

기술 특 집

PDP 패널재료 기술동향

문 철 희 (호서대학교 디스플레이공학부)

I. 국내 PDP 산업 발전 현황

그 동안 발표된 여러 가지 자료에 의하면, 2002년 이후로 세계 평판 디스플레이 시장 규모는 이미 CRT 시장을 추월 하였으며, 2004년의 경우에는 평판 디스플레이가 CRT의 2.5배에 달하는 것으로 집계되고 있다. [표 1]에서 알 수 있듯이 세계 평판디스플레이 시장 규모는 2001년 215억 달러 규모에서 2004년에는 572억 달러 규모로 3년 사이에 166%의 성장을 보여주고 있다. 종류별로 살펴보면 LCD는 120%, OLED는 1100%, PDP는 562%의 성장률을 보이고 있는데, PDP는 대면적을 제작하기가 용이하고 동화상 및 화질특성이 우수하다는 장점으로 40인치 이상의 대화면 디지털 TV 시장은 PDP가 대부분을 차지하고 있다. 전 세계적으로 2004년 PDP TV시장은 2003년 대비 2배 이상의 성장으로 332만대의 실적을 내며 명실상부한 대화면 TV의 대명사로 자리를 잡았다. 이러한 성장에는 PDP 패널의 가격 하락이 큰 요인으로 작용하고 있다. 디지털 TV 시장의 73%를 차지하고 있는 40인치대의 경우 PDP TV 가격은 최근 들어 300만원 선까지 하락하였으며, 연말까지 더욱 하락할 것으로 예상되고 있다. 이와 같은 가격 하락은 PDP 구조 및 성능 개선을 통한 저가격화, 제조라인에서의 생산성 향상을 통한 제조비용 감소, 생산설비 및 원부자재의 저가격화 등에 의하여 달성되어 왔다. PDP 산업에서 고무적인 사

실은 국내 제조업체에 의한 공급량이 전세계 시장의 3분의 2를 차지하고 있다는 점이다. 디스플레이 전문 리서치 기관인 디스플레이뱅크에 따르면 세계 1·2위 업체인 삼성SDI와 LG전자의 점유율은 1분기에 32.7%와 30.7%를 기록하였다.

1990년대 후반에 일본 업체들이 PDP 생산라인을 구축하기 시작할 때만 하더라도 국내 PDP 산업은 일본에 3~4년 뒤져 있었음을 기억한다면 이는 실로 비약적인 발전이라 하겠다. 이와 같이 국내 PDP 산업이 단기간 내에 기술적인 진보를 이룩할 수 있었던 이유로는 여러 가지가 있겠지만, 몇 가지 특징적인 사항을 들면 다음과 같다.

첫째, 우리나라가 이미 강점을 가지고 있는 반도체 및 브라운관 산업이 크게 기여를 하였다는 점이다. PDP 공정은 ITO, MgO 등의 박막형성과 노광, 현상을 이용한 photo lithography 공정에 있어서는 반도체 공정과 유사하며, 인쇄, 건조, 소성 등의 후막 공정에 있어서는 기존의 CRT 및 VFD 공정과 유사한 특징을 가지고 있다. 따라서 이와 관련된 장비기술, 생산기술, 제조기술 경험 등을 PDP 산업에 활용함으로써 비약적인 발전을 이룰 수 있었다.

둘째, 후발주자로 출발함으로써 시행착오를 적게 겪었고 양산라인 공법을 결정함에 있어서는 오히려 더 신속한 결정을 내릴 수 있었다는 점이다. 90년대 후반까지만 하더라도 일본에는 5개사에서 PDP 사업에 참여하고 있었으며, 이들 업체들은 제조 공법 및 패널의 특징 등에 있어 상이한 점들을 가지고 있었다. 국내 업체의 경우는 면밀한 기술적 검토를 통하여 양산라인을 구성하였고, 경험 있는 인력 들의 품질혁신 활동을 통하여 오히려 일본 업체보다 품질안정을 조기에 달성할 수 있었다.

셋째, 후발주자가 겪는 근본적인 어려움(원부자재 수급, 기술 로얄티 등)들을 비교적 단시간에 극복하였다는 점이다. 1990년대 후반만 하더라도 PDP 관련 핵심 소재들을 거의 대부분 수입에 의존하는 상황이었으나, 2000년대 들어서 본격적으로 PDP를 대량 생산함과 때를 맞추어 많은 부분을 국산화하였고 일부 공정/재료에 대해서는 국내 업체가 새로운 기술을 개발하여 관련 공정/재료에 대한 특허권을 소지하는 상황으로까지 발전되었다. 물론 아직까지도 핵심 원부

[표 1] 평판 디스플레이의 종류별 세계 시장 규모
(단위 : billion dollor)

	2001	2002	2003	2004(추정)
LCD	19.65	26.64	37.27	51
OLED	0.05	0.12	0.26	0.6
PDP	0.68	1.16	1.79	4.5
기타	1.12	1.09	1.12	1.1
합계	21.5	29.0	40.4	57.2

