

디스플레이 산업에 응용되는 유리재료

차명룡, 김재명, 전재삼, 김형순
 인하대학교, 신소재공학부
 kimhs@inha.ac.kr

디스플레이용 소재는 국가 산업경쟁력을 강화시킬 수 있는 고부가가치의 기능성 신소재로서 21세기 국가 주력산업으로 주목받고 있는 디스플레이 산업의 발전 및 구조에 혁신적 변화를 초래할 수 있을 것으로 전망된다. 최근 디지털 방송 실시에 따라 소비자들의 고품질 욕구를 충족시키기 위해 기존의 디스플레이 시장을 주도했던 브라운관 방식의 CRT (Cathode ray tube) 제품에서 경박단소, 저소비전력, 대형화면의 평판디스플레이(FPD) 제품인 TFT-LCD, PDP, FED, OLED을 중심으로 하는 FPD(Flat Panel Display) 제품이 등장하여 새로운 디스플레이 시장을 구축하고 있다. 수요량의 증가에 따른 대량생산으로 인한 가격하락과 성능향상, 판매호조에 힘입어 판매시장의 점유율이 더욱 가속화될 전망이다 (Table 1, 기술 방식별 평판 디스플레이 시장동향). 디스플레이 시장이 급변하고 있는 상황에서 대형 디스플레이 시장에서는 PDP(Plasma Display Panel)가, 40 인치급 이하의 중소형 디스플레이 시장에서는 LCD(Liquid crystal Display), 중소형 디스플레이 시장에 자체 발광소자를 이용한 OLED (Organic Light Emitting Diode), FED (Field Emission Display) 가 주목할 만한 성장을 보여주고 있어 중소형 시장의 한 축을 담당할 것으로 예상된다.

디스플레이 산업시장은 모니터, TV, 이동통신 기기 등을 중심으로 가장 빠르게 성장하고 있는 전자산업분야로, CRT의 비중은 점차 감소하고, 평판디스플레이(FPD)를 중심으로 시장이 성장하고 있다. 2003년 616억 달러에서 2007년 906억 달러, 2012년 1,400억 달러로 급속히 늘어날 전망이며, 특히 평판디스플레이 시장은 2003년 288억 달러였으며, 연평균 20% 이상 고성장이 예상된다. 한국 디스플레이 산업은 이미 CRT에서 세계 최대 생산국(세계시장의 약 50% 점유)이고, TFT-LCD의 경우 2001년

이후 삼성전자 및 LG필립스 LCD를 중심으로 세계시장의 43% 이상을 점유하고 있어 한국의 대표산업으로 자리를 잡아가고 있으며, 1995년 양산이후 연평균 23% 성장하여, 수출주력산업으로 부상하고 있다. PDP 산업 또한 삼성SDI, LG전자 등을 위주로 많은 자본을 투입하고 있으며, 시장점유율 향상을 위한 효율 향상과 저가격화에 주력하고 있다 (Table 2: 국산화율 현황). 최근 시장이 본격적으로 형성되고 있는 OLED 산업 또한 국내 기업들이 대규모 투자 및 연구개발을 진행하고 있다.

디스플레이 산업은 유리기관, 구동 IC, 컬러필터 등 원자재를 공급받아 가공·조립하는 시스템 산업인 동시에 컴퓨터, 모니터, 가전 등 핵심부품을 공급하는 부품산업의 특성을 띄며 이 산업의 발전은 전·후방 산업에 막대한 연관효과를 지닐 것으로 본다. 현재 FPD의 가장 큰 시장은 컴퓨터 분야로 노트북 PC와 모니터 시장이며, 최근에는 가전·정보통신기기 분야에서 TV와 캠코더, 디지털 카메라, 휴대폰 등을 중심으로 수요가 급증하고 있다.⁸⁾

이렇듯 다양한 디스플레이 제품의 등장 배경은 기존의 기술간 상호접목에 따른 연계성이 크게 작용하였으며 대중적 요구에 적합한 모델 구상에 따른 결과물이라 할 수 있다. 이 특집에서는 이러한 디스플레이에 대한 간략한 언급과 유리재료가 어떤 부품에 어떤 목적으로 활용되며 앞으로의 성능 개선의 역할 및 방안 등을 고찰하고자 한다.

1. CRT (Cathode Ray Tube)

CRT는 음극선관이라고 말하며, 일명 브라운관이라고 하기도 한다. R, G, B 세 가지 색으로 구성된 한 개의 전자총이 전기신호를 전자빔의 형태로 형광면에 쏘아

Table 1. 기술 방식별 평판 디스플레이 시장동향

(단위 : 백만 달러)

년도	2003	2004	2005	2006
TFT-LCD	26,388	32,932	41,593	48,748
PDP	1,785	2,679	4,297	5,799
OLED	276	633	1,110	1,641
STN-LCD	4,740	3,137	2,852	2,710
Others	4,466	5,088	6,183	7,711
Total	37,657	44,170	56,038	66,511

(Ref: Display Search PDP, 2003)

Table 2. 디스플레이 소재 국산화율 현황

구분	TFT-LCD		PDP		유기EL/LED	
	부품·소재	장비	부품·소재	장비	부품·소재	장비
국산화율	50%	30%	30%	20%	10%미만	10%미만

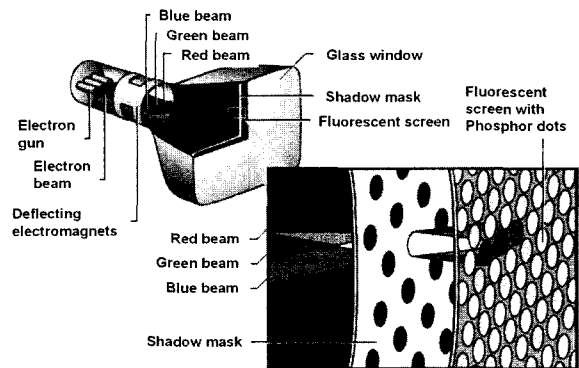
광학 상으로 변환하여 표시하는 장치로 CRT는 가장 널리 사용되고 있으며, 표시품질과 가격성능비가 우수하다는 장점을 가지고 있다. CRT는 진공의 유리관 속에서 전자총이 발사한 전자빔은 전자렌즈로 집속돼 유리관의 목 부분에 부착된 편향 요크의 자계에 의해 형광면의 소정의 위치로 향하도록 굴절돼 전자빔과 부딪친 형광체가 빛을 발하는 원리를 가지고 있다.¹⁾

표시장치 중 역사가 가장 오래된 디스플레이로서 휘도, 시야각, 동화상 표현, 색상 등에서 성능이 가장 우수하나 부피가 큰 단점이 있다. 현재는 표시장치의 경박단소화 추세로 새로운 용도에 대응한 새로운 표시장치인 평면디스플레이(FPD)에 대한 연구가 급진전됨에 따라 기존의 CRT에서 가로 세로의 비율을 4:3 에서 16:9의 광폭 TV용 CRT가 생산될 뿐 아니라, FPD에 대응하는 CRT 기술개발인 flat 화, slim화를 추구하여 FPD가 장기적인 기술개발을 통해서 해결하거나 추월하기 어려운 CRT만의 장점을 더욱 발전시킬 전망이다.

