 나타낸 것과 같이 TFT-LCD의 응용시장 범위는 현재의 기술수준으로는 약 30인치급까지이지만 2~3년 내에 40인치 이상의 양산기술이 확



〈그림 9〉 TFT-LCD의 발전 전망

보될 전망이어서 향후에는 Plasma Display Panel(PDP)과 Display Size 측면에서 경쟁을 할 수 있는 시대가 도래할 것으로 예상된다. 중소형 TFT-LCD에서는 소비전력 및 Display 성능에서 많은 개선이 이루어졌으나 아직까지 STN-LCD 및 OLED를 능가할 수준의 저가격화 특성에는 도달하지 못하여 향후에도 지속적인 노력이 필요하다.

TFT-LCD는 반도체와 마찬가지로 막대한 시설투자가 필요한 장치산업이기 때문에 투자비 조달 및 감가상각 등에 기인된 원가부담이 발생한다. 또한 TFT-LCD는 전체 제조 Cost 중 재료비 비중이 반도체의 그것에 비하여 월등히 높은 60%에 달하여 TFT-LCD 제조업체의 기술혁신을 통한 수출 및 생산성 향상만으로는 제조 Cost를 크게 낮출 수 없다. 따라서 TFT-LCD의 제조 Cost를 낮추기 위해서는 TFT-LCD 제조업체의 공정단축 및 수출향상 등의 노력뿐만 아니라 양산설비 공급업체의 설비효율 향상과 설비 제조 Cost 절감과 Color Filter, Drive IC, Back Light, Polarizer 등 주요 부품 및 부자재 공급업체에 의한 재료비 Cost 절감 노력이 동시에 필요하다. 각 TFT-LCD 업체는 2005년에 주력제품에서 인치당 \$10을 목표로 기술개발과 제조혁신 등 각종 노력을 기울이고 있다.

급속한 가격하락 및 TFT-LCD 대형화에 따라 PC용 대형 TFT-LCD 시장은 생산성이 좋은 600×720mm², 680×880mm², 730×920mm²

등 차세대 대형기판 위주로 재편되고 초기의 유리기판 크기인 300×400mm², 370×470mm², 550×650mm² 크기의 기판은 PC용 제품생산에서 경제성이 현격하게 저하되기 시작했다. 이것은 보다 고 효율의 신규라인의 신설에 따라 기존 양산 시설의 활용이 문제가 되고 있는 반도체 산업과 유사한 현상으로 TFT-LCD 산업에서도 최근 들어 생산성이 우수한 대형 유리기판을 사용하는 신규라인의 투자가 이루어 짐에 따라 경제성이 떨어지는 초기 2, 3세대 라인에 활용이 문제로 등장하고 있다. 따라서, 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 최근에는 초기 2, 3세대 유리기판 크기의 설비를 보유하고 있는 업체들을 중심으로 대형 TFT-LCD 제품 생산에서 중소형 제품 생산으로 방향을 전환하기 시작하였다.

TFT-LCD 산업의 발전을 위해서는 CRT에 필적하는 저 가격화 및 성능향상을 통한 대체수요의 증대와 신규 응용시장 창출 등을 통하여 지속적으로 수요를 증대시켜야 한다. 지난 10년 동안은 Display 산업의 중추 역할을 하고 있는 CRT와 본격적인 경쟁을 피하고 TFT-LCD 고유의 장점을 살린 노트북 PC 시장과 아직은 점유율이 낮은 LCD 모니터 시장을 통하여 성장하였지만 이제는 본격적인 CRT와 경쟁을 피하고서는 지속적인 성장을 할 수 없게 되었다. 또한 PC 시장 중심에서 탈피하여 TFT-LCD 특유의 장점을 살리는 중소형 진입을 강화하고 현재 진전되고 있는 CRT 모니터 대체의 가속화 및 LCD-TV 시장 진입이 필요하다.

CRT에 필적할만한 저 가격화 달성을 위해서는 TFT-LCD 제조업체, 설비 업체 및 재료업체의 공동의 노력이 필요하다. TFT-LCD 업체는 유리기판의 대형화를 통한 생산성을 지속적으로 향상하고 공정단순화 및 수출향상을 통하여 제조 원가를 낮추어야 한다. 특히 TFT-LCD의 제품 표준화를 통하여 각종 부품 및 원부자재의 표준화를 달성하여 부품 공급업체의 생산성을 향상시켜 규모의 경제를 달성하여 획기적인 재료비 절감을 추진해야 한다.

지속적인 기술개발을 통하여 신규 응용제품 시

장을 창출하고 대형 LCD 분야에서의 CRT와 본격적인 경쟁이 필요하고 중소형 분야에서는 STN-LCD 및 OLED와 시장점유 경쟁을 위해서 저 소비전력화와 저 가격화를 반드시 달성해야 한다. LCD-TV의 본격적인 도입을 위해서는 CRT 수준의 동화상 구현을 위한 액정기술 개발이 이루어져야 하며 PDP와 경쟁할 수준의 제품 크기를 실현할 수 있는 생산기술 개발도 필수적이다. 장기적인 관점에서 System On Glass 달성을 위해 저온 Poly-Si TFT 기술의 지속적인 발전도 필요하다.

V. 결 론

TFT-LCD는 21세기에 FPD 산업의 중추적인 역할을 지속할 것으로 예측되며 지속적인 생산성 향상과 제조원가 절감을 통한 저 가격화의 노력으로 CRT를 급속히 대체해서 Display 산업의 핵심 부분으로 부상할 것이 확실시 된다. 그러나 현재는 Crystal Cycle이라는 수급불안에 의한 경기 부침이 매우 심각한 구조적인 문제점이 있으며 이를 극복하기 위한 노력이 절실히 요구되고 있다. 중대형 TFT-LCD의 저 가격화는 지속적으로 추진되어 30"급 이하의 모든 Display 영역에서는 확실한 우위성을 보일 것으로 예상되어 급속한 CRT 제품의 대체 수요 증가가 계속되며 대형화 양산기술의 확충으로 2~3년 안으로 40인치급까지는 PDP와도 경쟁을 할 것으로 기대된다. 중소형제품 응용시장에서는 TFT-LCD 뿐만 아니라 STN-LCD 및 OLED가 시장 확장을 위한 각축이 예상되지만 TFT-LCD의 응용제품 시장은 중소형 제품과 LCD-TV 시장까지 지속적으로 확장되어 2005년 경에는 약 4.2조엔 시장으로 성장하여 TFT-LCD 시장은 CRT 시장을 능가하는 제1의 Display 산업으로 자리잡을 것이다.

저 자 소 개



金相洙

1956년 7월 9일생, BS: 1983년 서울대학교 자연과학대학 물리학과 졸업, Ph.D.: 1990년 North Carolina State University, Semiconductor Physics 전공, 1990~현재: 삼성전자 AMLCD 사업부 연구위원(상무급), 담당업무: TFT-LCD 개발팀장, <주관심 분야: Flat Panel Display>



金烘均

1964년 11월 28일생, 1992년 2월 한양대학교 금속공학과 졸업, 1991년 12월~현재: 삼성전자 AMLCD 사업부 과장, 담당업무: TFT-LCD 사업 기획업무, <주관심 분야: Flat Panel Display>