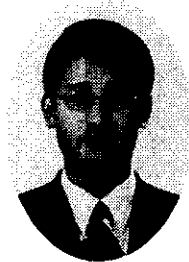


Plasma Display Panel 제조 기술 (Manufacturing Technology of Plasma Display Panel)



김 병 국

(오리온 전기 주식회사 PDP 연구팀)

1. 머리 말

Plasma Display Panel(이하 PDP)이란 플라즈마 기체 방전에서 발생하는 진공 자외선으로부터 형광체를 여기시키고 이로부터 생성되는 가시광을 이용하여 문자 또는 그래픽을 표시하는 장치로, Gas Discharge Display라고도 한다. PDP의 경우 CRT에서 구현할 수 없는 대형화, Slim화, 경량화가 가능하다는 장점뿐만 아니라 대형 display에서 필수적으로 요구되는 메모리 기능과 강한 비선형성을 소유하고 있으므로 행 구동과 선택적 구동이 가능하며, full color 및 고 해상도 구현이 용이하여, multi-media 대형 표시 장치와 가정용 벽걸이 TV로 각광받고 있다.

세계 최초의 PDP는 1927년 미국의 Bell 시스템사에서 만든 표시화면 60×70cm에 50×50 화소로 구성된 mono-PDP이지만, 현재 제품에 적용되고 있는 구조인 AC-PDP의 경우 1964년 미국 일리노이 대학의 Slottow 교수에 의해 처음 발표되었으며 이 시점이 PDP 연구 개발의 사실상의 시작이라고 볼 수 있다. 이후 지속적인 연구와 제품 개발 과정을 거치면서 1990년대 중반에 이르러 화질과 기능면에서 상용화가 가능한 제품들이 출시되기 시작하였으며, NHK의 DC형을 제외하고는 모든 PDP 업체에서 원가나 수명 측면에서 이점이 있는 AC-PDP 제품을 선보였다. 1998년도 이후 PDP 제품 개발 현황을 살펴보면 우선 대형화, 고 정세화 기술 개발을 들

수 있다. 예를 들어 60"급의 초대형 PDP와 SXGA급의 고 해상도를 구현할 수 있는 대형화 및 고정세 공정 기술의 진보가 그것이다. 다음으로 화질 개선에 대한 노력을 들 수 있는데, 현재는 명암비를 제외하고는 휘도나 색온도와 같은 광학적 특성 그리고 제조 구현 측면에서 CRT에 버금가는 화질을 구현하고 있다. 또한 다른 display에 비하여 낮은 발광 효율과 고 전압 구동 그리고 350W에 이르는 소비 전력을 낮추기 위한 연구가 계속적으로 진행되어 현재는 발광 효율이 2lm/W에 이르는 제품이 개발되기에 이르렀다. 그러나 CRT나 projection 방식의 타 display와의 경쟁에서 승리하기 위한 또다른 필수 요건으로는 고성능 화질 구현 뿐 만이 아니라 제품 가격을 현재의 절반 이하로 낮추어야 한다는 점으로 이를 위해서는 양산 공정에서의 생산성 극대화화 재료 및 공정 기술의 개발 또한 중요한 사안이 될 것이다.

이와 관련하여 본 내용에서는 전반적인 PDP 제조 기술에 대하여 언급하고 향후 저 가격화, 고 정세화에 기여할 수 있는 재료 및 공정 기술의 방향을 살펴보고자 한다.

2. AC-PDP의 구조

PDP는 방전의 종류에 따라 DC형, AC형, AC/DC Hybrid 형으로, 유지 방전의 발생 경로에 따라 대향형과 면방전형으로, 그리고 형광체 도포 영역 즉 가시광의 방출 경로에 따라