CRT에 사용하는 유리재료는 외부를 구성하는 panel(전면유리)와 funnel(후면유리)로 되어져 있으며 외면곡율이 평평한 것은 flat 제품이고, 둥근 것은 curved 제품이다.

1.1 패널유리 (Panel Glass)

CRT의 전면 즉 화면에 해당되는 부분으로서 진공용기의 일부를 구성함과 동시에 전기신호로 전송, 수신된 영상정보가 최종적인 시각정보로 변환되는 곳이다. 패널의 안쪽에 형성된 형광면은 빛의 3원색인 R(red),



(출처 : <http://my.netian.com/~yuseoks/main/data2/data2.html>)
Fig. 1. CRT 기본 구조 및 구동 원리.

G(green), B(blue)의 각 색성분으로 구성된 3원색 형광체 화소가 영상면의 구성요소로서 패널 내면에 피착(被着)된다. 전면유리에 사용되는 조성은 SiO₂ (60-61.5), PbO (0-2.3), Na₂O (7.4-8.0), K₂O (7.0-7.6), MgO (0-0.4) CaO (0-1.5), SrO (8.1-9.0), BaO (9.0-9.6), ZnO (0-0.5), ZrO₂ (1.5-2.5), TiO₂(0.4-0.5), CeO₂ (0.3-0.4), Al₂O₃ (2.0-2.2), Sb₂O₃ (0.2-0.4) (중량 비)등 원료를 배합하여 사용하고 있다. CRT 용 유리가 가져야 하는 특성 중, 전면유리에서는 투광성 및 색조를 가져야 하며 동시에 고전압으로 가속된 전자가 새도 마스크와 유리에 충돌하기 때문에 양극전압 및 전류에 의존한 X선이 발생하므로, X선 흡수 특성 (>28/cm) 가져야 한다.

1.2 펀넬유리(Funnel Glass)

패널과 함께 진공용기의 일부를 구성한다. 펀넬은 깔때기 모양의 콘부와 전자총이 삽입되는 네크부로 구성된다. 콘부에는 양극 전압공급단자가 부착되어 있으며 내부에는 내부도 전막이 도포되어 있다. 내부 도전 막은 새도마스크와 전자총의 최종전극에 양극전압을 공급하는 기능을 포함한다. 후면유리의 조성은 SiO₂ (55-58), PbO (22-24), Na₂O (6-6.6), K₂O (7.3-8.5), MgO (2.0-3.0) CaO (3.0-3.5), A₂O₃ (1.5-2.5), Sb₂O₃ (0-0.2) (중량 비)등 원료를 배합하여 사용하고 있다. 특히 후면유리에서 X선 흡수계수 (>62/cm) 에 PbO 역할이 크다.

1.3 봉착재 (Sealing)

Al 증착이 완료된 panel과 frit 도포가 완료된 funnel을

서로 결합시켜 브라운관 내부의 진공을 유지하기 위한 bulb를 형성하는 공정으로 봉착재로 쓰이는 프릿 유리로 는 주로 PbO, B₂O₃, 그리고 ZnO를 사용한다. 봉착유리 는 nitrocellulose와 solvent와 같은 바인더와 함께 혼합 하여 제조한다. 이 페이스트는 ribbon의 형태로 panel 유 리, funnel의 모서리 부분에 도포된다.

1.4 산업동향 및 기술동향

최근 세계시장이 기존의 CRT보다는 TFT-LCD 등의 고부가가치의 차세대 디스플레이로 추세가 변화되고 있는 현실과 맞물려 CRT산업구조도 구조개편이 가속화되 었을 뿐 아니라 CRT 개념도 과거와는 달리 변화하고 있 다. 현재 소비자들은 시각적으로 자연화상을 재현한듯한 완전평면의 flat화, 고정세, 고해상도, 고휘도, 대형화, 경 량화, 환경친화형, 슬림화를 추구하고 있고 업계에서도 이의 요구를 수용하기 위해 기술개발에 박차를 가하고 있다. 현재 국내 CRT 3사의 시장점유율은 세계 1위를 차지하고 있으며 제품 경쟁력 또한 우수한 것으로 평가 되고 있으나 최근 들어 급속한 가격 하락 및 TFT-LCD 의 영향으로 CRT가 위협을 받고 있다. 그러나 주변 환경 과 향후 시장전망을 살펴보면 디지털 TV방송, 신규시장 수요, 웹 TV 시장 성장 등으로 완만한 성장이 예상된다.

오늘날까지 LG필립스와 삼성 SDI가 두 축이 되어 세 계시장을 선도하고 있으나, TFT-LCD, PDP등의 눈부신 기술 발전으로 인해 CRT가 디스플레이 시장에서 설 자리가 점점 좁아진다. 또한 상대적으로 생산 비용이 적게 드는 동남아, 중남미, 중국등지에서 제조함으로써 가격 경쟁력을 확보는 물론 해외이전에 따른 운송관련 제반 문 제를 해결하려고 노력하고 있으며 CRT보다 FPD의 수

요가 증가하는 선진국보다 상대적으로 경제력이 약한 개발도상국 및 후진국에서는 CRT 꾸준한 수요가 있을 것으로 보여 이들 국가를 상대로 한 판매 시장점유율을 늘리고 있다. 즉 CRT의 강점인 고휘도, FPD 대비 저가 격의 장점을 살리고 평면화, 와이드화, 대형화 기술개발 에 더욱 박차를 가한다면 전세계 CRT 분야의 선두주자 로 한국 경제에 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

