기 술 특 집

PDP 재료 기술의 동향

장 명 수, 류 병 길(LG전자 디지털 디스플레이 연구소)

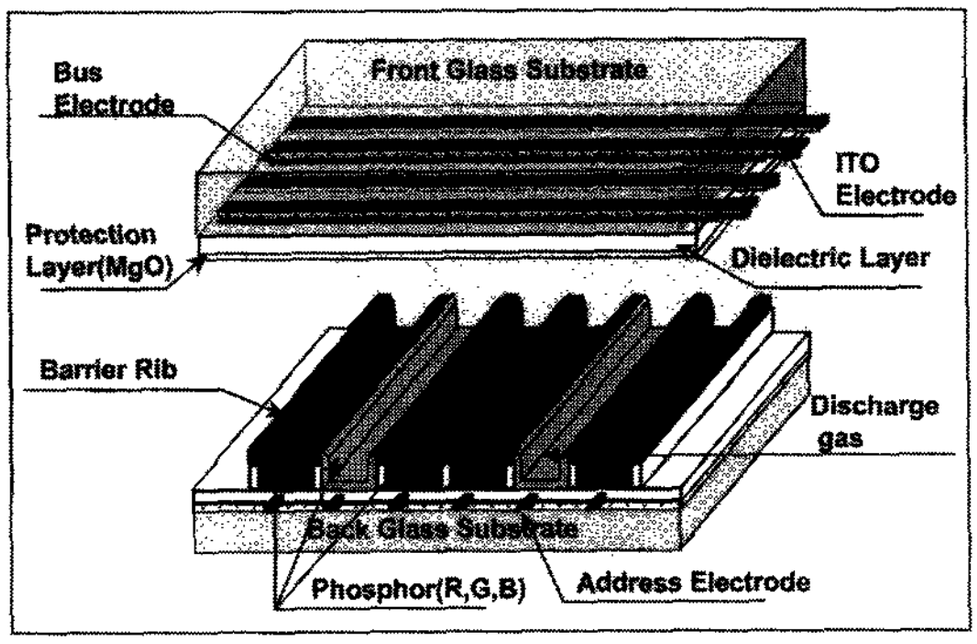
Ⅰ. 서 론

정보화 시대, 멀티 미디어 시대의 핵심 디바이스로서 평판 디스플레이에 거는 기대는 매우 크다. 평판 디스플레이는 최종 목표의 하나인 벽걸이 TV를 내세우며, 이를 실현하기 위해 LCD, PDP, EL 등의 패널 방식이 서로 경합을 벌이고 있다. 그 중에서도 LCD는 가장 완성도가 높은 평판 패널로서 PC용을 위주로 하여 시장을 급격히 확대시켜 왔다. 그러나 LCD는 대화면에 있어서는 한계가 보이고 있어 다른 방식의 표시 장치에 대한 관심이 집중되고 있다. 그 중에서도 미소셀 방전으로 자외선을 발생시켜 형광체를 발광시키는 PDP(Plasma Display Panel)는 CRT나 LCD에서는 실현하기 어려운 40인치 이상의 대화면의 구현이 용이하여 향후 대화면 벽걸이 TV로서 기대를 받고 있으며 각 업체별로 본격적인 양산화 단계에 접어들었다.

현재 상용화되고 있는 AC형 PDP의 구성재료로는 전면 및 후면 유리 기판과 전극재료, 유전체 재료, 격벽 재료, 형광체 등이 있고, 진공 자외선 발광을 위한 방전가스, 방전가스를 밀봉하기 위한 seal 재료로 구성되어 있는데, 본 고에서는 상기 언급한 각종 PDP 구성재료의 기술 동향에 대해 소개하고자 한다.

Ⅱ. PDP 재료의 구성 및 기술 동향

현재 상용화되고 있는 AC형 PDP panel의 구조는 〈그림 1〉에 표시한 바와 같이 일반적으로

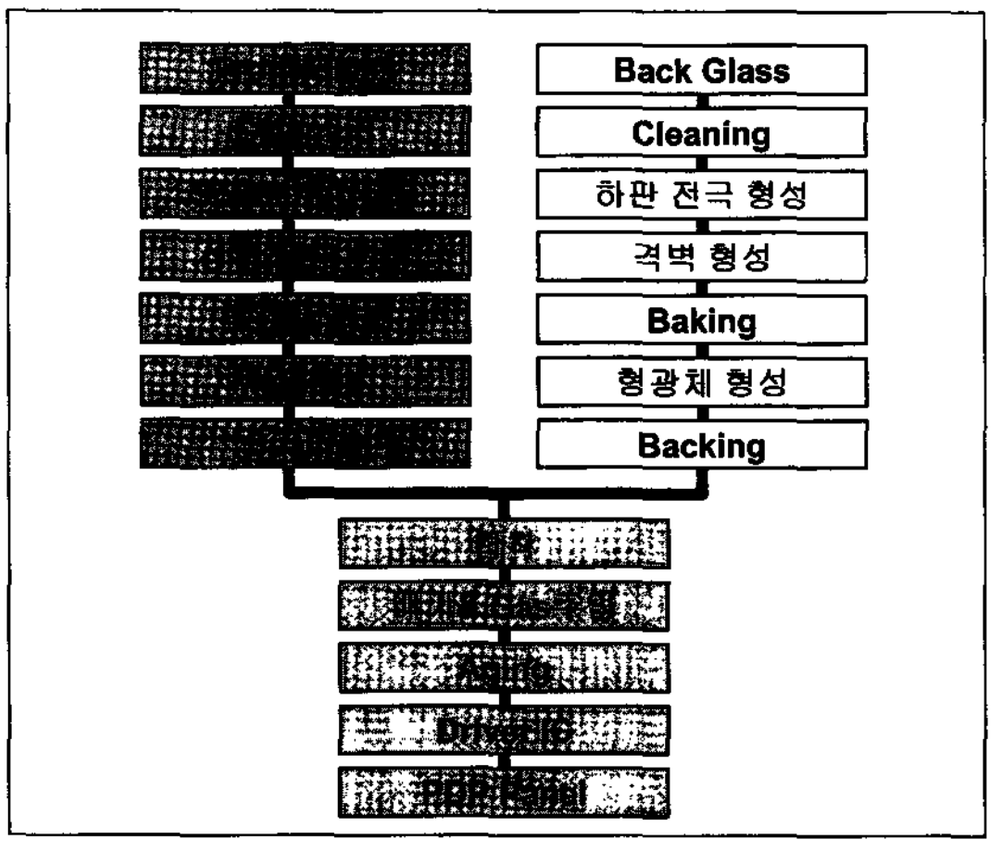


〈그림 1〉 AC-PDP 패널 구조

상판의 경우 3mm 정도 두께의 유리 기판 위에 투명 전극 및 BUS 전극, 투명 유전체층, MgO 보호막으로 구성되어 있고, 하판의 경우 유리기판 위에 유전체층, address 전극, 격벽, 형광체층으로 구성되어 있다. 박막으로 형성된 MgO 보호막을 제외한 대부분의 재료는 paste 재료를 이용하여 스크린 인쇄 등의 후막 형성 기술로 순차적으로 형성 및 소성하여 최종적으로 두 장의 기판을 봉착하여 완성시킨다.