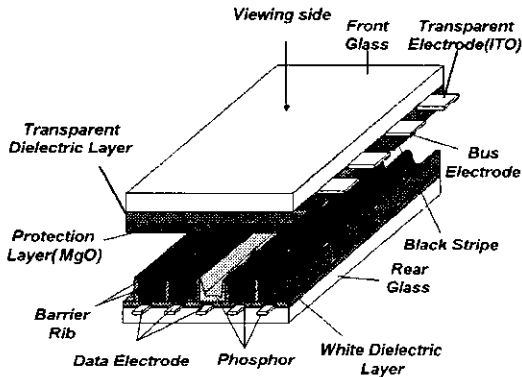


Fig. 1 AC-PDP Structure

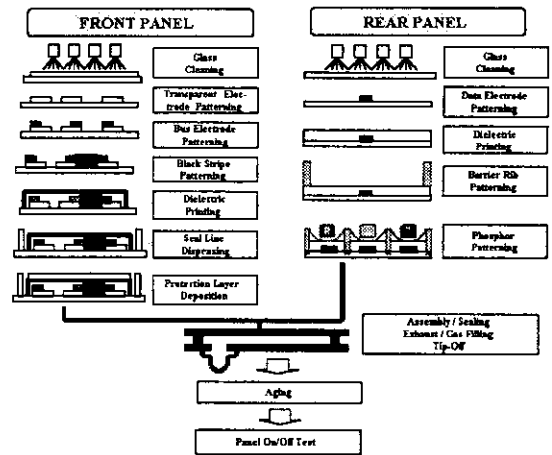


Fig. 2 AC-PDP Fabrication Flow

투과형과 반사형으로 분류되어 진다. 그림 1은 AC 3전극 면방전형 PDP의 구조를 보여준다.

전면 기판은 주 전극인 sustain 전극과 scan 전극으로 구성되어 있는 투명 전극과 투명 전극의 저항값을 낮추어 방전 전류의 경로 역할을 하는 Bus 전극, 명암비 향상을 목적으로 하는 절연체의 black stripe, 전류 제한 capacitor 역할로 패널에 charge memory 기능을 부여하는 투명 유전층, 유전체 보호막 기능과 이차전자 방출의 기능을 가지는 유전체 보호막 (MgO)으로 구성되어 있으며, 배면 기판은 특정 셀을 선택하여 방전하기 위한 전면 전극과 수직 방향으로의 data 전극, 전극 보호용 배면 유전층, 방전 셀의 경계를 이루면서 인접셀과의 cross-talk 방지 역할을 하는 격벽 그리고 진공 자외선으로부터 가시광 방출 기능을 담당하는 형광체로 이루어져 있다. 이러한 패널 구조는 유전체 표면에 쌓인 벽전하를 이용한 memory 구동을 하므로 AC형 PDP라고 일컬어지며, 화상을 표시하기 위하여 발광을 동반하는 유지 방전이 전면 기판에 존재하는 두 개의 투명 전극 사이에서 발생하고 셀을 선택적으로 지정하여 유지 방전의 점등, 소등을 제어하는 어드레스 방전은 배면의 data 전극과 전면의 scan 전극 사이에 이루어 지므로 3전극 면방전형PDP로 분류될 수 있다. 보조 전극 및 전극 라인마다 저항 형성이 필수적인 DC-PDP에 비하여 구조가 간단하므로 제조가 용이하며 대형화에 유리하다는 장점을 가진다.

3. AC-PDP 패널 제조 공정

현재 국내외에서 제품화되고 있는 AC 3전극 면방전형 PDP 패널 공정 흐름을 그림 2에 나타내었다.

우선 전면 기판의 제조 공정을 살펴보면 세정 공정을 거친 기판에 투명 전극을 박막 공정과 photo lithography법으로 패턴 형성한 후 박막이나 후막 Bus 전극을 투명 전극 위에 증

침시키며, 비방전 영역에 black stripe를 주로 인쇄법으로 형성한다. 전 영역에 투명 유전체를 인쇄한 후 그 위에 유전체 보호막을 E-beam 또는 sputter로 증착하면 전면판이 완성된다. 한편 배면은 세정을 거친 기판에 data 전극을 역시 박막 또는 후막 공정으로 패턴닝하고 배면 유전체를 전면 인쇄한 후 격벽을 screen 인쇄법이나 sand blast법으로 형성하고 마지막으로 격벽 표면에 형광체를 screen 인쇄법으로 도포한다. 이 후 두 기판을 조립, 부착하는 공정을 거쳐 패널 내부에 방전 가스를 주입하고 밀봉하게 되면 패널이 완성된다.