2. PDP (Plasma display panel)

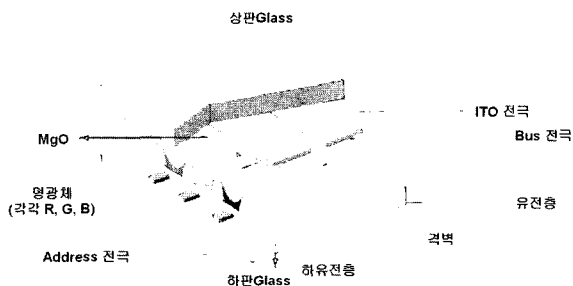
PDP는 전면유리와 배면유리 및 그 사이의 칸막이에 의해 밀폐된 유리사이에 Ne, Ar, Xe 등의 가스를 넣어 양 극과 음극의 전극에 의해 전압을 인가하여 발생하는 플 라즈마 가스방전에 의해 발생된 진공자외선으로 격벽에 도포된 형광체를 여기시켜 가시광선을 방출함으로써 이 미지를 구현하는 전자표시 장치다. PDP에는 유리재료로 전·배면기판과 유전체, 봉착제 등에 광범위하게 사용되 어지고 있다.²⁾

2.1 기판 유리 (디스플레이 유리)

PDP용 전·배면 유리로 PDP의 모든 구성품들이 기 판 유리위에 형성이 된다. 현재는 일본 ASAHI Glass의 PD200 유리를 주로 사용하고, 예전에는 soda-lime 유리를 주로 사용하였다. 기판유리가 가져야할 가장 큰 특징 은 높은 왜곡점(>600°C), 적절한 열팽창율 (75±5×10⁻⁷/°C)과 고투과율이다. 이러한 기판유리의 열적특성에 따 라 PDP의 다른 대부분의 구성품들의 열적특성이 결정 되어지기 때문에 변하지 않은 일정한 특성을 가져야 한 다. 현재 사용되고 있는 기판유리 (조성: SiO₂ (57.6), Na₂O+K₂O(10.4), MgO+CaO+SrO+BaO(21.6), ZrO₂ (3.1) Al₂O₃ (7.1) (중량 비) 는 높은 가격으로 인해 예전에 사 용되어지던 soda-lime 유리를 사용하려는 움직임과 또 국 내기업에서 자체생산을 위한 연구가 이루어지고 있다.

2.2 격벽(Barrier Rib) 재료

상판과 하판의 방전공간을 확보하고, R, G, B 형광체가 서로 섞이지 않도록 하고, 전면판을 지지하는 기능으로 현재 상용중인 격벽재료는 PbO-B₂O₃-ZnO-Al₂O₃계 유리



(출처: <http://www.samsungsdi.co.kr/contents/kr/product/pdp/structure.html>)
Fig. 2. PDP의 기본 구조

분말을 주성분으로 한다. 이 조성을 프린트로 하여 유기 물과 적절한 점도를 갖게 혼합하여 페이스트를 제조한 후 기판 유리에 일정 두께로 도포하고 다양한 공법으로 격벽을 형성한 후 소성한다. 가장 일반적인 격벽 형성방법은 페이스트를 테이블 코팅 방법 또는 인쇄 방법에 의해 도포하고 건조한 후 상부에 DFR(Dry film resistor)를 형성한 후에 노광, 현상 과정을 거치고 샌드블러스팅(sand blasting)공정을 이용하여 미립의 분말을 고속을 분사하여 셀을 형성하는 방식이다. 샌드블러스팅 방법이 격벽 소성 전에 하는 것과 달리 소성 후에 격벽 셀을 형성하는 에칭 공정을 새롭게 개발하여 유용하게 활용되나 에칭시 산의 이용에 따른 환경문제점이 단점으로 지적되고 있다.

이 외에도 격벽 셀 모양을 미리 본뜬 롤로 그린시트위를 하중을 가해서 격벽 셀을 형성하는 embossing 공정법도 연구 보고 되어졌다. 격벽 형성 방법뿐만 아니라 격벽 셀 구조도 기존의 스트라이프(stripe)타입 외에 와플형, honeycomb형, 팔각형 타입 등 다양한 모양으로 좀 더 효율적인 luminance을 얻기 위해 다양한 공법들이 연구 보고 되어지고 있다. 격벽 셀의 단면을 세부적으로 나누어 보면 각 부분의 특성에 맞게 상부 층은 전면판과의 밀착과 접촉강도, 하부 층은 기판과의 밀착과 접촉강도, 그리고 중간층은 진동강도 대응이 요구되어진다.

이 격벽재료는 환경문제를 고려하지 않을 수 없는데 향후, 셀 크기가 작고 aspect ratio가 크게 closed cell 구조를 갖게 되면 재료 낭비가 많은 측면에서 상용 PbO를 대체할 친환경적인 무연재료의 필요성이 크게 대두되고 있다. 이 조건을 갖출 소성온도가 낮고 적절한 기계적 강도 등의 특성을 만족할 만한 새로운 lead-free frit 조성 개발과 함께, 공정 중 재료의 소비가 많은 단점을 극복할 만한 신공정의 연구개발이 이루어져 재료비 절감과 산업폐기물의 유발을 억제해야 할 것이다.

2.3 유전체(백색유전체, 투명유전체) 재료

PDP에서 유전체 재료는 크게 두 가지로 구분된다. 전면기판의 유지전극을 보호하는 투명유전체, 배면기판의 address 전극을 보호하는 백색유전체가 있다. 전면기판의 유전체는 방전광을 투과시키기 위해 투명하게 형성하며, 배면기판의 유전체는 방전광이 배면기판 쪽으로 투

과되는 것을 막기 위해 백색으로 형성한다. 백색유전체 재료는 PbO계 유리가 주로 사용되고 있으며 높은 백색도를 구현하기 위해 TiO₂ 등을 첨가하여 방전광이 배면기판 쪽으로 투과되는 것을 방지한다.