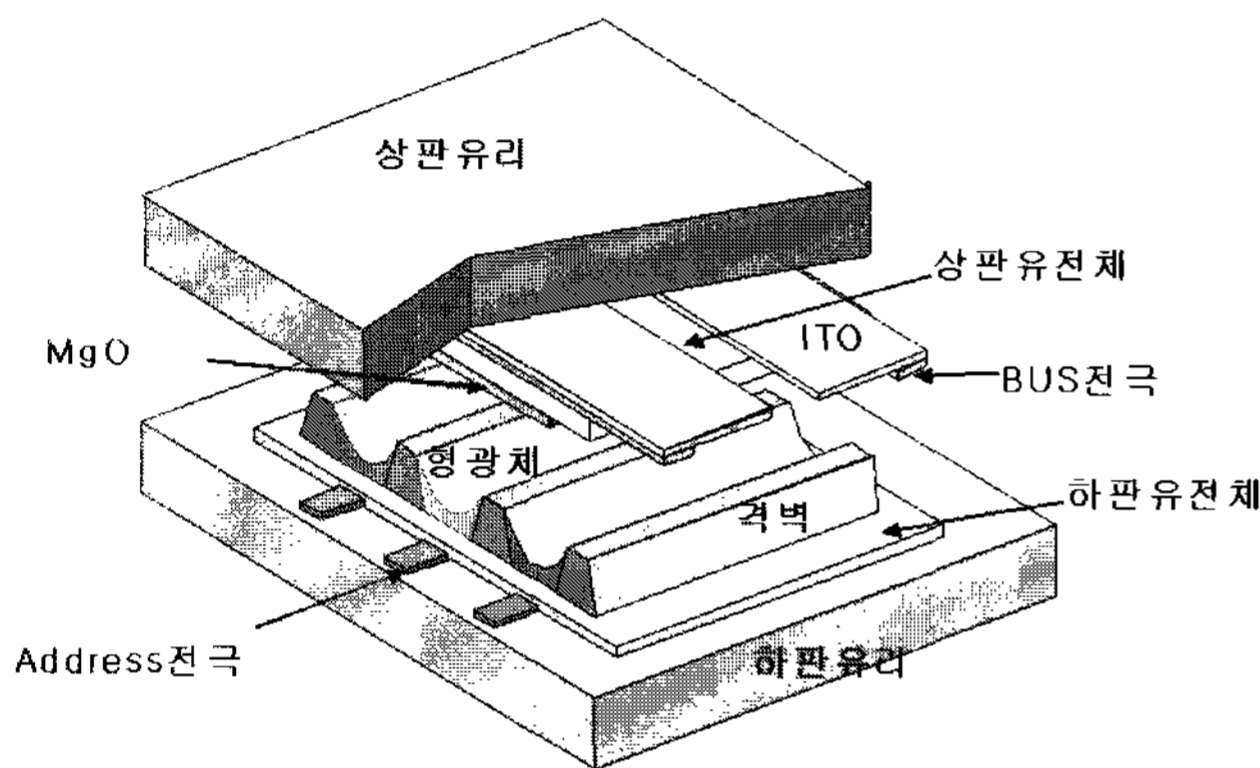
(출처) 2001~2003년 실적 : Display search사 Forum 자료,
2004년 실적 : 공개자료 합산

자재를 수입한다든지, 핵심 기술에 대한 로얄티를 지급하는 부분도 있지만, 많은 원부자재를 국산화하였고 신기술 개발 등을 통하여 기술적인 자립도를 높일 수 있었다. 여기에는 과감한 기술 투자를 시행한 국내 PDP 제조업체의 노력과 이에 동참한 국내 원부자재 생산업체의 숨은 역할이 뒷받침되었다.

본문에서는 상기 내용 중에서 세 번째 항목인 원부자재 관련 기술에 대하여 상세히 살펴보도록 하겠다.

II. PDP 패널 구성요소별 재료기술 현황

[그림 1]은 일반적인 AC PDP 패널 구조를 설명한 것이다. 각 구성요소에 대하여 살펴보도록 하자.



[그림 1] AC PDP 패널의 구조

1. 상하판 유리

[표 2]에 PDP, LCD, OLED에 사용되는 기판 유리의 특성을 비교하였다. PDP에 사용되는 고왜점 유리는 건물 및 자동차 유리로 많이 사용되어 지는 소다라임과 동일한 방법인 Float법으로 제작한다. 단지 왜점 (strain point)을 높이고 내약품을 향상시키기 위하여 조성의 일부를 다르게 사용하고 있다. [표 2]에서 고왜점 유리와 소다라임 유리의 성분을 비교해 보면, PDP용 고왜점 유리는 왜점을 높이기 위한 방법으로 망목형성제(network former)로서 SiO₂에 Al₂O₃를 혼합하여 사용하고 있음을 알 수 있다. Al₂O₃는 융점이 높은 물질로서 Al 이온의 크기가 작으므로 SiO₂ 구조 내에 쉽게 침투하게 된다. 결과로서 PDP용 고왜점 유리는 소다라임에 비하여 왜점이 510°C에서 580°C로 70°C 가량 증가하였는데 이는 PDP 제작 공정에서 중요한 역할을 한다. PDP 제작 시에는 550~580°C 정도에서의 소성공정을 여러 차례 겪게 되는데, 왜점이 510°C인 소다라임을 기판으로 사용하면 소성 시마다 비가역적인 열적 strain이 발생되어 부채꼴 모양의 변형 혹은 기판의 처짐(warping) 등의 문제를 야기한다. 이에 비하여 고왜점 유리를 사용하면 왜점 이하에서 소성공정을 진행하므로, 점성 유동이 없어서 가역적인 열적 strain만 발생한다. 따라서 가열, 냉각에 따른 구

[표 2] 디스플레이별 기판 유리 특성 비교

	PDP	PM LCD, OLED	AM LCD, OLED
유리 종류	고왜점 유리	소다라임	무알칼리 유리
제작 방법	Float법	Float법	Fusion법
주성분	SiO ₂ +Al ₂ O ₃	SiO ₂	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃
보조성분	(Na, K) ₂ O (Sr, Ba, Ca)O	Na ₂ O (Ca, Mg)O	As
CTE	84×10 ⁻⁷ /°C	90×10 ⁻⁷ /°C	32×10 ⁻⁷ /°C
왜점	580°C	510°C	650°C
내약품성	○	△	◎
대량 생산성	◎	◎	△

조완화(structural relaxation)에 의한 균일한 부피수축만 일어나므로 고정세, 대화면 제작시에도 사용이 가능하다.