PDP 패널의 제조 기술은 크게 후막 기술과 박막 기술로 분류할 수 있다. 대표적인 후막 공정으로는 필요 영역에만 직접 패턴을 형성하는 screen 인쇄법과 감광성 dry film 또는 감광성 후막 재료를 이용한 photo lithography법이 있다. Screen 인쇄 관련 주요 인자로는 기판과 screen mask 사이의 간격 (clearance), squeeze 각도 및 이동 속도, mask에 인가되는 압력, paste의 점도와 분산 특성, 온 습도와 같은 작업환경 등이 있다. 상대적으로 저렴한 설비 가격과 패턴 부분만 인쇄하기 때문에 재료 손실이 없다는 장점이 크지만, 고정세 패턴 형성에 불리하며 또한 기판 크기가 커질수록 전 영역에서의 선평 균일도 및 공정 재현성을 확보하기가 어렵다. Photo lithography법을 이용한 후막 기술은 screen 인쇄법보다 공정은 복잡하지만 고정세 패턴 형성이 가능한 공정으로 paste의 바인더 성분에 감광성 유기물이 첨가되어 paste의 노광, 현상만으로 패턴 형성이 가능하므로 최근 양산 공정에서의 적용성이 크게 부각되고 있다.

한편 후막법으로는 구현이 어려운 미세 패턴이나 방전 특성을 크게 좌우하는 막 형성에 주로 적용되고 있는 박막 공정 기술로는, 박막 증착과 photo lithography 패턴닝을 이용한 투명 전극, Cr/Cu(Al)/Cr과 같은 Bus(data)전극 공정과 유전

Table 1 Material and Process in AC-PDP

Process	Material	Fabrication Method
Transparent Electrode	ITO	Sputtering & Photo Etching
	SnO ₂	CVD & Lift-Off
Bus, Data Electrode	Cr/Cu(Al)/Cr	Sputtering & Photo Etching
	Ag	Screen Printing Photo Sensitive Paste
Dielectric Layer	Low Melting glass	Screen Printing
		Coating
		Green Sheet Laminating
Protection Layer	MgO	E-Beam Evaporator
		Sputtering, Ion Plating
Barrier Rib	Low Melting glass & Ceramics	Screen Printing
		Sand Blast, Lift-Off
		Photo Sensitive Paste
		Die Pressing
Phosphor	R:(Y,Gd)BO ₃ :Eu	Screen Printing Photo Sensitive Paste
	G:ZnSiO ₄ :Mn	
	B:BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu	
Seal Line	Low Melting glass	Dispensing, Screen Printing

제 보호막 형성 공정이 있다. 또한 soda-lime 기판과 투명 전극막 사이에 알칼리 금속 확산 방지막으로서의 SiO₂ 막막 증착에도 응용되고 있다. 표 1은 각 기능별 구조물에서의 재료와 제조 공정에 대하여 보여준다.

3.1 기판

PDP 기판에 요구되는 특성으로는 각 구조물의 제조 과정 중 거치는 500~600℃의 열처리 온도 범위에서의 내열 특성, 표면 평탄도, 알칼리 금속에 대한 화학적 안정성 그리고 가시광 영역에서의 높은 광 투과율 등이 있다. 창문 유리라고 알려져 있는 soda-lime 기판의 경우 고온으로 용융한 기판 소재를 용융 상태의 액체 주석위에 밀도차에 의하여 부유시켜 제조하는 floating법으로 표면 평탄도 및 두께 균일도가 우수한 대형 기판의 제조가 가능하다. 그러나 전이 온도가 511℃, 열변형이 급격하게 발생하기 시작하는 서냉 온도가 554℃로 PDP 공정에서 사용되는 paste의 일반적인 소성 온도보다 낮다. 기판의 전열 처리 공정을 통하여 공정 중의 열변형을 최소화시키는 방법이 도입되고 있지만, 비정질 재료에서 흔히 보여지는 부채꼴 모양의 불균일 변형 거동과 sodium 성분의 다함유로 인하여 공정 온도에서 전극 재료의 migration 현상이 심각하므로 이 기판의 경우 제품 적용이 용이하지 않다. 따라서 sodium 함량을 대폭 줄이고 전이온도가 60℃ 정도 상승