투명유전체는 주로 상판의 유지전극(bus전극)을 보호하는 역할을 하고, 형광체에서 생기는 방전광이 통과해야 하기 때문에 높은 광투과율을 요구한다. 또한 소성온도에 적합한 열적특성과 기판유리와의 열팽창계수의 일치 등의 조건으로 많은 연구가 이루어지고 있는 재료이다. 투명유전체에 쓰이는 유리는 높은 광투과율과 열적특성조절이 용이한 PbO계가 사용되어 오고 있다. 투명유전체에서 필요로 하는 특성은 높은 투광성 함께 전극과의 무반응성으로, 전극위에 유전체를 페이스트 혹은 green sheet 형태로 막을 형성 후 소성 시 bus 전극에서 Ag이온이 빠져나와 유전체 쪽으로 확산을 통해 변색을 띠게 된다. 이러한 황변현상이 발생하는 메커니즘이 아직 밝혀지지 않았으나 공정부분과 유리조성부분에서 해결을 하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다.

이러한 유전체재료는 현재 거의 대부분이 PbO 계통의 유리를 사용하고 있다. 그러나 Pb를 포함한 유리재료는 환경오염에 심각한 영향을 끼치게 때문에 무연을 지향하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 특히 B₂O₃-ZnO, P₂O₅, Bi₂O₃ 유리계 등에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 그러나 유전체 연구의 초기에 나타났던 문제점들(열적특성, 투광성, 황변현상 등)이 PbO계 유리에서는 많은 연구 성과를 이루어 해결하고 있지만 무연계 조성에서는 미비된 문제점들에 대한 연구 개발이 필요한 실정이다.

2.4 봉착재(Sealing) 재료

배면 유리판과 투명 표시전극이 형성된 전면 유리판을 봉착하여 조립하는 역할을 하는 것으로 저온소결 가능한 PbO 계열의 프린트를 사용한다. 결정화유리에 적절한 filler를 첨가하여 좋은 특성을 갖을 수 있게 연구 개발 중이다. 요구되어지는 특성은 다음과 같다. 기판유리와의 열팽창 매칭- 재료 간 열팽창율 차에 의한 잔류응력의 발생을 억제해야 하며 기밀성, 유전특성, 절연특성, 화학적 내구성, 저온소결 등의 필요하다. 또한 소성된 봉착재 높이 편차에 의한 패널응력 및 화질 불균일이 발생

하지 않도록 조성간의 배합이 잘 이뤄지도록 해야 한다. 최근 PDP를 제조 시 휘도, contrast 등의 향상을 위해 전면판과 배면판을 접합 후 격벽과 전면판의 MgO층 사이를 미세하게 떨어뜨려놓는 공정이 몇몇 기업과 연구처에서 이루어지고 있다.

이러한 공정이 많이 활성화될 경우 봉착재의 수축율에 대한 연구가 많이 이루어져야 할 것이다. 봉착재 또한 주성분이 PbO 유리를 사용하고 있으므로 봉산, 인산염계 유리 등의 친환경재료를 이용한 연구가 산학연간의 연구개발이 진행되고 있는 상황이다.

2.5 국내외 산업동향 기술 동향

PDP 시장은 2000년대에 들어서면서 본격적으로 형성되기 시작하였으며, 가전용, 즉 벽걸이 TV 등이 전체 시장의 60~70% 이상을 차지하고 이외에 실내외 대중용 디스플레이 기기 등이 나머지 시장을 점유할 것으로 보인다. PDP는 42인치용 주력제품으로 양산하고 있지만 2001년에 삼성전자와 LG전자에서 30~40인치 HDTV용 TFT-LCD 패널을 잇달아 출시하면서 성능이나 가격적인 면에서의 경쟁력 강화가 시급히 요구되고 있다.

PDP 연구개발동향은 고 효율화, 고 화질화, 저 가격화가 주를 이루고 있다. PDP의 효율 향상을 위한 연구로 ① 신 방전 모드의 개발, ② 신 방전셀 디자인 개발, ③ 고효율 방전 개스 조성 개발, ④ 고효율 형광체 등이 있으며, 화질 향상을 위한 연구로 ① 의사 윤곽 제어 기술의 개발, ② 콘트라스트 비 향상 기술, ③ 피크 휘도 향상 기술 개발, ④ 이미지 고착(image sticking) 방지 기술 개발 등이 있고 저가격화를 위한 연구로 ① 신 격벽 제조 공정 개발, ② 형광막 형성 공정 개발, ③ 전극 제조 공정 개발, ④ 구동 회로 간소화 기술 개발, ⑤ 다면취기술 적용 등 전 영역에 걸쳐 폭 넓게 고려되고 있다. 그리고 M/S의 전망에 따르면, 제조원가의 절반을 차지하는 모듈 원가가 저전압 설계, 다면취 등을 통해 절감될 여지가 크다고 볼 때, 연간 20% 수준의 가격하락을 예상하면, PDP TV와 CRT 프로젝션 TV의 가격차이가 2.5배가 되는 2006년에는 PDP TV의 잠재 시장 규모는 전체 대형 TV 시장의 60%에 해당하는 1,000만대 수준이 될 것으로 전망하고 있다. KDC의 예측자료에 의하면 2004년 세계

PDP의 시장점유는 삼성 SDI가 24%를 차지하여 1위를 차지할 것으로 예측되며, 마쓰시타가 20%, LG 19%, FHP 16%, 그리고 합병을 한 NEC-Pionnner가 11%로 5위를 차지할 것으로 예상함. 그러나 일본의 파이오니아 추정에 의하면 NEC-Pionnner가 22%로 점유율 1위를 예상하고 있으며 2005년 이후는 삼성 SDI와 LG전자가 세계시장에서 선두다툼을 할 것으로 예상된다. 시장판매를 보면 2003년도 PDP TV 수요의 절반 이상이 42인치급으로 나타났으며, 작은 사이즈의 수요는 점차 줄어들고 대형화 경향이 나타나고 있음. 이러한 추세는 소비자들의 고급화와 대형화 욕구와 맞물려 향후 40인치 이상 특히 50인치급 TV의 시장 비중이 현저히 늘어날 것으로 보이며, SD급 TV보다 HD급 TV의 비중이 서서히 증가할 것으로 예상되며 더 큰 사이즈를 개발중이나 100인치 이상은 크게 의미가 없는 것으로 생각되어진다.

우리나라는 90년대 중반부터 본격적인 기술개발을 통해 2000년대 PDP 양산을 개시한 이후 활발한 기술개발 및 막대한 설비투자로 시장점유율을 높이고 있으며 PDP TV 분야에서 세계 최대 크기의 제품을 가장 먼저 내놓고 있으며, 일본과 더불어 양산체제를 늘리는 등 기술개발 및 생산시설 등에 투자가 활발히 진행중이다.