PDP용 고왜점 유리의 또 다른 특징은 Na의 양을 줄이고 K를 혼합하였다는 점이다. 유리의 성분 중에서 Na₂O, K₂O, CaO, BaO, MgO, PbO 등은 network modifier라고 불리며 원하는 광학적, 열적 성질 등에 기여할 뿐만 아니라 유리의 망목구조를 파괴하여 유동성을 증가시키므로 유리의 점도를 낮추고 용융점을 낮추는 역할을 한다. 그런데 이들 중에서 Na의 경우는 표면 흡착된 H⁺와 이온교환 반응을 통하여 유리 표면으로 용출되므로 수분 흡착 및 표면에서의 절연파괴의 원인이 된다. 이를 방지하기 위하여 PDP용 고왜점 유리에서는 Na의 양을 줄이고 이와 유사한 역할을 하는 K를 혼합함으로써 Na 이온의 움직임을 제한한다. 소다라임 유리를 기판으로 사용하는 경우에는 소성 과정 중에 전극재료 내의 Ag 이온이 Na 이온과의 치환에 의하여 migration 현상을 일으켜서 전극 주변부의 황변현상(yellow colorization) 및 구동전압의 경시변화, 패널 수명저하 등의 원인이 되므로, 이와 같은 고왜점 유리의 개발로 이를 해결하게 되었다.

PDP기판 유리로서 요구되는 다른 특징으로는 평탄도를 들 수 있다. Float법의 특성상 ±50 μm 정도는 제조업체에서 보장하고 있지만, 대면적, 다면취 공정으로 갈수록 기판 유리의 두께 편차 및 평탄도에 대한 요구조건이 까다로워지므로 이에 대한 특별한 관심과 관리가 필요하다.

PDP용 고왜점 유리를 제작하는 업체로는 일본의 Asahi Glass(상품명 PD-200), 산고방(상품명 CS25), Central Glass(상품명 CP-600), NSG(상품명 NPX) 등이 있는데 Asahi Glass가 시장의 대부분을 차지하고 있다. 국내 업체의 경우에는 삼성 코닝에서 PDP용 기판유리 공급사업을 검토한 바 있으나 아직까지 실현되지는 않고 있다.

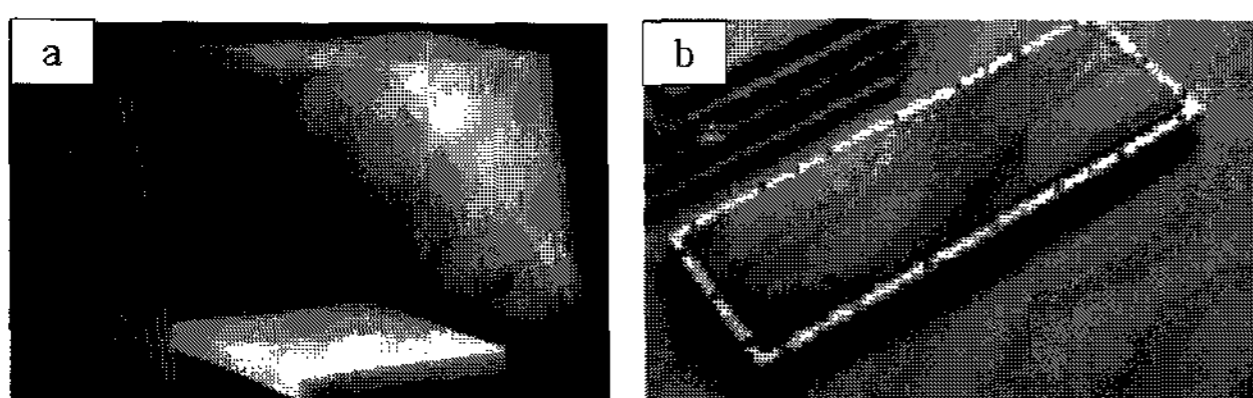
[표 2]에서 AM LCD에 사용하는 무알칼리 유리의 경우에는 network modifier 성분을 함유하지 않으므로 용융점이 높고 열팽창 계수가 작으며 화학적인 내구성이 뛰어나다. 무알칼리 유리는 점도가 높아서 유리 제작공정에서 기포를 제거하기가 용이하지 않으므로 As를 첨가하여 기포제거를

용이하게 한다. 무알칼리 유리는 용융점이 높으므로 백금 도가니를 사용한 Fusion법으로 제작하게 되는데 Float법에 비하여 대면적 유리 제작이 어렵고 제작비용이 높은 단점이 있다.