공정온도는 투명 유전체의 경우 560~580℃, 격벽 및 하판유전체는 550~570℃, 형광체는 450℃ 내외, 전극재료는 550~570℃, seal재는 400~450℃ 정도 되며, 여러 번의 열처리 공정을 거쳐 패널을 완성하는 데 PDP panel의 구체적인 제조 공정은 〈그림 2〉에 표시한 바와 같다.

PDP panel을 구성하는 재료는 무기물과 유기물의 혼합체인 paste 상태로 대부분 구성되어 있지만 각 재료는 상기 언급한 공정 온도를 통과하게 되면 유기물은 거의 대부분 제거되고 최종적



〈그림 2〉 PDP 제조 process

〈표 1〉 PDP를 구성하는 부품/재료

Panel 재료	전면기판	· Glass 기판 · 투명 전극 재료 · BUS 전극 재료 · 유전체 재료 · 보호층 재료
	배면기판	· Glass 기판 · 유전체 재료 · Address 전극 재료 · 격벽 재료 · 형광체 재료
	기타	· 방전 Gas · 합착 Frit 재료 · Getter · 배기관
실장 재료	단자 접속부	· 異方性 도전 Tape · Mold재
기구 재료		· 전면 Filter · Panel 지지 재료 · 접합 재료 · 냉각 Fan
구동 회로 재료		· Address 구동 회로 · 走査용 구동 회로 · 유지 Pulse 회로 · 제어 회로

으로는 무기물 성분만 남게 된다. 따라서 실질적으로 PDP의 성능에 영향을 주는 것은 무기물 성분이라고 할 수 있다. 뿐만 아니라, PDP module 상태에서의 구성 재료를 살펴보면 〈표 1〉과 같이 앞서 언급한 panel 재료 외에 실장 재료, 기구 재료, 구동 회로 재료, 기타 재료 등으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

현재 PDP 제조 업체에서는 PDP의 성능 및 수율 향상을 위해 각 재료 업체들과 공동으로 각종 재료의 성능 향상 및 신뢰성 확보에 많은 노력을 기울이고 있는 상황인데, PDP 각 구성 재료에 대한 제조업체의 적용 현황을 정리한 결과는 〈표 5〉에 표시한 바와 같다. 그리고 각 재료의 기술 동향을 PDP panel 구성 재료 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

1. Glass 기판

PDP는 전극 구조에 따라 방전 기체에 대해 전극이 노출된 DC형과 전극이 유전체 층으로 덮여진 AC형의 두 종류로 분류되는데 어느 것이나 2장의 기판 유리(전면 유리, 후면 유리) 사이에 플라즈마 방전을 일으키는 화소 공간을 형성하는 구조로 되어 있다. 표시 패널은 이 두 장의 기판 유리 위에 화소를 형성하는 여러 가지 paste 재료를 도포하고 양 기판을 소성함으로써 제작되어진다. 기판은 42인치(950×1,050 mm) 기준에 중량은 약 5 Kg 정도 된다.

PDP 제조 공정에 있어서는 화소 형성 재료로 되는 frit나 paste 재료가 550~600℃ 정도의 고온에서 소성·형성되어지기 때문에 기판 유리에 대해서도 이 온도 범위 내에서 반복 열처리가 행해진다. 이러한 고온 열이력 공정에서 기판유리의 치수가 변한다면 패턴의 어긋남이 발생하여 표시 패널의 제작 불량이 된다. 또한 이 문제는 패널이 대화면화 고정세화 할수록 중요도가 커진다. 따라서 PDP용 기판 유리에 대해서는 열처리에 따른 치수 안정성의 확보가 가장 중요한 특성이다. 이 때문에 일본 Asahi Glass사에서 PDP용 유리 기판으로서 고내열성 유리인 'PD200'을 개발하여 시장에 내놓은 이후로 여러 회사가 유사한 특성의 전용 유리를 출시하고 있는데, 현재 적용되고 있는 일반 유리기판과 고왜점 유리기판인 PD200의 화학조성 및 물리적 특성은 〈표 2〉

〈표 2〉 The properties of glass substrate for PDP and conventional soda lime glass

항목 \ Glass		PD-200	Soda Lime Glass(AS)
화학 조성 (Wt %)	SiO_2	58	72.5
	R_2O_3	7	2
	RO	22	12
	R_2O	10	13.5
	Others	3	
열 특성	열 팽창 계수($\times10^{-7}$/℃)	83(50~350℃)	87(50~350℃)
	연화점(℃)	830	735
	서냉점(℃)	620	554
	왜점(℃)	570	511
광학특성	굴절률 n_D	1.55	1.52
기계특성	밀도(g/cm^3)	2.77	2.49
	열률(kgf/mm^2)	7.8×10^3	7.3×10^3
	강성률(kgf/mm^2)	3.2×10^3	3.0×10^3
	Poissdn Ratio	0.21	0.21
	Vickers Hardness(kg/mm^2)	580	580
전기 특성	체적 저항률($\Omega\cdot cm$)	10^{12}(150℃)	$10^{8.5}$(150℃)
		7.9	7.6
내약품성 (mg/cm^2)	내수성(90℃×20h)	<0.01	<0.01
	내산성 HCl(N/1090℃×20h)	<0.01	<0.01
내알칼리성	NaOH(N/1090℃×20h)	0.2	0.8