그리고 PDP에 부피면적을 가장 많이 차지하는 전-배면 유리기판의 경우 고 왜곡점을 갖는 특성을 요하기 때문에 일본 아사히 사의 PD200 수입이 생산량의 증가에 따라 크게 증가하고 있는 역수출의 폐단을 막기 위해 삼

Table 3. PDP 생산 및 참여업체

	주요 업체
한국	LG전자, 삼성SDI, 오리온전기, UPD 등
일본	FHP, NEC, 파이오니아, 마쓰시다, 도시바 등
대만	Chunghwa Picture Tube(CPT), FPDC 등

성에서는 자체적으로 soda-lime 유리를 이용하여 개발하는 방향으로 최근 활발히 연구가 진행됨에 따라 개발 성공시 수입대체 효과가 클 것으로 기대된다.

3. 양방향 NEC (NEC) = Liquid Crystal Display

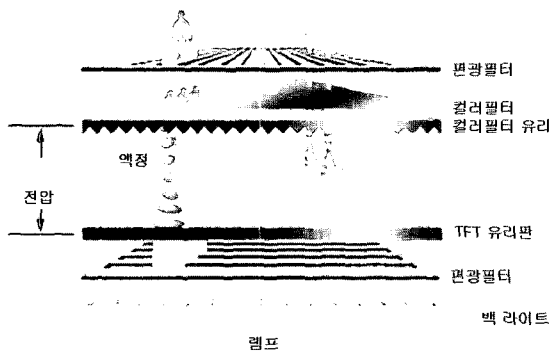
LCD의 구조는 끝이 봉해진 두 장의 유리판사이에 빛

을 차단하거나 투과시키는 역할을 하는 고체와 액체의 중간물질인 액정을 주입하고 상·하 유리판 내면에는 전극이 형성되어 전압 차에 의해 액정의 분자배열을 변화시킴으로써 명암을 발생시켜 도형, 문자, 영상 등을 표시하는 장치이며, 구동방법에 따라서 수동매트릭스(passive matrix) 방식과 능동 매트릭스(active matrix) 방식이 사용되고 있다.

수동매트릭스 방식의 TN(Twisted Nematic), STN(Super Twisted Nematic) 방식은 LCD 장치에서 각 화소를 이루고 있는 행과 열에 적, 녹, 청색 신호를 처리할 수 있는 세 개의 트랜지스터를 사용하는 방법으로 능동 매트릭스 방식에 비해 재생율이 떨어지고 시각이 좁다. 또한 색상에 줄무늬가 생기고 커서가 움직일 때는 화면에서 사라지는 현상이 생기는 단점을 가지고 있다. 이에 비해 능동 매트릭스 방식의 TFT-LCD는 STN LCD 보다 가격은 비싸지만 고해상도, 고휘도, 절전 등이 장점을 가지고 있으며, LCD는 각 화소마다 적, 녹, 청색 신호를 처리할 수 있는 3개의 트랜지스터를 사용함으로써 선명한 색상을 얻는다.³⁾ 이 방식은 모든 점에서 우수한 성능을 보이지만 제조상의 어려움으로 비싼 점이 단점이다.

주로 산업용 디스플레이에 사용됐던 TFT-LCD는 그 크기가 소형화되어 우리의 일상생활에서 가장 많이 사용하는 휴대 전화 속으로도 그 영향력을 미치고 있으며, 기존의 벽걸이 TV시장에도 그 활용범주를 넓히고 있는 추세이다.

3.1 기판유리



(출처 : <http://webteacher.new21.net/hard/output/monitor03.html>)
 Fig. 3. TFT-LCD의 기본 구조 및 구동 원리.

- LCD에 사용되는 유리는 일반적으로 alkali-free의 특성 지녀야 하는데, 이는 유리의 알칼리 이온이 액정 cell 등에 노출되면 액정 비저항이 저하되어 표시특성이 변하게 된다. 특히 seal부에서는 sealant와 유리의 부착력을 저하시키는 특성이 있어 TFT의 동작에 악영향 받게 되므로 무 알칼리 유리를 사용하는 것이 좋다. 그리고 기판유리는 화학 조성에 따라 soda lime 유리, 중성 borosilicate 유리, 무 알칼리 유리 등으로 나눌 수 있고, 구동방법에 따라서 수동매트릭스(Passive Matrix) 방식에는 soda lime 유리가 주로 사용되며, 능동 매트릭스(active matrix) 방식에는 무 알칼리유리와 borosilicate 유리가 주로 사용된다. 그리고 TFT-LCD에 사용되는 borosilicate 유리 기판과 무 알칼리 유리 기판은 알칼리 이온의 용출이 거의 없기 때문에 표시 열화와 능동 소자의 기능 저하를 방지할 수 있으며, soda lime 유리에 비해 흰색(백색)을 띠기 때문에 백판 유리라고 불린다.

이 기판유리로 사용되는 재료의 열 특성은 스트레인 점이 527-667°C, 서냉점 571-721 °C, 연화점 775-975°C, 열팽창계수 38-51 x 10⁻⁷/K 이다. (STN용 기판유리는 스트레인점이 550°C 이하, soda lime 유리, TFT 용 기판유리는 스트레인점이 높고 CTE가 작은 aluminio borosilicate가 사용) 현재 사용 중인 유리는 1.1, 0.7mm 등이 주류를 이루고 있으며, 최근 통신기기용으로 0.5, 0.4mm 등이 사용되고 있다. 이러한 현상은 LCD 소자의 무게 및 부피(두께)에 직접적인 영향을 주기 때문에 계속적으로 더 얇은 유리를 사용하려는 경향에서 나타난다.

3.2 스페이서 (Spacer)

- Spacer는 상·하판 두 장의 유리 기판 사이의 cell 간격을 제어하여 액정 층의 두께를 균일하게 유지하기 위하여 사용되는 재료이며, 이 액정 층의 두께는 액정 display에서의 표시 특성 중 응답속도, contrast, 시야각, 색조 등과 밀접한 관계가 있기 때문에 정밀하고 균일하게 제어하는 게 가장 중요하다.