2. 투명전극 재료

PDP 패널에서 투명 전극의 역할은 주 방전 전극으로서 투명 전극 사이의 gap에 의하여 방전전압이 결정되며 따라서 투명 전극의 두께나 gap의 균일도는 패널의 전체적인 구동전압 혹은 화질특성의 균일도에 직접적인 영향을 미친다. 투명 전극은 전기 저항이 낮고 광 투과율이 높은 두 가지 요구 조건을 동시에 만족해야 하는데, 지금까지 ITO전극 대신에 FTO(SnO₂), 금속박막 등을 이용하려는 시도가 있었으나 현재까지도 대부분의 PDP는 ITO를 투명전극으로 사용하고 있다. 또한 ITO가 없는 패널구조를 통하여 패널제작비용을 줄이려는 시도도 계속 되어지고 있으나 방전전압이 높고 구동이 불안정한 등의 부작용을 해결하는 것이 과제로 남아 있다.

ITO 전극은 ITO 박막을 photo lithography 공정으로 식각하여 형성하는데, ITO 박막의 코팅은 마그네트론 스퍼터링 방법으로 실행한다. 수년 전만 하더라도 유리업체에서 ITO 박막 코팅까지 실시한 것을 구입하여 사용하는 것이 일반적인 프로세스였지만, 최근 들어서 본격적인 PDP 양산이 실시되고 가격 인하에 돌입하면서 대부분의 PDP 제조업체는 직접 ITO 코팅을 수행하고 있다. 여기에 필요한 원부자재로는 ITO 타겟을 들 수 있는데 타겟 제작업체로는 국내외로 다수의 업체가 있다. ITO 타겟 재료가 구비해야 할 특성으로는 재료의 충전 밀도가 높고, backing plate와의 전기적인 접촉이 양호하며, 불순물 함유량이 적을 것 등을 들 수 있다.



[그림 2] (a) PDP 유리 (b) 스퍼터용 ITO 타겟

3. BUS, address 전극 재료

BUS 전극은 상판(Front glass)에서, Address 전극은 하판(Rear glass)에서 단자부를 통하여 패널에 전류를 흘려주는 역할을 한다. 상판의 경우 ITO전극 위에 BUS전극이 놓이게 되는데 이는 x-y 전극간의 방전은 ITO전극을 통하여 발생하지만, 대화면의 패널에 전류를 공급하기 위한 역할은 전기전도도가 더욱 좋은 재료를 필요로 하기 때문이다. 따라서 보편화된 재료 중에서는 전기전도도가 가장 좋은 재료인 Au, Ag, Cu, Al 등을 이러한 목적으로 고려할 수 있

[표 3] PDP 패널에서 각 구성요소의 재료비 구성

	재료비 비중	국산/수입 여부
상하판 유리 (ITO 포함)	35 %	수입
전 극	20 %	수입, 국산
상하판 유전체	15 %	국산, 수입
MgO	5 %	국산, 수입
격 벽	10 %	국산
형광체	15 %	수입, 국산
합 계	100 %	

는데 이들의 전기전도도는 ITO에 비하여 1,000배 정도 좋은 값을 가지고 있다. 이들 재료 중에서 Au는 너무 고가인 이유로 검토가 이루어지지 않고 있지만, 나머지 3개 재료에 대해서는 여러 가지 형태로 PDP에 적용되어 왔다.

Ag의 경우는 PDP에서 전극용 재료로 가장 많이 사용되어지고 있는 재료로서 일반적으로는 인쇄용 감광성 페이스트의 형태로 활용된다. 이는 Ag 분말을 주성분으로 하고 여기에 Ag 입자간의 연결고리 역할을 하는 glass frit과, 건조막 강도를 유지하기 위한 바인더, 인쇄에 필요한 점탄성을 부여하기 위한 용제, 감광성을 부여하기 위한 광 개시제 등으로 구성된다. 이를 인쇄, 건조를 통하여 기판에 균일한 두께로 안착시킨 후에 노광, 현상을 통하여 필요한 패턴을 형성하고 나서, 소성 공정을 통하여 유리 기판에 완전히 부착시킨다. 이러한 감광성 페이스트로서는 90년대 초반에 Dupont사에서 Fodel 이라는 상품명으로 개발하여 공급을 시작한 이후에 지금까지도 대부분의 PDP 제조업체에 공급을 계속하고 있다. 감광성 전극 페이스트는 PDP용 재료 중에서 가격이 비싸고 사용량이 많은 편이므로 전체 재료비에서 상당한 비중을 차지하고 있어([표 3] 참고), 일본 및 국내의 다수의 재료 업체들에서도 깊은 관심을 가지고 개발을 해 왔으며, 특성 면에서도 Fodel 에 버금가는 수준까지 도달하였다고 보아지나 아직까지도 본격적인 시장진입에는 성공하지 못하고 있다.

BUS 전극에는 감광성 전극 페이스트로서 Ag를 위주로 한 백색 계통의 페이스트와 흑색안료를 위주로 한 흑색 계통의 재료의 2가지가 사용된다. 이는 백색 계통의 페이스트만 사용하는 경우에는 외광에 의하여 전극 표면이 반사하여 명실 콘트라스트가 저하하기 때문에, ITO 전극 위에 흑색전극과 백색전극의 2층 구조로 BUS 전극을 형성하는 것이 일반적인 공정으로 되어 있다. 백색 전극재료와 흑색 전극재료는 사용 목적부터 다르므로 재료의 조성에도 큰 차이가 있다. 백색 전극재료는 전기 전도도가 중요하므로 Ag가 70% 정도 포함되고 glass frit 성분은 5% 정도에 불과하지만, 흑색 전극재료는 흑화도 및 낮은 연화점이 중요하므로 흑색안료와 glass frit 성분을 50~70% 포함한다. 흑색 전극재료는 ITO 전극과 백색 전극재료 사이에서 전기 전도층의 역할을 해야 하므로 최소한의 전기 전도도를 가질 수 있도록 하며, 감광제 성분도 포함하고 있다.