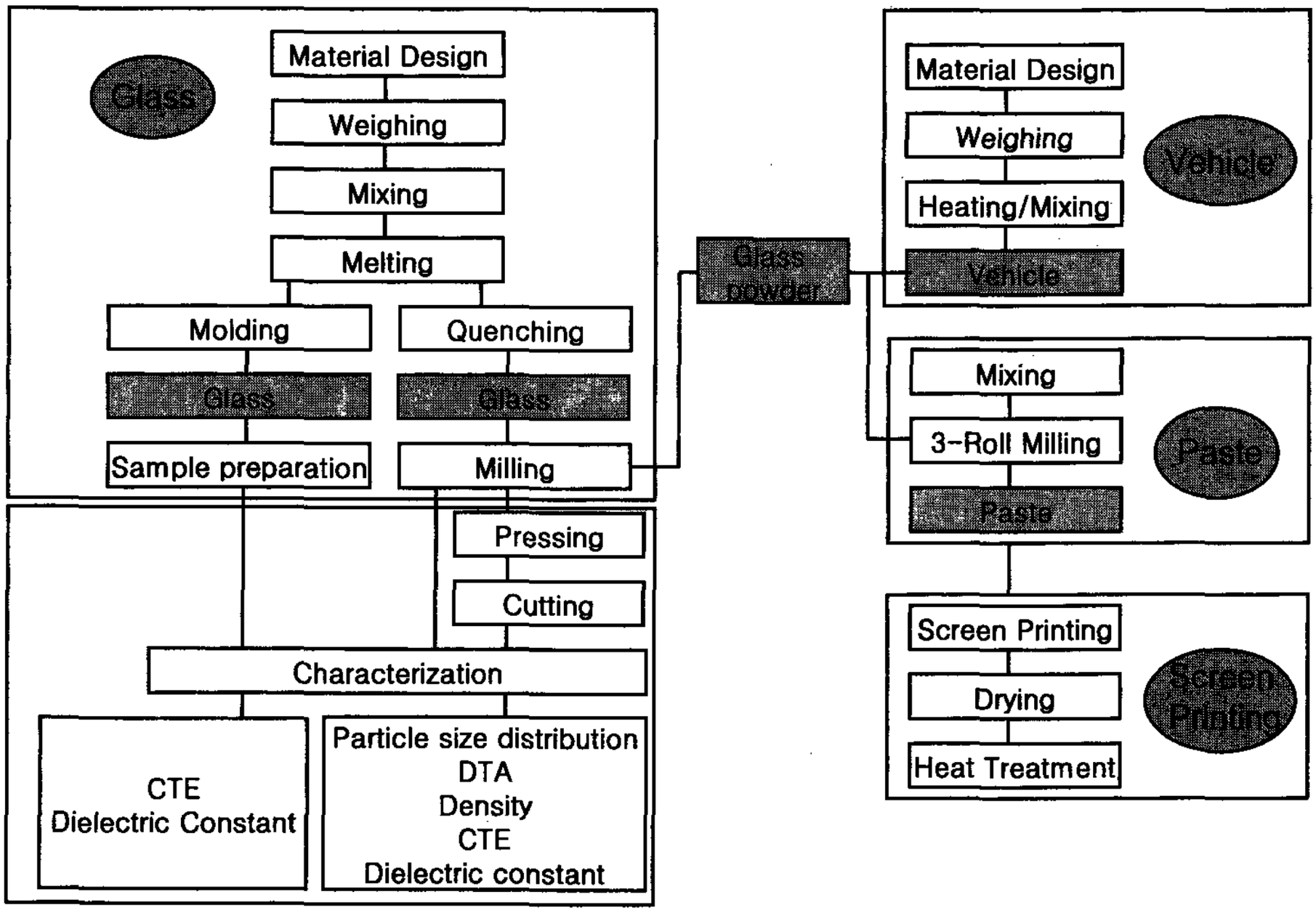
에 표시한 바와 같다. 그러나 PD200의 경우, 재료비가 기존의 Soda Lime 유리에 비해 비싸기 때문에 PDP 제조회사에서는 현재는 고 왜점유리를 대부분 사용하고 있지만, 향후에는 가격면에서 유리한 Soda Lime 유리 기판을 사용하기 위해 낮은 소성 온도의 paste 재료 및 공정 개발에 노력하고 있다.

2. 투명 유전체 재료

AC형 PDP에는 전면 유리 기판의 투명 전극 위에 투명 유전체가 형성되어 있다. 이 유전체는 방전할 때 콘덴서로 작용하며, 전류를 제한하는 역할과 메모리 기능을 주는 역할을 가지고 있어 재료로서는 glass paste가 사용되고 있다.

투명 유전체의 형성은 저융점 유리 분말을 주성분으로 하는 paste를 유리면 전체에 균일하게 20~40μm의 두께로 스크린 인쇄하는 것에 의해 막을 형성한 후 소성하는 것이 일반적인 방법이다. Glass frit이나 glass paste는 일반적으로는 잘 알려져 있지 않지만 분말 저융전 유리 재료는 전자 제품의 봉착, 접합, 피복 등의 용도로 많이 사용되고 있다. 유리 분말 뿐만 아니라 filler와 혼합된 것을 frit, 인쇄성, 도포성 등을 고려하여 유기 비히클(Vehicle, 유기 용제+고분자 수지)와 함께 혼합하여 섞은 것을 paste라 부르며, 이들을 총칭하여 frit paste 재료로 하고 있다.

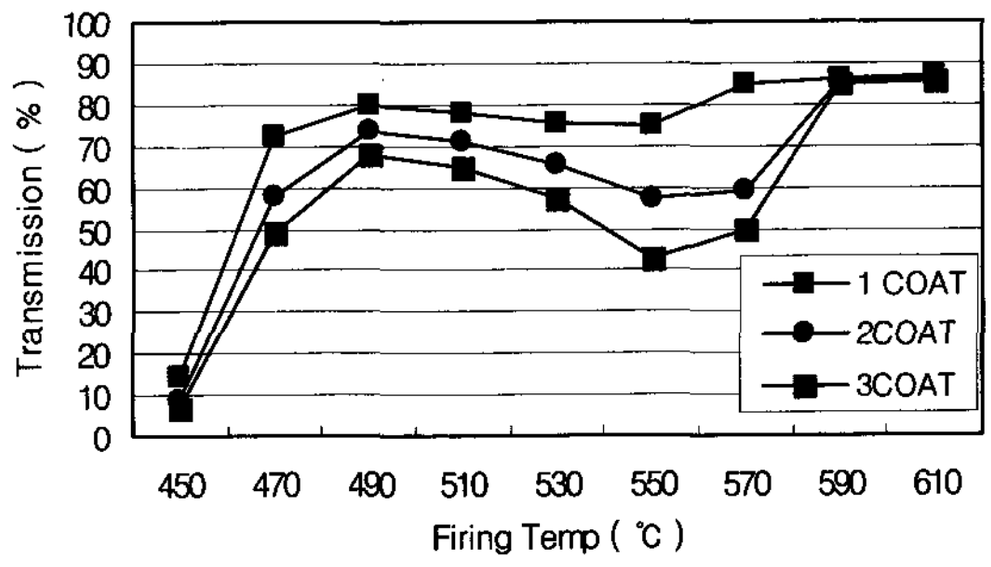
투명유전체에 요구되는 특성으로서는 다음과 같은 것이 있으며, 가시광의 투과율을 얼마나 높일 수 있는가가 가장 중요한 과제로 되고 있다. 또한 이물이 하나만 있어도 불량이 되기 때문에 제조 조건 등에는 엄격한 관리가 필요하다.