된 PDP 전용 유리 기판이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 온도 균일도가 뛰어난 소성로 사용으로 소성 조건의 미세 조절, 기판과 전면 전극 사이에 SiO₂와 같은 알칼리 금속 성분을 포함하지 않는 산화물 막 형성 그리고 저온 소성용 paste 재료 개발 등을 통하여 가격적으로 큰 이점이 있는 soda-lime 기판을 적용하기 위한 공정 및 재료 연구가 활발하게 진행 중이다.

한편 제조 공정의 첫 단계로는 기판 세정 공정으로 순수과 KOH(또는 NaOH)에 계면활성제를 첨가한 액을 이용한 세정과 초음파 세정을 조합한 공정이 적용되고 있다. 기판에 이물질이 부착되어 있을 경우 이후 공정에서 치명적인 결함으로 작용할 수 있기 때문에 세심한 주의가 요구된다.

3.2 투명 전극

주방전 전극인 투명 전극에 요구되는 특성으로는 낮은 면저항값, 가시광 영역에서의 90% 이상의 광 투과도 그리고 기판 또는 유전체와의 반응 관련 화학적 안정성 등이 있다. Indium 산화물에 저항 감소 목적의 Sn을 미량 첨가한 ITO 막을 주로 사용하는데, sputtering 공정으로 1000~3000Å 두께의 막을 형성한 후 photo etching법을 이용하여 패턴을 형성한다. 그 외 제조원가를 줄이기 위한 목적으로 SnO₂ 막의 적용 여부도 검토되고 있다. 일명 NESAm막이라고도 불리는데 etching이 용이하지 않아 CVD 공정을 적용한 lift-off법으로 패턴을 형성하는 것이 일반적이다. ITO 막은 도전성이나 투과도 측면에서 NESAm 막보다 우수함을 보이지만, 고온에서의 반응성 측면에서는 상대적으로 불리한 막 특성을 가진다. 그림 3은 투명 전극 형성 방법을 보여준다.

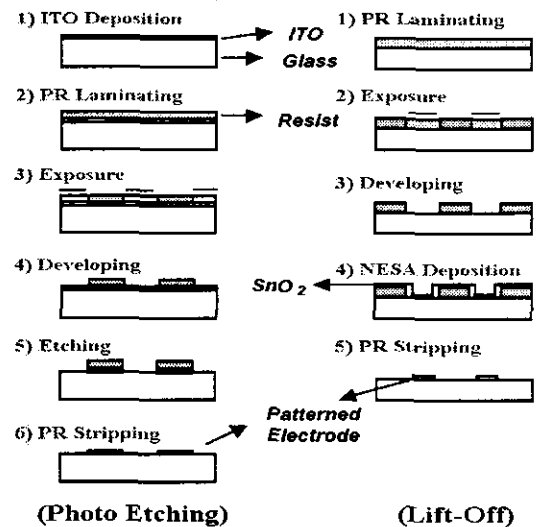


Fig. 3 Fabrication Process of Transparent Electrode

3.3 금속 전극

Bus 전극과 data 전극은 낮은 전기 저항값, 소성 시 투명 전극 및 유전체 재료와의 화학적 안정성, 외광에 대한 저 반사율, 막 두께 균일성, 개구율을 최대한 높여 휘도 개선을 위한 고정세 선폭 구현 등의 특성이 요구된다. 그림 4와 표 2에 전극 형성 공정과 그 특성을 비교하여 나타내었다.