Cu 및 Al은 박막전극의 형태로 일부 PDP 업체에서 사용하고 있다. Cu의 경우는 쉽게 산화가 되므로 Cr/Cu/Cr의 다층막 형태로 사용되어지며, Al의 경우는 상대적으로 전기 저항이 높으며 색상이 백색이므로 Address 전극용으로 사용된다.

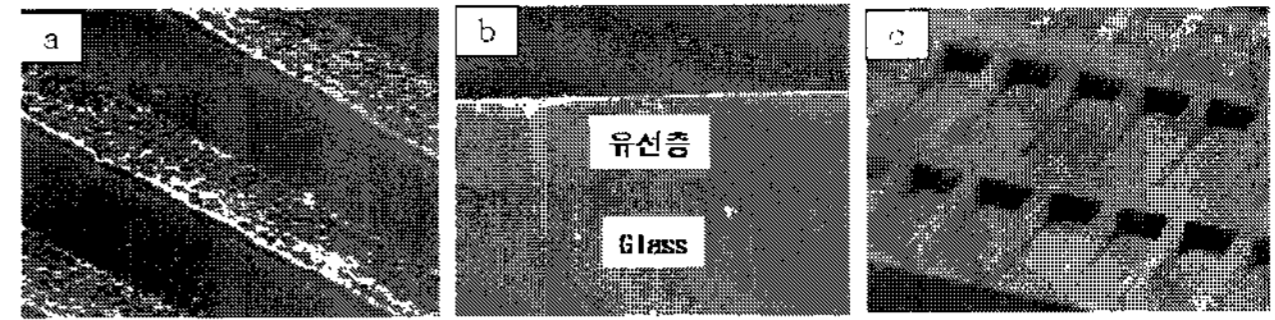
최근 들어 공정 단순화 및 재료비 저감을 위하여 잉크젯, 오프셋 등의 방법을 PDP 전극 제작에 활용하려는 시도가 이루어지고 있는데, 잉크젯의 경우는 노즐이 막히지 않도록 하는 잉크의 formulation, 복잡한 형상 부위를 기계적으로 구현하는 방법 등이 과제로 되어 있고, 오프셋의 경우에는 패턴의 고정세화, 전극의 부착력 향상 등이 과제로 되어 있다.

4. 상하판 유전체 재료

모든 인쇄용 페이스트는 고형분, 비히클, 첨가제로 이루어진다. 고형분은 인쇄막이 필요로 하는 기능을 나타내기 위한 기능성분과 이들을 물리적으로 연결하여 막강도를 가지도록 하는 glass frit으로 구성된다. 전극의 경우에는 전기전도의 기능을 가져야 하므로 Ag 등의 금속분말을 기능성분으로 활용하지만, 유전체나 격벽의 경우 필요한 기능은 Glass frit만으로 충족시킬 수 있으므로 별도의 기능성분이 필요하지 않다. Glass frit 재료로서는 PbO, B₂O₃, SiO₂ 등을 사용하는데, 이들은 500~600°C 정도의 소성 온도에서 연화되어 표면용융(surface melting) 상태로 고상 소결 메카니즘을 통하여 소성막에 강도를 부여하게 된다.

상판 유전체는 BUS전극을 보호하고 전기적으로 컨덴서 역할을 하며 형광체에 의하여 발생한 가시광선을 투과하므로 여기에 적합한 특성들이 필요하다. BUS전극 보호 및 컨덴서 역할을 수행하기 위해서는 유전체의 절연내압이 커야 하는데, 이를 위해서는 적절한 유전상수를 가지도록 glass 조성을 선택하고, 거대 기포에 의한 절연파괴가 일어나지 않도록 입경과 입도 분포를 관리해야 한다. 또한 페이스트 제조 및 공정 진행 중에 이물이 혼입되거나 기포가 발생하지 않도록 관리하고, 소성 중에 기포가 커지지 않도록 소성 온도, 시간을 최적화하는 것이 필요하다. 투과율이 높은 유전체 막을 얻기 위해서는 연화점이 낮은 glass 조성을 선택하여 표면이 충분히 평활해지도록 하고, 유전체 소성막 내부에 기포가 적도록 하여 광 산란을 줄여야 한다. 이를 위해서는 앞에서와 마찬가지로 이물 관리와 함께 적절한 프로세스 조건의 확립이 필요하다.

하판 유전체는 PDP패널 제작 시에 배면 글래스에 위치하므로 형광체에 의해 발생한 가시광선을 반사시킬 수 있도록 백색의 색상을 가지는 것이 필요하다. 이를 위하여 TiO₂ 등의 첨가제를 사용하는데 입도가 아주 미세한 것을 사용하는 것이 일반적이므로 페이스트 제조 시 분산에 각별한 주의가 필요하다. 상하판 유전체 재료는 수년 전까지만 해도 국내 PDP 제조업체에서 일본 업체인 Asahi glass, NEG, 노리다게 등의 페이스트를 구입하여 사용했었으나, 최근에는 대주정밀, PDE, 제일모직, LG DRM 등의 국내 업체에서 파우더를 제작하고 이를 자체 조합하는 경우가 늘고 있다.