Spacer는 크게 유리 spacer와 플라스틱 spacer로 구분되며, 유리 spacer는 일반적으로 무 alkali glass를 방사하여 만들어진 유리섬유를 길이 20~120μm 정도의 막대모양으로 만든 것과 SiO₂를 주성분으로 하여 구 모양으로 만든

것이 있다. 유리 spacer는 내열성, 내약품성이 좋고, 경도가 높아 하중에 의한 변형이 없으며, 소량의 사용으로도 효과가 높고, 액정과과의 반응성이 낮은 특징을 가지고 있다. 초기 액정 display 에서부터 현재에 이르기까지 사용되고 있으나, 요즘에는 주로 봉착재와 섞어 사용되어진다.

3.3 봉착재 (Seal 재)

Seal재는 액정을 담을 수 있는 상·하판 두 장의 유리 기관을 고정하는 역할과 동시에 액정 특성상 갖는 공기 중 수분과의 반응성, 불순물 생성 억제 역할을 함으로써 외부 환경으로부터 액정을 보호하는 기능을 한다. 봉착재는 크게 무기봉착재와 유기 봉착재로 구분되며, 유리 기관과 동일한 재질의 무기봉착재가 초기 액정 display에서 사용되었다. 초기 액정 display에서 액정 재료는 화학적으로 불안정하여 물을 흡수하면 가수분해를 일으켜 비저항이 낮아지거나 불순물이 생성되는 등 그 특성이 나빠지게 되는데, 이것을 방지하기 위해 기밀성이 좋은 유리프릿 봉착재가 사용되었다. 액정 재료의 발전에 따라 그 기능이 유기 봉착재로 대체되었으며, 현재는 유기봉착재와 함께 유리섬유 (5-7 um, 산포량 5/mm²) 또는 구상 silica (1-13um, 산포량 10-30/mm²) 를 혼합하여 cell 내부의 스페이서와 함께 cell gap을 형성 및 유지시키는데 이용된다.

3.4 산업동향 및 기술동향

LCD는 현재 다양한 적용이 가능하도록 전력소비량 절감, 원가절감, 휘도, 대비율 향상 등을 목표로 연구가 이루어지고 있다. LCD는 2004년 54%로 그 비중이 기존의 CRT 방식을 추월하고 있으며, 2007년 시장규모가 약 1,000억 달러 가까이 이를 것으로 예상된다. LCD TV의 경우, 밝기를 더욱 향상시키기 위한 기술개발이 요구되며, 장시간 사용을 위해 소비전력 또한 5.4W에서 3.0W까지 낮추어야 한다. 모니터용의 TFT-LCD는 시야각 향상과 밝기 증대와 응답속도 향상 등을 위한 연구개발이 진행 중이다. 그러나 현재 벽걸이형 디지털 TV분야에서 PDP와 Rear Projection TV에 비해 상대적으로 가격대 우위를 점하지 못하고 있으며, 중소형LCD 분야에서도 차세대 디스플레이로 급성장을 보이고 있는 OLED와의 경쟁도 불가피할 것으로 전망된다.

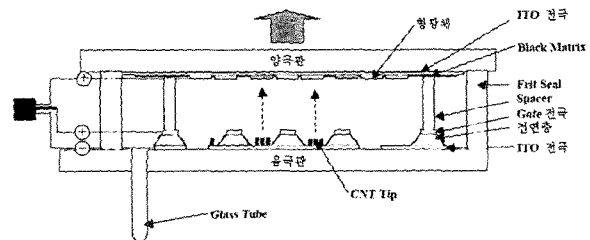
3. FED (Field Emission Display)

FED의 기술은 근본적으로 박형 CRT 라고 할 수 있는데, 그 구성 원리에 있어서 CRT와 유사한 특성을 갖는다. CRT가 하나의 음극선관을 이용하여 영상을 표시한다면 FED는 픽셀당 천개에 이르는 초소형의 전자총에서 방출되는 전자가 양극판에 위치한 형광체를 여기시켜 영상을 구현하는 방식이다.⁴⁾ FED는 음극판(cathode)와 양극판(anode) 사이에 스페이서라는 지지대를 두고 고진공 봉착을 하여 음극판의 CNT tip에 일정 전압이 인가되면 팁으로부터 양자역학적 터널링에 의해 가속 방출된 전자들이 형광체가 있는 양극표면에 충돌하여 R, G, B의 가시광선을 방출하는 구조를 취하며, 발광체는 음극이며, 원형으로 구성되어 있다.

CRT와 같이 내부는 고진공으로 유지한다. CRT와 같이 발산 광으로 어두운 곳에서도 볼 수 있고, LCD에서와 같이 보는 각도에 따른 색상 변화가 없으며, 별도의 광원이 필요하지 않다는 장점을 가진다. 또, 전압은 높으면서 전류량은 무척 작으므로 실제 소비 전력은 무척 적다. 또, 수천 ppi급 고해상도 모니터의 제작도 가능하다. 이렇듯 제작공정이 어렵고 복잡한 단점이 있으나 휘도가 좋고 시야각이 넓으며 소비전력이 적으면서도 고해상도를 갖기 때문에 차세대 디스플레이 기술로써 기대되는 방식이다.

3.1 기판유리

소자 내부가 고진공이 되어야 하기 때문에 진공 중 낮은 온도에서 쉽게 아웃개성이 되어야 하며, 일단 아웃개성이 끝난 다음에는 아웃개성율이 낮아야 되고, 진공 실장 후에도 외부로부터 가스 투과율이 낮아야 한다. 고진공에 견딜 수 있는 기계적 강도와 경제성 측면에서의 가



(출처 : 디스플레이 재료 기술 동향, 전자부품연구원 전자정보센터)
Fig. 4. FED의 기본 구조 및 구동원리.

격도 고려해야 한다. 일반적으로 소다회 유리(soda lime glass)가 다른 유리에 비해 열팽창 계수가 크고 녹는점이 낮으며 열적 특성이 좋지는 않지만, 기계적 강도가 실리카와 비슷하고 가스 투과율이 상대적으로 낮으며 저렴한 가격적인 면을 고려하면 진공 실장용 판유리로는 가장 적합한 것으로 판단된다.