전극 재료로는 형성 공정에 따라 크게 두 가지가 적용되고 있는데 우선 설비 가격이나 제조 원가는 높지만 막 두께가 균일하며 고정세 선폭 구현이 가능한 박막 기술을 이용한 전극으로는 sputtering으로 막을 증착한 후 photo etching법으로 순차적으로 패터닝한 Cr/Cu/Cr, Cr/Al/Cr 다층막이 주로 사용되고 있다. Cu층의 1/10 정도 두께를 가지는 Cr층은 기판이나 유전체와의 adhesion 특성 향상과 반응 방지층 역할을 하는데, 하층 Cr의 etching 과정에서 투명 전극이 손상을 입

을 소지가 있으므로 etchant 농도 및 시간의 세심한 조절이 요구된다. 최근에는 공정 횟수를 줄여 생산성을 향상시키기 위한 목적으로 다층막을 동시에 etching 할 수 있는 공정 기술과 etchant 개발이 진행 중이다. 후막 공정의 재료로서는 Ag가 주성분인 도전성 분말에 유기 바인더와 용매를 섞은 도전성 paste를 주로 사용되는데, screen 인쇄법이나 감광성 paste 패턴 형성법에 따라 각 재료의 성분 및 함량 조절이 요구된다. Ag 후막 전극의 경우 낮은 전기 저항치를 가지고 패턴 형성이 용이한 반면 고온 소성 공정에서의 migration 현상이 심각하지만 현재는 유전체 재료 개선을 통하여 이 문제를 해결하고 있다. 그 외 전극 재료로 Ag-Pd, Au, Al, Ni 등이 있으나 고가의 재료 원가, 낮은 흑색도로 인한 명암비 저하 그리고 표면 산화성으로 인한 환원 열처리가 요구되므로 AC-PDP에서는 거의 쓰이지 않는다.

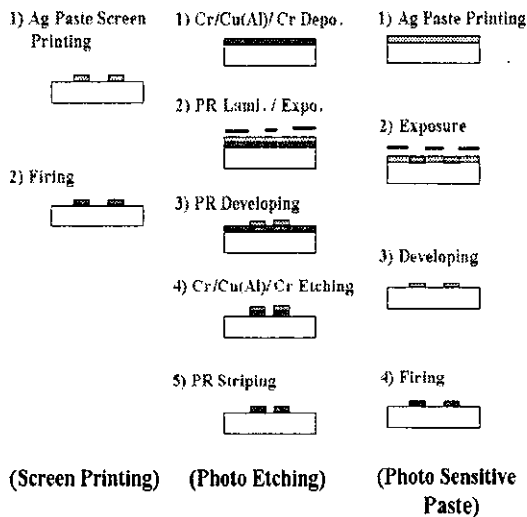


Fig. 4 Fabrication Process of Metal Electrode

Table 2 Features of Metal Electrode Process

Fabrication Method	Cost		Material Effi.	Demanding Equipments
	material	Process		
Screen Printing	Low	Low	High	Screen Printer Dryer, Furnace
Sputtering & Photo Etching	Medium	High	Low	Sputter, PR Laminator Exposure, Developer Etcher, Stripper
Photo Sensitive Paste	High	Medium	Low	Screen Printer, Dryer Exposure, Developer Furnace

3.4 투명 유전층, 배면(백색) 유전층

전면 기판의 투명 유전층에 요구되는 특성으로는 발광을 효과적으로 활용하기 위한 가시광 영역에서의 높은 투과율, 30μm 기준 2KV 이상의 고내압 재료 특성, 대면적에서의 두께 및 표면 평탄도, Ag 전극의 migration에 대한 화학적 안정성 등이다. 한편 data 전극 보호용으로 적용되고 있는 배면 유전층의 경우 주로 백색의 재료를 사용함으로써 형광체로부터의 가시광 반사 효과를 최대화하는 것이 중요하며 전면 유전층과 마찬가지로 고내압과 두께 및 표면 평탄도 특성이 요구된다. 유전층 형성 공정 기술로는 유전체 paste를 사용한 screen 인쇄법이 일반적이지만 한번의 인쇄로 30μm 정도의 두께를 확보하기는 불가능하기 때문에 3회 정도의 인쇄와 소성 작업을 반복한다. 유전층 내부의 기포는 투과율과 내압 특성을 저하시키는 주요 원인이므로 인쇄, 소성 공정 기술의 개선과 함께 계속적인 유전체 재료 개발이 필수적이라고 할 수 있을 것이다. 또한 유전층 재료 개발 측면에서 주요한 과제는 저온 소성용 paste 및 환경적인 문제를 고려한 PbO free paste의 개발이다. 후막 재료 즉 paste의 관점에서는 소성 온도가 높을수록 소결 특성의 향상으로 인하여 절연 내압의 상승과 기포 최소화와 같이 유전층 자체의 특성은 개선되지만, 패널의 제조 원가에서 큰 비중을 차지하고 있는 PDP 전용 유리 기판을 soda-lime 기판으로 대체하기 위해서는 500℃ 이하의 저온에서 소성 가능한 유전체를 적용함으로써 기판의 불균일 변형 현상을 최대한 억제시켜야 하기 때문이다.