[그림 3] PDP 구성요소별 광학현미경 사진
(a) 전극 (b) 유전층 (c) 격벽

유전체 재료에서 또 한 가지 중요한 이슈는 친환경 재료 개발을 위하여 무연 조성을 개발하는 것이다. 저용점 프린트를 위해 사용되어지던 PbO의 대체물질로는 Network former 중에서 비교적 용점이 낮은 Bi₂O₃계, B₂O₃계, P₂O₅계 및 Network former와 Network modifier의 중간 성격을 가지는 ZnO 등에 대하여 활발한 연구가 이루어지고 있으나, 소성온도를 현재 수준으로 낮추는 것과 전극과의 반응이 없도록 하는 것 등의 해결 과제가 남아 있다.

5. 격벽 재료

PDP 격벽 재료가 가져야 하는 기능은 상하판 gap을 유지하는 골격 역할이므로 기본적인 강도가 필요하며 식각성이 양호해야 한다. 기본적인 강도 확보가 요구된다는 점은 유전체 재료와 별다른 차이가 없으나, 식각성을 가져야 한다는 점에서는 유전체 재료와 상이한 특성이 요구되어진다. 격벽을 식각하는 방법에는 회사마다 차이가 있다. 마쯔시다의 경우에는 감광성 격벽재료를 노광, 현상하는 방식으로 식각하는데 비하여, FHP 등의 경우에는 격벽 건조막을 샌드 블라스팅 방식으로 물리적으로 식각하고 있고, 국내 업체들은 샌드 블라스팅 방식과 함께 격벽을 화학적으로 에칭하여 식각하는 방식을 택하고 있다. PDP 패널에서 격벽의 상폭은 50~80 μm 정도이고 격벽 높이는 120~150 μm 정도이므로 격벽을 식각함에 있어 가로 방향의 식각율에 비하여 깊이 방향의 식각율이 2~3배 정도인 비등방성의 식각성을 필요로 한다.([그림 3] 참고) 이를 위해서는 식각 설비에서 노즐의 기능을 향상시키는 것도 중요하지만 격벽 재료 측면에서는 식각율을 최대한 높일 수 있도록 재료를 설계하는 것이 중요하며 이는 적절한 첨가제를 통하여 실현된다.

앞에서 설명한 바와 같이 격벽 재료의 조성은 기본적으로 유전체 재료와 유사하게 PbO-B₂O₃-SiO₂의 조성으로 구성되어 있으나 PbO의 양을 적게 함으로써 격벽의 유전율을 낮추어 소비전력을 낮추고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 또한 무연 재료의 개발을 위하여 Bi₂O₃-B₂O₃-SiO₂-ZnO 등의 조성에 대한 개발이 활발히 이루어지고 있으며 일부 조성은 유전체 재료보다 앞서서 이미 생산라인에 적용되고 있는 상황이다.

격벽의 색상에 있어서는 업체마다 다른 견해를 가지고 있는데, 격벽은 형광체 발광을 반사하여 휘도를 증가시키는 역할을 해야 한다고 생각하는 업체들은 백색색상을 선호하고 있으며, 명실 콘트라스트를 중요하게 여기는 업체들은 흑색색상을 선호하고 있다. 그리고 이와 같은 두 가지 관점을 동

시에 고려하여 격벽을 2층 구조로 제작하여 격벽의 상부는 흑색으로, 하부는 백색으로 구성하는 업체도 있는데, 이 경우에는 흑색 재료와 백색 재료를 별도로 코팅해야 한다는 공정상의 번거로움과 흑색/백색 층의 접착 강도 등에 대한 고려도 필요하다. 격벽 재료는 비교적 기능이 단순하면서도 PDP 생산라인의 전체 양품율에 막대한 영향을 끼치므로, 대부분의 PDP 제조업체는 격벽 파우더를 구입하여 자체 라인에서 페이스트로 조합함으로써 직접 품질을 관리하는 방식을 사용하고 있다. 페이스트 조합에 사용하는 격벽 파우더의 경우에도 초기에는 일본 Okuno 제품 등을 사용하였으나, 최근에는 대주정밀, PDE, 제일모직, LG 전자, 파티클러지 등의 국내 업체를 통하여 공급이 이루어지고 있다.