〈그림 3〉 PDP용 유전체 Paste의 제조 공정도

요구 특성	소성 온도 530~580℃에서 광 투과율이 80% 이상일 것→투과율이 양호한 Glass Paste는 저온 영역부터 기포의 발생이 적을 것. 기포의 발생은 유리 조성, 입경, 제조 조건, paste 소성 조건에 좌우된다.
	내전압이 양호할 것
	Ag 전극 및 MgO 보호층과의 Matching이 양호할 것→일반적으로 열팽창계수가 65~85(×10^{-7}/℃)이 연화점이 470~590℃의 재료가 사용된다.

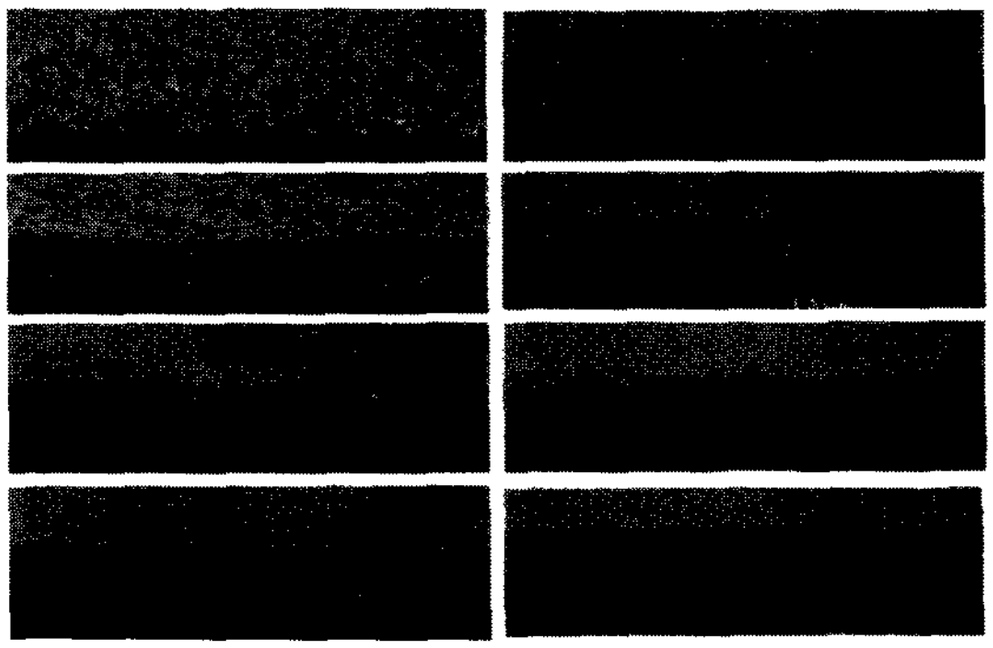
〈그림 3〉은 유전체 paste의 제조 공정도를 나타낸 것이다. 무기물인 glass에서는 조성에 의해 기본적인 유리 물성이 결정된다. 특히 유리의 열특성은 다음의 〈그림 4〉와 〈그림 5〉에서 알 수 있듯이 소성 온도에서의 투명 유전막의 투과율과 내부 기포의 거동에 영향을 미치므로 세심한 유리 조성 설계가 필요하다. 〈그림 4〉에서 투명 유전막의 투과율은 소성 온도가 증가함에 따라서 일정 온도까지는 증가하다가 첫번째 최대점을 지



〈그림 4〉 소성 온도와 인쇄 횟수에 따른 투명 유전체의 투과율 변화

나면서 감소하여 최저점을 지나서는 첫번째 최대점 보다 높은 투과율 값으로 접근해 가며, 그 이상의 온도에서는 거의 일정한 값을 갖는다. 〈그림 5〉에서 기포의 거동을 관찰해 보면 투과율은 내부 기포의 함수라는 것을 알 수 있다.

Glass에서 또 하나의 중요한 특성 중의 하나는 분말 특성이다. 유전체 paste의 소성이 진행됨에 따라 유기물이 분해되어 날라가게 되면 유리 분말만 남게 되어 기본적으로는 입자 소결 거동을 따르게 된다. 물론 일반 세라믹스의 소결 기



〈그림 5〉 소성 온도에 따른 투명 유전체의 표면 형상과 내부 기포 형상의 변화(2회 인쇄)

구와 동일하지는 않지만 분말의 입경과 분포 그리고 형상은 투명 유전체 막의 기포 특성에 막대한 영향을 미친다.

3. 격벽 재료

(1) 격벽 형성 기술

격벽은 PDP 후면 기판 위에 well type이나 stripe type으로 주로 형성되는데, 폭 50~100μm, 높이 100~200μm의 단면 형상을 하며, 2장의 유리 기판의 간격을 유지하고 방전 공간을 확보하는 역할을 한다. Cross-talk을 방지하기 위해 3색의 형광체를 분리하여 미소한 방전 공간을 만드는 격벽(Rib)을 형성한다. 형성 기술은 PDP 제조 기술 중에서도 精細度에 가장 크게 영향을 주는 중요한 공정으로 되며, 각종의 격벽 형성 기술이 개발되어 있다.

격벽 형성 방법으로서는 스크린 인쇄법, sand blast 법, lift-off 법, photolithography 법, etching법 등이 있으며, 스크린 인쇄법+sand blast법이나 additive법 등의 제거 방법의 조합에 의한 격벽 형성 방법이나 sheet법 등도 개발되어 있다.

실용화된 격벽 형성 방법으로서는 상업적인 생산이 시작된 1997년에는 Fujitsu 21 inch panel에 적용된 스크린 인쇄법이 주였지만 현재는 40 inch급 등에서 sand blast 법의 적용이 대부분이다. 최근의 형성법에는 교세라가 개발한 '금형에 의한 성형법' 등이 있다.

(2) 격벽 재료

어떠한 격벽 형성 방법에서도 격벽 재료로서는 glass paste가 사용되고 있다. Glass paste는 저융점 유리 분말에 유기 Vehicle(유기 용제+수지)이나 각종 filler(alumina, 금속 등)를 첨가한 것이다. 격벽 재료의 일반적인 요구 특성으로서는 치밀성, 강도, 기판 유리와의 열팽창 계수 matching이 필요하며, 격벽 형성 방법이 달라지게 되면 요구 특성도 다르다.