한편 새로운 유전층 형성법으로 dry film 형태의 green sheet를 laminating하는 공정과 coating법도 검토되고 있다. Green sheet laminating법은 막 두께 균일도와 표면 평탄도가 인쇄법에 비하여 우수하지만 표면 결함 문제와 다량의 바인더 함유로 인한 기포 때문에 현 시점에서는 제품에 적용하기는 어렵다. 그러나 공정의 간소화, 안정화로 높은 생산성이

Table 3 Features of Dielectric Layer Process

Process	Cost		Material Efficiency	Surface Roughness	Productivity
	Material	Process			
Screen Printing	Low	High	Medium	Not bad	Not bad
Green Sheet	Medium	Low	High	Good	Good
Coater	Low	Low	Medium	Good	Good

기대되므로 빠른 품질 개선이 요구되어 지고 있다. 표 3은 각 형성 방법에 대한 특성 비교를 보여준다.

3.5 유전체 보호막(MgO)

유전체 보호막은 이온에 대한 내 sputtering성, 높은 이차 전자 방출 계수, 우수한 메모리 마진과 표면 절연성, 가시광 영역에서의 고 투과율 등의 특성이 요구된다. 새로운 보호층의 개발이 오랜 기간 계속되어 오고 있으나 위에서 제기한 모든 특성을 고려해 볼 때 아직 MgO를 대체할 수 있는 재료는 없는 실정이다. MgO 막의 내 sputtering과 이차전자 방출 특성에 대해서는 많은 연구가 이루어졌다. Columnar 구조를 가지는 MgO 막의 우선 성장 방향과의 연관성, 막의 치밀도 및 표면 거칠기와의 연관성 등이 제기되었는데, 막의 치밀도가 높을수록 내 sputtering성이 향상되고 (220) 성장 방향을 가지는 막이 이차전자 방출 계수가 크다는 연구 결과가 발표되었다. 또한 O₂ flow rate와 같이 증착 조건 조절을 통하여 치밀한 막의 획득과 이차전자 방출 계수를 높여 구동 전압을 낮추고자 하는 연구도 계속되고 있다. 한편 MgO 보호막을 대기 중에 오래 노출시켰을 경우 방전 전압이 매우 높아지거나 아예 방전이 일어나지 않는 특성을 보인다. 이러한 방전 특성 저하 원인은 막 표면의 흡습이나 carbon 산화물에 의한 오염으로 인하여 이차전자의 방출을 통한 방전 전압을 낮추는 역할을 제대로 수행하지 못하기 때문이다. 표면 오염으로 형성된 Mg(OH)₂층은 가역 반응성을 가지므로 150~200℃의 열처



리 공정으로 제거 가능하지만 MgCO₃층은 다시 MgO로의 환원이 불가능하므로 증착 공정 중 또는 바인더 burn-out과 관련된 paste 소성 공정과 봉착 배기 공정에서 오염 원인인 유기물 outgassing의 철저한 관리가 요구된다.

MgO막 형성법으로는 빠른 증착 속도로 양산성이 뛰어난 E-beam evaporator법과 치밀한 막의 형성으로 내 sputtering 측면에서 장점을 가지는 sputtering법이 주류를 이루고 있다. 그 외 다른 증착법으로는 고속 성막이 가능하면서도 치밀한 막을 형성할 수 있으며 성장 방향 조절이 용이한 ion plating법이 검토되고 있으나, 매우 큰 전류를 필요로 하므로 장비가 복잡하고 고가이며 대면적 증착 기술의 부재 등으로 아직 실용화 단계는 아니라고 보여진다.