3.2 밀봉재

일반적으로 쓰이는 재료로 400~500°C에서 접합 작업이 가능하고, 접합 후 아웃가스가 적고, 진공봉합 효과가 뛰어나다는 이유 등으로 FED에서도 사용 가능하다고 생각된다. glass frit는 크게 나누어 결정질 형태와 유리질 형태가 있으며 FED용 유리 접합 공정에서와 같이 glass frit 페이스트 중 유기물 제거를 위한 가소결 및 bonding을 위한 본 소결의 2단계 소결을 실시해야 하는 경우에는 결정화에 의한 재용융 온도 상승이라는 문제점이 있는 결정질 대신 재용융 온도의 상승 문제가 없는 유리질 형태의 glass frit을 사용하는 것이 바람직하다.

3.3 Spacer 재료

판의 앞면과 뒷면 사이에 일정한 간격을 유지하도록 하며 소자의 동작과정에서 화소들 간 상호 간섭인 cross-talk를 방지하는 역할을 한다. 스페이서의 요구사항으로는 충분한 기계적인 강도와 전기적 충격에 강해야 하며, 시각적으로 보이지 않는 작은 크기를 갖아야 한다. 열적 특성으로 상부 및 하부기관과 열팽창계수의 매칭이 되어야 하고, 고진공에서 사용 가능한 절연재료여야 한다. 전자빔이 스페이서에 충돌하여 발생하는 2차 전자의 방출을 최대한 억제 할 수 있어야 한다. 그리고 탈기체 현상과 형광체와의 반응성이 적어야 하고, 표면 전도성이 있어 전하축적이 방지되어야 한다. 전 주재료로는 유리프릿, 감광성유리(PSG), 폴리이미드, 유리구조물, 세라믹 구조물 등이 있으나 FED에서는 온도상승 문제가 없는 유리질 형태의 프릿을 사용하는 것이 바람직할 것으로 본다.

3.4 산업동향 및 기술동향

FED는 현재 상용화되지 못하는 큰 문제점을 안고 있어 그 시장성을 전망을 하기 어려우나, 소형의 10인치이

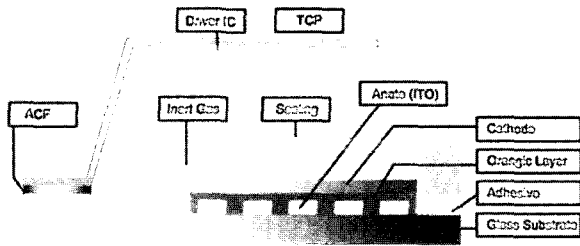
하에서부터 대형의 40인치 이상 디스플레이까지 기술적으로는 제작이 가능한 것으로 알려져 있다. FED는 향후 급성장이 예상되는 20~40인치 대형 벽걸이 TV 및 디지털 HDTV 등의 부분과 온도, 충격 등의 환경적 요인이 매우 중요한 군사용 디스플레이, 차량항법시스템(Car Navigation System; CNS) 및 텔레매틱스(Telematics) 단말기 등에서 큰 경쟁력을 가질 수 있다.

전체시장이 2006년에 200억 달러에 달할 것으로 예측되며, 그 중 사용되는 단말기는 전체가격에서 디스플레이 가격이 20~30% 차지할 것으로 감안하면 그 수요는 년 30%이상의 성장률을 보일 것으로 예측된다. FED는 현재 우리나라가 기술적으로는 세계에서 선도적인 위치를 점하고 있기 때문에 향후 기술 및 시장 확보가 유리할 것으로 예상된다. 그리고 FED 개발업체들의 목표시장은 고화질 디지털 방송 분야의 디스플레이, 내환경성이 크게 요구하는 군사용 디스플레이, 차량항법시스템, Telematics 분야이며, 특히 최근에는 TV용으로 LCD가 점차 그 시장을 확대함에 따라 고휘도의 평면 백라이트 개발이 요구되고 있다. 이의 해결책으로는 FED보다 기술 완성도가 낮은 고휘도의 FE 램프(Field Emission Lamp), 전광판, LCD의 평면 백라이트도 개발에 박차를 가해야 한다.

4. OLED(Organic Light Emitting Diodes)

OLED는 외부전기장이 유기 발광물질(저분자 또는, 고분자)에 인가되어 유기물 내에서 전자와 홀이 결합하여 빛을 내는 자체발광현상을 이용한 평판 디스플레이이며 고품위 패널특성(저전력, 고휘도, 고반응속도, 저중량)을 나타낸다. 이러한 특성 때문에 OLED는 이동통신 단말기, CNS, PDA, Camcorder, Palm PC 등 대부분의 휴대용 정보통신 기기에 사용될 수 있는 강력한 차세대 디스플레이로 여겨지고 있다. 또한 OLED는 제조 공정이 단순하기 때문에 생산원가를 기존의 LCD 보다 줄일 수 있어 멀지 않아 중소형 LCD 시장을 대체할 것으로 전망된다.

구조는 유리나 플라스틱으로 구성된 기판 위에 두 개의 전극을 장착하고, 두 전극사이에 유기 발광 재료가 삽입되고 전하의 주입을 더욱 활성화시키기 위하여 유기 발광 층의 상부와 하부에 각각 전자 전송 층, 정공 수송



(출처 : 디스플레이 재료 기술 동향, 전자부품연구원 전자정보센터)
Fig. 5. OLED의 구조 및 기본원리.

층, 정공 주입층등을 적층한 구조이다.5) 유기 EL 소자의 단면구조는 다음과 같다. ELD는 크게 무기ELD와 유기ELD로 나눌 수 있으며, 모두 전계(電界)에 의해 주입된 캐리어가 발광 층 내에서 전자전이 현상에 의해 발생되는 빛을 이용한다. 유기 EL이 기존의 LCD와 비교하여 가지는 우수한 특성을 정리하면, 첫째, 고휘도의 자기 발광 소사이므로 밝고 선명한 표시가 가능하고 넓은 시야각을 확보할 수 있으며 백라이트가 불필요하여 저 소비전력 특성을 보이며 경량화 구현이 가능하다. 둘째, 직류의 저전압 구동특성에 의해서 잡음이 적다. 셋째, 고속 응답특성(LCD의 약 1000배)을 지니므로 원활한 동화상 재생이 가능하다. 그리고 넷째, 유기막에 의한 발광 특성이므로 넓은 범위의 사용온도 특성을 지닌다.