Glass Paste는 인쇄법에서는 격벽이 8~10층 정도의 반복 인쇄에 의해 형성되며, 표면의 평활성, 재소성시의 치수 변화가 없을 것이 요구된다. 이러한 관점으로부터 유리 분말의 입도 분포, 수지량, 용제의 종류, 착색제의 종류, filter의 종류나 입경을 검토하여 소성 온도, 격벽폭, 소성 수축률을 만족하도록 재료 설계된 제품이 개발되어 있다. 소성 온도는 PDP의 열처리 공정 온도인 550℃ 정도인 것이 일반적으로 사용되고 있다.

(3) 개발 과제

격벽 형성 재료로서는 glass paste가 사용되고 있지만 격벽 형성은 선폭보다 높이가 높고, 격벽 상면의 평활성의 요구가 높기 때문에(폭 100μm, 소성 높이 150μm) 이러한 요구 사항을 만족시키기 위한 paste 재료의 개발이 진행되고 있다. 격벽 재료의 향후의 개발 과제로서는 다음과 같은 것들이 있다.

개발 과제	
	無鉛化
	저가격화
	저온 소성화
	잔일막 형성 가능한 paste재

Sand blast법으로 40인치 패널 1장을 만드는 경우, 수백 그램의 납 유리와 수백 그램의 blast재로 된 혼합 폐기물이 배출되며, 향후 PDP가 본격적으로 양산되기 시작한다면 수 톤씩 발생되는 폐기물을 고려해야 한다. 환경문제의 측면에서 glass paste의 無鉛化 재료 개발이 시급하다고 할 수 있다.

Sand blast법으로 격벽을 형성하는 경우 300~500g 정도의 glass paste가 필요하며, 40인치 패널에는 glass paste의 재료비가 몇 만원 정도 든다. 따라서 패널 가격을 내리기 위해서는 구성 재료인 glass paste의 저가격화가 필요하다.

PDP의 소성 조건은 기판 유리의 소성 사용 한계온도에서 실시되고 있지만 고온 조건에서는 유리 기판의 치수 변화가 큰 문제로 된다. 내열 유리 기판의 개발 등 유리 기판 측면에서의 개발, 저온 소성 공정의 개발도 진행되고 있지만 저융점 glass paste의 개발도 요구되고 있다.

스크린 인쇄법에서의 격벽 형성 시에는 100~150μm 높이의 격벽을 형성하기 위해서 10회 정도의 스크린 인쇄·건조가 필요하게 되는데, 공정의 간략화, 제조 경비의 절감이라는 관점에서 보면 1회의 인쇄로 두께를 낼 수 있는 paste 재료가 요구되고 있다. 또한 건조 공정의 측면에서는 건조에 의한 열수축이 작은 재료가 요구된다.

4. 전극 재료

PDP에는 방전을 위해 전극이 필요한데, AC PDP의 경우 투명 전극, BUS 전극, address 전극이, DC형에는 음극, 양극이 있다.

〈표 3〉 The materials and process of electrode for PDP

전극	투명전극	버스 전극	어드레스 전극	음극	양극
방식	AC형	AC형	AC형	DC형	DC형
재료	ITO SnO_2	Cr-Cu-Cr Ag	Ag	$NiLaB_6$ $AlGdB_6$	Ag Au
전극 형성 방법	Lift-Off법 포토리소법 인쇄법 박막법	인쇄법 Lift-Off법 포토리소법 박막법	인쇄법 Lift-Off법 포토리소법 박막법	인쇄법 박막법	포토리소법 인쇄법

(1) 투명 전극

AC형 PDP의 방전 전극(음극과 양극을 겸하는 표시 전극)은 방전 면적을 넓히기 위해 투명 전극을 사용하며, PDP의 전면 기판에 형성된다. 투명전극은 ITO막(In과 Sn의 합금 산화막) 및 SnO_2막(네사막)으로 형성된다.

SnO_2막은 일반적으로는 네사막이라고 불리며, 화학적으로 안정하고 단단한 재료이지만, 소성 후의 전극 패턴 형성 시에는 에칭이 어려운 난점이 있다. 다만 ITO막에 비해 재료 가격이 낮고 제조 코스트가 낮기 때문에 금후 이용이 확대될 것으로 보인다.

ITO막은 SnO_2막에 비해 광투과성, 전도성이 좋으며, 성막 후의 전극 패턴 형성도 용이하기 때문에 LCD 등의 표시소자의 투명 전극에 널리 사용되고 있다. 이와 같이 LCD 등에서 축적된 기술이 있기 때문에 현재는 PDP용 투명 전극 재료로서는 ITO막이 주류이다.

이 이외의 투명 전극 재료로서는 ZnO막, Sb doped SnO_2막 또는 CdSnO 등이 고려되고 있지만 PDP용 투명 전극재료로서의 구체적 검토는 행해지고 있지 않다.

SnO_2막은 Spray법이나 CVD법 등으로, ITO 막은 Sputtering법 등으로 형성된다. 현재 최고 많이 사용되고 있는 것은 Ar Plasma에 의해 ITO Target을 Sputter하여 형성된 ITO 박막이다.

이와 같이 Sputtering법으로 유리 기판 상에 형성된 ITO 박막에 Photo Etching법으로 전극 패턴이 형성되어 투명 전극이 된다. 한편 에칭이 어려운 SnO_2막의 경우는 lift-off법 등으로 전극 패턴을 형성한다.

이외에 감광성 전극 재료를 도포하여 photo lithography로 patterning하는 방법, 직접 인쇄에 의해 전극 막을 형성하는 방법 등이 있으며, 스크린 인쇄에 의한 방법은 일부 실용화되어 있다.

(2) Bus 전극

AC형 PDP의 ITO막이나 SnO_2막으로 된 투명 전극은 저항치가 높기 때문에 보조 전극으로서 버스 전극이 필요하게 된다. 버스 전극으로서의 요구 특성은 다음과 같다.

버스 전극은 투명 전극 위에 Cr-Cu-Cr의 3층막 또는 Ag막으로서 형성된다. Cu는 유리와의 밀착성이 나쁘며, 상부에는 유전체와 반응하기 때문에 Cr으로 Cu를 덮는 구조로 된다. Cr-Cu-Cr

요구 특성	
	미세 패턴 형성 가능
	뒤에서 보았을 때 반사가 적을 것
	투명 전극막과의 반응이 없을 것
	저항값이 낮을 것

막과 Ag막의 채용 비율은 반반으로 보인다.