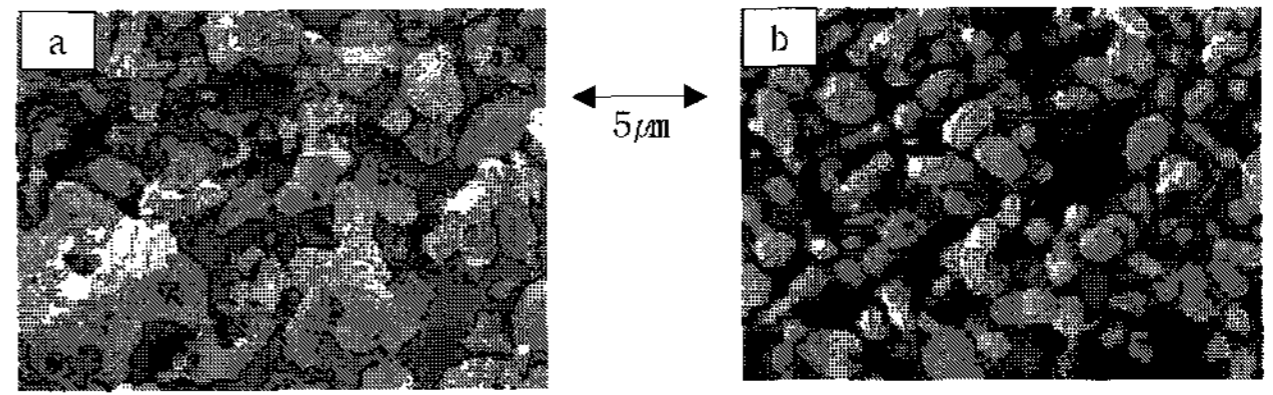
6. Frit 재료

PDP 상하판의 봉착에는 저 용점 조성의 PbO계 프릿이 사용되고 있다. 형광체 소성온도가 460~480°C이므로 봉착 공정은 형광체에 영향을 주지 않도록 이보다 낮은 온도에서 진행되어야 하며 따라서 프릿 재료의 연화온도는 이보다 낮아야 한다. 봉착용 프릿은 비정질 type과 결정질 type의 두 가지로 구분되는데, 비정질 type의 경우는 재 열처리시 유동이 일어나므로, 배기공정에서의 리크 위험성을 고려하여 결정질 type을 많이 사용하고 있다. 결정질 type의 프릿은 연화 후 냉각과정에서 유리질 내에 결정상을 형성하며, 재 가열해도 재 연화가 일어나지 않으므로 안정적이다. Frit 재료도 무연 재료를 개발하기 위한 노력이 계속되고 있는데, 다른 재료보다 훨씬 낮은 연화점을 가져야 하는 관계로 P_2O_5 -ZnO-SnO계 등에 대하여 검토가 이루어지고 있다. 또한 PDP 품위향상 및 공정시간 단축 차원에서 고온배기를 진행할 수 있도록 Frit 재료의 연화점을 높이는 과제도 진행되어지고 있다.

7. 형광체 재료

PDP용 형광체의 발광 메카니즘은, PDP패널 내부에서 플라즈마 방전에 의하여 발생한 VUV가 형광체의 모격자(host lattice)에 침투하면, 모격자 내부의 활성화제(activator)로 에너지가 전달되고, 활성화제의 전자의 에너지 준위가 여기되었다가 기저상태로 돌아오면서 가시광선을 방출한다. PDP 형광체가 필요로 하는 기능으로서 휘도가 높고, 색순도가 좋으며, 잔광이 짧고, 수명이 긴 것 등이 있다. 하나의 형광체만으로는 이러한 모든 특성을 발휘할 수가 없으므로 몇 가지 형광체를 혼합하여 사용하는 것이 일반적이다. 예를 들면, Red 형광체는 $(Y, Gd)BO_3:Eu$ 와 $Y_2O_3:Eu$, $Y(V, P)O_4:Eu$ 등을 혼합하고 Green 형광체는 $Zn_2SiO_4:Mn$ 와 $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ 등을 혼합하며 Blue 형광체는 $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu$ 를 많이 사용하고 있다.

형광체 페이스트가 앞서 설명한 다른 페이스트들과 다른 점은 glass frit을 첨가하지 않는다는 점이다. 형광체 파우더



[그림 4] $(Y, Gd)BO_3:Eu$ 적색 형광체 파우더 형상
(a) 상용품 (b) Spray Pyrolysis법

의 경우는 VUV를 흡수하고 가시광선을 발광하기 위하여 표면의 결정성, 형상 등이 매우 중요하므로 PDP격벽 내부에 도포된 형광체는 파우더끼리 고상 소결되어 있는 형태가 아니라 파우더 들이 적층되어 있는 형태로 존재한다. 형광체 페이스트의 또 하나의 특징은 형광체를 인쇄법으로 격벽 사이에 도포하는 경우 스크린 메쉬는 기판에 접촉되어 있는 것이 아니라 격벽 상부에 접촉하므로 격벽 높이만큼 메쉬가 띄워져 있는 상태에서 페이스트를 떨어뜨리는 형태로 도포한다는 점이다. 따라서 형광체 페이스트 내부에는 다른 페이스트의 경우보다 많은 비율의 비히클이 함유되어 있다. 최근에는 디스펜서로 형광체를 격벽 사이에 도포하는 공법이 개발되었는데 이에 적합한 페이스트의 재료 특성으로는 노즐이 막히지 않도록 미세한 입도 분포가 필요하고, 분산이 잘 되어 있어야 하며, 보관 중의 상분리가 일어나지 않고, 토출 특성을 위하여 적합한 점탄성을 확보하는 것 등이 필요하다.

형광체 파우더의 제조 방법으로는 주로 고상 반응법으로서, 슬러리 형태의 형광체에 첨가제를 첨가하여 고온에서 합성시키는 방법을 사용하고 있다. 최근에는 형광체 용액을 분무 상태로 뿌리면서 비교적 낮은 온도의 열을 가하여 구형의 입자를 만드는 방법(Spray Pyrolysis법)도 보고되고 있으나([그림 4] 참고) 미립자 사이의 응집으로 입도 분포가 불균일하고 열화특성이 좋지 않은 문제가 있어 아직 실용화에 도달하지 못하고 있다. 형광체 파우더 제조업체로는 브라운관, VFD, 조명 등의 기존 시장에 이미 진출해 있는 카세이, 니찌아, 동경화공, LG화학, 삼성SDI 등에서 PDP용 형광체를 제작하여 판매하고 있다.

8. MgO 재료

MgO막은 PDP용 보호막으로서 상판 유전체를 보호하여 패널의 수명을 연장시키는 역할을 한다. 실제로 MgO막이 없는 패널을 제작하는 경우에는 점등 후 2~3시간만 경과하여도 구동전압이 심각한 수준으로 증가하는 현상이 발생한다. 또한 MgO막은 패널 내부에서 플라즈마가 발생하여 양이온이 MgO막 표면에 충돌하였을 때 2차전자를 발생하여 플라즈마 방전을 돕고 방전전압을 낮추는 역할을 한다. MgO막의 형성은 e-beam evaporation, 스퍼터 등의 방식을 활용하고 있는데 PDP 제조업체의 경우에는 대부분 e-beam evaporation 방식을 사용하고 있다. MgO를 e-beam evaporation 하기 위해서는 증착원 물질로서 [그림 5]와 같은 직경 5mm 정도의 MgO pellet을 사용한다.