4.1 ITO Glass

고온에서 sputtering 방법으로 코팅한 LCD용 ITO 유리는 표면이 불균일하고 거친 상태임. ITO 박막 위에 수십 nm로 아주 얇게 발광 유기물이 코팅되기 때문에 표면이 거친 ITO 박막은 국부적으로 전하의 쓸림 현상을 초래, 발광 시 유기물이 손상되어 흑점발생 등의 불량 원인이 된다. 그러므로, 기존 대부분의 ITO 유리는 OLED 제작 시 표면 연마공정을 거친 뒤 사용하고 있다. 요구되어지는 특성은 낮은 표면 거칠기, 낮은 저항치와 고밀도 박막, 계면간의 접착성 외에도 광투광성과 강도, 비중이 우수해야 하며 주로 무알칼리 글래스와 soda-lime glass를 이용하고 있다.

4.2 Cap 재료

유기 EL의 수명은 수분이나 산소에 민감하므로 수분이나 산소로부터 보호하는 재료(흡습제)로 실링 또는

encapsulation 공정을 거친다. 현재에는 주로 유리나 금속이 주재료로 쓰인다.

4.3 산업동향 및 기술 동향

현재 LCD가 평판디스플레이 시장의 대부분을 차지하고 있지만, LCD는 자체 발광형이 아니므로 별도의 광원을 필요로 하며, 시야각과 응답 속도 등의 측면에서 한계가 있다. 이와 같은 한계를 극복할 수 있는 새로운 평판디스플레이 기술 중의 하나로 OLED 디스플레이가 활발히 연구되고 있다. OLED는 자체 발광형이고, 고화질의 동영상을 표현할 수 있고, 다른 디스플레이 기술과 비교할 때 가격경쟁력이 우수하기 때문에 가장 유망한 차세대 평판디스플레이 기술로서 평가받고 있다.

OLED 소자는 10V 이하의 낮은 전압에서 높은 발광 효율을 나타내고 유기 화합물을 사용하고 있기 때문에 분자 설계 및 합성을 통한 다양한 밴드 갭을 갖는 물질을 쉽게 개발할 수 있다. 또한, 넓은 시야각과 빠른 응답속도를 갖기 때문에 고화질의 동영상을 표현할 수 있으며 다른 디스플레이 기술과 비교할 때 제조공정이 간단하므로 생산 비용이 낮은 장점도 있으며 제작 온도가 낮기 때문에 유리기판 뿐만 아니라 1mm이하의 플라스틱 기판 등에서도 제작할 수 있어서 경량, 박형 추세에도 적합한 제품이다. 초기에는 수동 구동형 소형, 저해상도 모델로서 휴대용 전화기 등을 통하여 시장에 진입한 뒤, 약간 큰 사이즈로서 PDA, 스마트폰 등을 거쳐 능동 구동형 대형의 고해상도 모니터로 발전한다는 전략아래 보다 완전한 경쟁력을 갖추기 위해 특히 고분자형에서 문제가 되는 10,000시간 이하의 수명, 유기물의 온도 및 습도의존성 극복, 능동 구동형으로의 집적화, 이외에도 수율, 생산성, 장비 자동화 등이 완벽하게 해결해야 할 문제로 남아있다. 국내에서는 삼성 SDI, SNMD, LG전자, 오리온전기에서 개발이 진행 중이고 '02년을 기점으로 해서 양산계획을 가지고 있다.

5. 맺음말

디스플레이 산업은 기존 산업을 대체시키며, 자체적으로 응용분야를 만들어 나갈 수 있기 때문에 전자정보통신 분야는 물론 기계류, 건축물 등 다양한 응용분야에서

필수적으로 연관되어 시장과 응용분야가 기하급수적으로 확대되는 파급효과가 매우 큰 산업이다. 그러나 관련 장비·재료 업체들은 핵심기술, 장비 및 재료의 국산화를 이 저조하여 국가경쟁력을 저해하는 요인으로 작용함에 따라 장비·재료 산업 인프라 구축해야 하며, 또 차세대 장비재료 연구개발 지원 등을 통해 원천기술 보유와 핵심장비의 국산화를 극대화하는 것이 필요하다.

미디어 산업의 발달과 디지털시대의 도래와 함께 소비자들의 욕구에 걸 맞는 첨단 디스플레이 제품들이 기술 혁신과 더불어 거대한 디스플레이 시장의 패권을 놓고 한국, 일본, 대만 등 세계 기업들이 국가지원 아래 연구 개발을 하고 있다. 이러한 디스플레이에 사용되는 유리제품은 수입을 하였으나 점차 국산화단계에 접어들었다. 저가격화의 목표를 위해서는 제품의 국산화 입장에서 유리기판 및 프리트 제조 관련하여 고품위의 유리 제조에 더욱 관심을 가져야 할 시기이다.

참고문헌

1. 이명주, "CRT용 Glass 제조공정 이해," 한국정보디스플레이학회지, 2[5] 68-73 (2001).
2. 서정현, "AC PDP의 구동 방법과 개발 동향," 한국정보디스플레이학회지, 2[4] (2001).
3. TFT-LCD 부품소재 산업동향, 전자부품연구원 전자정보센터 (2002).
4. 주병권, "Field Emission Display 기술 분석," 월간 전자부품 5 (2003).
5. 주병권, "유기 LED 기술의 등장, 현황 그리고 발전 방향," 전자부품연구원.
6. 김기동, "Display 유리," 한국정보디스플레이학회지, 4[5] 3-6 (2003).
7. 정병해, 김형순, "친환경 재료개발을 위한 PDP용 Pb-free 프리트 조성개발," 한국정보디스플레이학회지, 4[5] 7-11 (2003).
8. 이준우, 김강희, 손은화, "디스플레이용 소재", 한국과학기술정보연구원.



차명룡

- 2004년 순천대학교 신소재공학부(학사)
- 2004년 인하대학교 금속공학과
~현재 석사과정 재학



전재삼

- 2004년 순천대학교 신소재공학부 학사
- 2004년 인하대학교 금속공학과
~현재 석사과정 재학



김재명

- 2001년 순천대학교 신소재공학부(학사)
- 2003년 순천대학교 금속공학과(석사)
- 2004년 인하대학교 연구원



김형순

- 1989년 영국 Univ. of London (Imperial College) 재료공학 (박사)
- 1989년 영국 Oxford대학교 연구원
- 1991년
- 1991년 순천대학교 신소재공학부 교수
- 2004년
- 2004년 인하대학교 신소재공학부 교수
~현재