Cr-Cu-Cr막의 경우 sputtering법으로 막을 형성한 후 Photolithography법에 의해 patterning 하는 것이 많다. Ag막에는 스크린 인쇄법, Photo-litho법, Lift-off법, Etching법 등이 검토되고 있다.

(3) Address 전극

AC형 PDP에는 투명전극과 반대측의 기판에 address 전극이 형성되는데, 주로 Ag paste를 재료로 한다.

Address 전극은 70~80μm의 미세 선폭이 요구되기 때문에 스크린 인쇄법, photolithography법의 두 가지 형성 방법이 주로 이용되고 있지만, lift-off법, 박막법 등도 검토되고 있다.

Photolithography법은 기판에 감광성 Ag paste를 도포하여 photolithography로 patterning한 다음 소성하게 되는데 Ag paste를 이용한 address 전극의 요구 특성은 다음과 같다.

요구 특성	
	소성 막이 얇을 것
	재소성 시 단선이 발생하지 않을 것
	치밀한 소성막이 형성 가능할 것
	형광체에 악영향이 없을 것

5. 형광체

PDP는 유리 기판 사이에 봉입되어진 He 또는 Ne과 Xe의 혼합 기체의 방전에 의한 발광 현상을 이용한 표시 장치이다. 형광체는 Xe의 공명 방사광(147nm 진공 자외선)에 의해 여기되어 가시광을 발생시키는 물질이다. Full color화를 위해서는 빛의 3원색인 RGB의 광을 발생하는 세 종류의 형광체가 필요하며, 이들 세 종류의 형광체를 도포한 미소영역(셀)을 조합하여 하나의 화소(픽셀)가 된다. PDP에 사용되는 형광체 재료는 PDP 개발 초기부터 사용되어 왔던 CRT나 형광등 등의 형광체 응용 제품에 사용되어온 형광재료를 개량하는 방향으로 검토가 진행되어져 왔다.

PDP용 형광체 재료는 color CRT나 형광등에 사용되는 재료와 기본적으로는 동일하지만 CRT는 전자선을 유리 형광면에 충돌시켜 가시화하며, 형광등은 Hg을 여기시킨 결과 생기는 자외선을 이용하는 것에 대하여 PDP에서는 Xe으로부터의 진공 자외선을 이용하므로 발광 원리가 다르다. 따라서 발광 원리에 따른 재료가 사용된다.

현재 사용되고 있는 PDP용 형광체에는 청색 발광 형광체로서 $BaMgAl_{10}O_{17}$: Eu(Eu을 발광 중심으로 한 바륨 마그네슘 알루미네이트), 녹색 발광 형광체로서 Zn_2SiO_4 : Mn(Mn을 발광 중심으로 한 규산 아연), $BaAl_{12}O_{19}$: Mn, YBO_3 : Tb 등, 적색 발광 형광체로서 $Y_{0.65}Gd_{0.35}BO_3$: Eu(Eu을 발광 중심으로 한 이트륨 가돌리늄 붕산염), Y_2O_3 : Eu, Gd_2O_3 : Eu가 있다.

형광체는 배면 기판 위에 형성된 격벽과 격벽 사이의 셀의 측면과 바닥면에 약 20μm의 두께로 도포된다. 도포 방법은 대부분 스크린 인쇄이다.

형광체의 개발은 1972년 F. H. Brown 등에 의해 발표된 청색(B) 발광 형광체로서의 $CaWO_4$: Pb, 녹색(G) 발광 형광체로서 Zn_2SiO_4 : Mn, 적색(R) 발광 형광체로서의 YVO_4 : Eu, Y_2O_3 : Eu에서부터 시작되었다. 그 후 휘도, 발광 효율, 색순도, 잔광, 온도 특성, 수명 등의 개선을 위해 새로운 형광체의 탐색과 조성의 최적화가 이루어졌으며, 다양한 물질이 현재에도 검토되고 있다.

도포 방법에는 스크린 인쇄법이나 photolithography법이 이용되고 있는데 막 특성 향상을 위해서 형광체 분말의 입자형상과 크기, paste 내 입자의 분산성 향상을 위한 연구가 진행되고 있으며, 형광체 특성 면에서는 청색 형광체의 휘도와 수명, 녹색의 잔광, 적색의 색도 등이 개발과

〈표 4〉 The properties of commercial phosphors(化成 Optonics)

형광체명	조성	발광색	색도	색도	1/10 잔광시간(ms.)
KX-501A	(Ba, Eu)$MgAl_{10}O_{17}$	청색	0.147	0.067	<1
PI-GIS	$(Zn, Mn)_2SiO_4$	녹색	0.242	0.708	14
KX-502A	$BaAl_{12}O_{19}$: Mn	녹색	0.182	0.732	17
KX-504A	(Y, Gd, Eu)BO_3	적색	0.641	0.356	9
LP-REI	$(Y, Eu)_2O_3$	적색	0.648	0.347	3

제이다.

6. 보호막 재료(MgO)

AC형 PDP에는 투명 유전체 층 위에 보호막이 형성되어진다. 이 보호막이 없으면 전극 사이에서 발생하는 plasma ion에 의해 유전체층 표면이 sputter되어 방전 전압이 상승하거나 전극 수명의 저하를 가져 온다.

보호층은 이에 더하여 방전 시 음극으로서 작용하여 방전 상태를 유지하거나 방전 전류를 억제하는 기능도 갖는다. 보호막 재료에 요구되는 특성은 다음과 같다.

요구 특성	
	높은 투광성
	내 Sputtering성
	낮은 방전 전압
	넓은 Memory Margin
	구동 전압 안정성

요구조건을 만족하는 재료로서 현재는 MgO가 이용되고 있다. MgO 막의 형성 방법으로서는 전자 beam 증착법, sputtering법, ion plating법, 인쇄법 등이 있지만 전자 beam 증착법이 주로 이용되고 있다. 두께는 500 nm 전후이다.

향후 기대되는 형성법은 ion plating법이다. 이 방법은 증발 전자를 이온화, 고속화시켜 막 형성 속도를 향상시킨 것이다.

(1) 보호막 형성 기술

MgO막의 형성 기술은 현재 전자 beam 증착법이 주류를 이루고 있지만 패널의 대형화, 저가격화에 대응하기 위해 새로운 형성 기술의 개발이 기대되고 있다. 그 중 스크린 인쇄에 의한 방법은 이전부터 검토되어 왔다.

인쇄법에 의한 보호막 형성 기술의 문제점으로서 단수명, 고전압 등도 거론될 수 있지만, pin hole이나 crack 없이 균일한 막을 형성하는 것이 가장 중요한 기술과제로 되어 있다. MgO paste의 최적화 제조, 공정 조건 검토가 이루어지고 있지만 현재 실용화되어 있지는 않다.