[그림 5] MgO 재료의 여러 가지 형태 (a) 파쇄 전의 단결정 형태 (b) 파쇄 후의 단결정 (c) 다결정 재료

MgO pellet 재료로서는 단결정(single crystal)과 다결정(poly crystal)의 2가지 종류가 있는데, 수년 전까지만 하더라도 모든 PDP 제작 업체에서 단결정 재료를 사용하였으나, 최근에는 패널의 광 응답 특성 등을 보강하기 위한 목적으로 다결정 재료를 사용하는 경우가 늘고 있다. 또한 MgO는 PDP의 방전품질에 직접적인 영향을 주는 재료이므로 특수한 기능을 부여하는 첨가제를 첨가하여 PDP 패널의 특성을 개선하고자 하는 노력이 계속되고 있다.

단결정 MgO pellet의 제조 방법으로는 클링커 상태의 소결 MgO를 아크로에서 용융하고 느린 속도로 냉각하여 단결정을 육성하며, 이를 파쇄 후 선별, 분쇄, 분급하여 제작한다. 이와는 달리 다결정 MgO pellet의 제작을 위해서는 파우더 metallurgy를 활용하여 분말을 고온, 고압에서 성형하는 방법으로 pellet을 제작한다. MgO 재료업체로는 Tateho 화학(日), 삼화화학(국내) 등에서 단결정 pellet을 생산하고 있으며, 미쯔비시 화학(日), 씨엔캠(국내) 등에서는 다결정 pellet을 생산하고 있다.

III. 결 론

[표 4]는 PDP 원부자재의 시장 규모를 나타낸 것이다. 2002년에 비하여 2005년의 시장 규모는 3년 사이에 3~4배로 증가한 것을 볼 수 있으며 전체 규모는 수조원에 달하는 엄청난 규모의 시장으로 발전하였음을 알 수 있다. PDP가 앞으로도 계속하여 디지털 TV 시장을 선도해 나가기 위해서는 여러 가지가 뒷받침되어야 하겠지만 PDP 재료가 큰 역할을 담당해야 한다는 점에는 이론의 여지가 없다 하겠다. 결론적으로 국내 PDP 재료산업이 안고 있는 과제를 정리하면, 첫째는 원부자재 국산화 문제이다. 앞에서 살펴보았듯이 아직도 글래스 기판, 전극 재료, 형광체 재료 등의 고부가가치 원부자재 들을 수입에 의존하고 있으므로 시급히 국산화하는 것이 필요하다. 그런데, 원부자재는 PDP 제품의 품질에 막대한 영향을 미치므로 쉽사리 변경할 수 없다는 점을

[표 4] PDP 원부자재의 세계시장규모 (단위 : 억원)

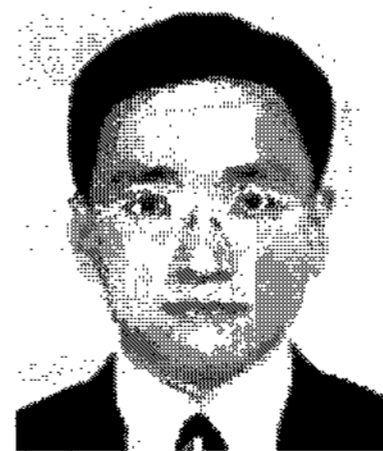
	2002년	2005년
전면 광학필터	1,400	5,300
글래스 기판	1,050	3,900
전극 재료	860	3,200
격벽 재료	500	1,800
유전체 재료	400	1,500
형광체 재료	360	1,300
MgO	210	800
DFR	140	500

(출처 : 디스플레이 연구조합, 05년 자료)

고려한다면, 국산화품을 생산에 적용하기 위해서는 가격 경쟁력은 물론이고 품질적인 개선점도 갖출 수 있도록 개발 목표를 높이는 것이 중요하다.

둘째는 신기술 문제이다. 다른 디스플레이 디바이스와 마찬가지로 PDP도 고품위화, 저가격화를 위하여 새로운 구조, 새로운 공정의 개발이 계속되어지고 있다. 최근의 몇 가지 예를 들면, LDI(Laser direct imaging : 레이저를 이용한 직접 노광), 다면취 프로세스, 다층의 sheet 재료를 이용한 소성 횡수 단축 등의 새로운 기술이 생산라인에 적용되고 있으며, 대향 방전형 PDP 등 차세대 적용을 위한 많은 신구조의 패널이 발표되고 있다. 따라서 PDP 관련 재료도 현재의 구조, 공법이 아닌 새로운 구조, 공법에 대응하는 재료가 끊임 없이 개발되어야 한다. 그러므로 현재에 안위하지 않고 항상 차세대 기술에 부합하는 재료를 개발하려는 노력을 기울이는 업체라야 본격적인 시장 확대단계에 진입하고 있는 PDP 산업에서 재료 공급업체로서의 확고한 위치를 차지하게 될 것이다.

저 자 소 개



문 철 희

서울대 금속공학과 박사(93년), 미국 위스콘신 주립대학교 연구원(95~96년), 삼성SDI PDP 사업부 근무(96년~05년), 호서대학교 디스플레이 공학부 교수(05년~)