또한 sputtering법은 MgO막의 형성 속도가 느린 (전자 beam 증착법의 양 1/10) 문제점이 있다. 최근 plasma를 이용하여 MgO를 용사시켜 MgO 박막을 형성하는 신기술도 등장하고 있다.

(2) 보호막 재료

보호막 재료로서 지금까지 CeO_2, La_2O_3 및 MgO에 의한 보호막이 검토되어 있지만 장수명화, 저전압 및 누설 방전의 제어 측면에서 MgO 보호막이 가장 효과적인 재료로 평가되어 왔다. 그러나 장기적으로는 MgO보다 우수한 특성을 갖는 재료의 출현이 기대된다. 최근 SrO, CaO의 혼합물에 의해 저전압화가 달성되어 있다. MgO의 경우가 화학적으로 안정하고 공정 자유도가 높지만 새로운 보호막 재료로 될 가능성도 있다.

7. PDP용 근적외선 및 전자파 차단 Filter

PDP에는 800~900 nm 부근의 근적외선 및 전자파 차단 필터의 개발이 진행되고 있다. PDP에 사용되는 봉입 가스(Ne-Xe 또는 He-Xe)에서 나오는 근적외선은 각종 가전기기의 리모콘

의 적외선과의 간섭에 의해 기기의 오작동의 위험이 지적되고 있다. 따라서 PDP에서 방출되는 전자파 및 근적외선을 어떻게 흡수하는가 하는 것이 가정용 PDP에 있어서는 필요한 개발과제로 되고 있다.

또한 PDP에 있어서는 근적외선의 흡수와 함께 전자파 차단 기능 및 반사 방지 기능 등 복합 기능의 필터가 필요한데, PDP는 CRT에 비해 전자파의 방사량이 많은 한편, 휘도가 낮기 때문에 화면의 밝기나 선명도를 유지하면서 전자파를 차단할 필요가 있다.

현재 PDP용 근적외선 및 전자파 차단 필터로서는 강화 유리에 투명 도전막을 형성한 것과 PMMA 수지에 흡수 색소를 도포한 제품이나 광학용 폴리에스테르 수지가 개발되어 있는데, 제작업체는 강화유리 형태는 일본의 ASAHI GLASS와 미국의 VIRATEC 등이 있으며 수지필름 형태에는 일본의 SUMITOMO, KURARY 등이 있다.

현재 개발 중의 수지필름 형태에는 Sheet형, Film형의 두 가지가 있으며, PDP 전면 패널의 앞에 설치하는 구조이다. 패널 제조업체마다 전면 유리 패널의 상승 온도가 달라(50~100℃ 온도 범위), 필터 sheet나 film을 직접 유리 패널에 붙이는 구조로 되기에는 어렵고 제조 수율이 높지 않은 상태에서는 PDP 전면 유리 기판에 추가 가공을 하는 것을 PDP 제조 업체에서는 꺼리기 때문에 현재 대부분의 회사에서는 강화유리 형태를 채용하고 있다. 전면 필터에 대한 요구 특성은 다음과 같다.

요구 특성	
	근적외선 흡수·차단 기능(800~1000 nm 영역)
	반사 방지 기능
	전자파 차단 기능
	광학 기능(복굴절, Newton Ring)
	내Scratch성 내열성(~100℃)
	경량

8. Panel 봉착, Seal재

PDP glass panel 기판의 봉착에는 저융점 유리 분말(Frit)이 사용된다.

LCD seal 재료로 사용되는 에폭시 수지, 자외선 경화 수지는 내열성이 요구되는 PDP용으로는 적절치 못하며, 또한 봉착 시에 기판 유리에 열에 의한 변형을 생기지 않도록 저융점 유리가 사용된다.

실제의 사용형태로서는 glass frit에 vehicle (저분자량의 아크릴 수지를 α-Terpineol에 5% 정도 용해한 것 등)을 가하여 paste 상으로 사용한다. PDP용 봉착용 glass frit에 대한 요구 특성에는 다음과 같은 것이 있다.

요구 특성	
	타 재료와의 선팽창 계수 Matching (특히 기판 유리)
	유전 특성
	절연 특성
	강도
	기밀성
	화학 특성

특히 기판 유리와 봉착 frit는 아주 밀접한 관계가 있으며, 각 panel 제조업체는 panel 제조 시 유리 기판의 특성에 맞는 frit paste를 조정하여 사용하고 있다.

기판의 봉착 공정에는 우선 기판(또는 투명 유전체 층) 위에 seal 층을 형성한다. 다음에 두 장의 기판의 위치를 맞추고 고정시키고 소성로에 넣어 glass frit를 녹여 봉착하는데, seal층의 형성은 대부분 screen printing 또는 dispenser 법으로 한다. 또한 저융점 유리는 결정화형과 비정질형의 두 가지가 있다. 결정화형은 연화 유동한 유리 중에 결정이 성장·고화한 형이며, 조성은 $PbO \cdot ZnO \cdot B_2O_3$ 등이다. 결정화형의 frit는 재가열 허용 온도가 높은 특징이 있다.

비정질형은 $PbO \cdot B_2O_3$계 저융점 유리 분말과 세라믹 분말을 혼합한 것 등이 있다. 비결정화형의 frit는 세라믹이 첨가되어 있기 때문에 열충격

강도가 좋고 단시간 봉착이 가능하다.

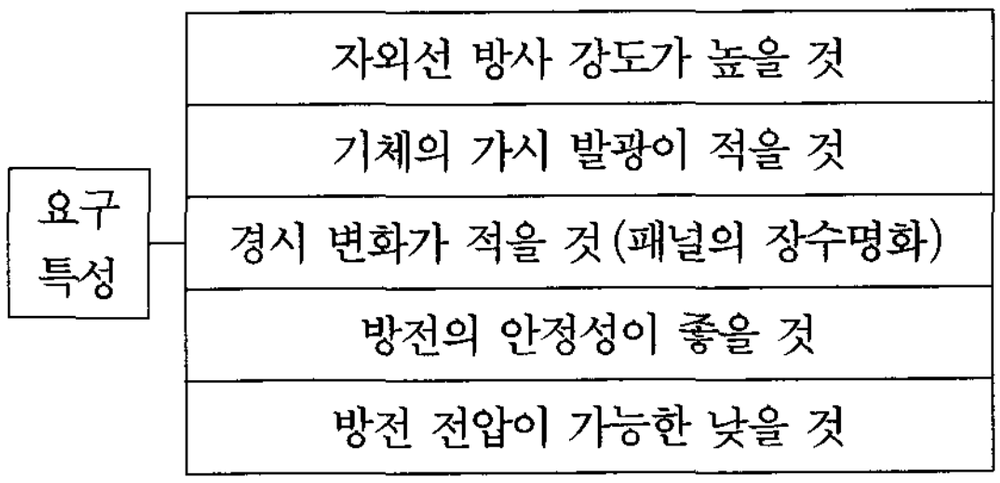
현재 사용되고 있는 glass frit의 선팽창계수는 결정화형이 85~89($\times 10^{-7}$/℃), 비결정화형은 71~78($\times 10^{-7}$/℃)로 되어 있다. 봉착 온도는 결정화형이 430~450℃, 비결정화형이 410~450℃로 되어 있으며 봉착용 glass frit는 패널 제조상 요구되는 특성을 대부분 만족시키는 재료로 되어 있으며, 기존의 재료 성능으로 대응이 가능하다.

그러나 향후 패널 제조 공정의 단축이나 MgO 보호막의 crack 발생 억제를 위해서는 보다 저온에서 봉착할 수 있는 sealing 재료 개발 필요성이 매우 높은 상태이다.

9. 봉입 Gas

PDP에서는 두 장의 기판 사이를 진공으로 하여 방전시 자외선을 발생시키는 기체를 봉입한다. 현재 AC형 PDP에는 Ne-Xe, DC형 PDP에는 He-Xe 기체가 주로 사용되고 있다. Xe 기체의 혼합 비율은 패널 제조 회사에 따라 다르며, 이것이 know-how이다. PDP용 봉입 기체에 요구되는 특성은 다음과 같은 것들이 있다.

일반적으로 저압 방전에 있어서는 형광등에 사용되고 있는 수은이 고효율의 자외선 발생 기체로 많이 사용되고 있다. 그러나 수은의 포화 증기압은 상온에서 1Pa로 낮으며, 이것을 방전 거리가 짧은 PDP에 봉입하여 그 장점을 살리기 위



해서는 고온과 상당한 압력을 유지하지 않으면 안되며 실용성이 없다. 따라서 상온에서 적당한 압력으로 방전을 일으키기 위해서는 rare gas를 고려할 수 있는데 rare gas 단독으로는 발광 특성이나 방전의 안정성 측면에서 이용하기에 단점이 있으므로 Ne이나 He 기체를 모체 기체로 하여 파장이 비교적 긴 공명선을 갖는 Xe을 방사 기체로 한 혼합 기체의 형태로 사용된다. AC형이나 DC형 모두 패널 수명을 길게 하기 위해서는 봉입 기체의 압력을 높일 필요가 있다.

패널의 화질에 관해서는 색 재현성이 있어 방전 기체의 발광의 영향이 중요하지만 방전 기체의 특성과 함께 형광체의 발광도 영향을 미치므로 향후 방전 기체와 형광체의 matching 등이 검토되어야 한다.

현재 PDP용 봉입 기체는 He-Xe과 Ne-Xe 기체가 사용되고 있지만 패널 수명이나 색 재현성 또는 셀 구조의 변화에 따라 기체의 종류나 혼합 비율 등 새로운 기체 재료가 검토될 가능성도 있다.

〈표 5〉 각 업체가 채용하고 있는 panel 재료 및 공정

	Glass 기판	전면 기판					후면 기판			
		투명 전극		Bus 전극	투명 유전체	보호층	Address 전극	격벽		
		투명 전극	Process					Process	구조	형광체
FHP	Asahi Glass PD2000	Asahi Glass ITO	Sputter	Cr-Cu-Cr	저융점 Pb Glass(28μm)	Sputter	Cr-Cu-Cr	Sand Blast	Stripe	Screen 인쇄
Pioneer	Asahi Glass PD200	Asahi Glass ITO	Sputter	Ag	저융점 Pb Glass	Sputter	Cr-Cu-Cr	Sand Blast	Waffle	Screen 인쇄
NEC	日本板硝子	SnO_2	Sputter	Ag	저융점 Pb Glass	Sputter	Ag	Sand Blast	Stripe	Screen 인쇄
松下	日本電機硝子 PP8	NEG ITO	Sputter	Ag	저융점 Pb Glass	Sputter	Ag	Noritake 스크린 인쇄	Stripe	Screen 인쇄

Ⅲ. 결론 및 향후 전망

PDP 구성 재료의 개발 동향을 살펴보면 형광체와 MgO 보호막의 경우는 PDP 패널의 성능 향상 및 신뢰성 확보를 위한 연구가 활발히 진행되고 있고 유전체 및 기타 재료의 경우는 PDP의 성능 향상보다는 PDP 제조시 수율 향상과 제조공정 단축을 위한 재료의 품질 향상에 초점이 맞추어지고 있다고 할 수 있다.

특히, 유전체 재료의 경우, 수율 향상을 위해서는 내부의 pore 발생과 같은 결함 발생에 대한 해결책 및 panel의 uniformity 향상을 위한 frit glass의 powder processing 기술과 paste의 rheology 특성 규명을 위한 체계적인 연구활동이 필요하며 내환경을 위한 PbO-less화가 시급하다고 할 수 있겠다.

그리고 현재 적용되고 있는 재료의 대부분이 수입해서 사용되고 있는 상태이기 때문에 이들 재료의 조기 국산화를 위한 국내 재료업체 육성을 위한 지원이 보다 활발해야 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

〔1〕 '99 PDP/LCD 구성 재료 · Chemical 시장, CMC.

〔2〕 M. S. Chang, B. J. Pae, Y. K. Lee, B. G. Ryu, M. H. Park, "The Fabrication and Characterization of Dielectric Materials of Front Back Panel for PDP", 20th International Display Research Conference, Florida, pp.370~373(2000)

〔3〕 S. Fujimine, Y. Aoki, T. Manabe, Y. Nakao, "New Dielectric Material for Front Panel of PDPs", SID 99 DIGEST, pp.560~563 (1999)

〔4〕 中山 和尊, "PDP용 글래스 Paste", 월간 전자 기술, Vol. 6, pp.98~102, 1999

〔5〕 A. Manabe et al., "Screen Printed MgO Protection Layers for ac Plasma Display", Proceedings of SID, Seatle, pp. 592~98 (1993)

〔6〕 A. Kosloff, "Screen Printing Techniques (The Sign of the Times Publishing Co., Cincinnati, 1985)"

〔7〕 M. Yokoe et al., "The Vacuum Furnace for a Transparent dielectric Layer", 2001 ICEP, pp.436~440 (2001)

〔8〕 Technology & Materials of Color Plasma Display Panel, CMC