3.6 격벽

PDP의 핵심 구조물의 하나로 방전 공간을 형성하면서 인접 셀과의 cross-talk 방지 역할을 하는 격벽에 요구되는 특성으로는 aspect ratio를 크게 가져갈 수 있는 재료 및 공정 기술, 대면적에서의 높이 균일도 그리고 고강도 재료 등이 있다. 또한 배면 유전체와 마찬가지로 표면에 도포되어 있는 형광체로부터 방출되는 가시광의 반사 효과를 위하여 일반적으로 백색 또는 회색의 paste를 사용한다.

격벽 형성 공정은 그림 5에서 볼 수 있듯이 동일 패턴을 10회 정도 적층하여 형성하는 screen 인쇄법, 격벽 재료의 전면 인쇄 후 방전 공간 영역을 제거하는 sand blast법, 감광성 dry film을 역상으로 패터닝하여 그 사이 공간을 격벽 재료로 충전시키는 lift off법, 감광성 후막 paste를 이용한 photo lithography법, press 공정으로 방전 공간을 확보하고 격벽 재료의

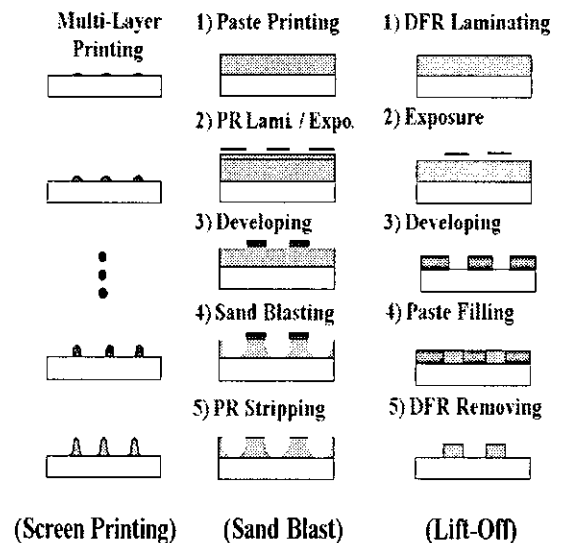


Fig. 5 Fabrication Process of Barrier Rib

유동에 의해 패턴을 형성하는 die pressing법 등과 같이 다양한 형성 방법이 제시되었다. 현재 screen 인쇄법을 적용하는 일부 제조업체를 제외하고는 대부분의 업체가 양산 공정에 적용하고 있는 sand blast 공정에 대하여 살펴보도록 하자. 기판에 격벽 재료인 후막 paste를 균일하게 도포하고 그 위에 연마재의 충격에 내성이 큰 photo resistor film을 laminating, 노광, 현상 공정을 통하여 패턴을 형성하여 미세 분말 연마재를 고압으로 분사시켜 film이 형성되지 않은 격벽재 부위를 제거한 후 잔류 photo resistor film을 제거, 소성함으로써 격벽 패턴이 완성되는 형성법이다. Screen 인쇄법과 같은 고도의 숙련된 기술이 요구되는 것이 아니므로 자동화에 유리하고 high aspect ratio 및 고정세 패턴 형성이 용이하다는 장점을 가지는 반면, 상당한 양의 격벽 재료가 연마재와 함께 배출되므로 연마재의 회수 설비가 필요하며, 다량의 납 성분이 함유된 격벽 재료의 처리 방안이 환경 오염과 관련하여 문제시되고 있다. Additive법이라고도 불리어지는 Lift-off 공정은 재료 손실이 적어 가격적인 면에서 장점이 있으나 film과 격벽 재료간 경계면에서의 기포로 인하여 강도가 저하되는 문제를 안고 있어 아직 실용화 단계까지는 이르지 못하고 있다. 또한 감광성 후막 paste를 이용한 photo lithography법은 기판에 감광성 glass paste를 격벽 재료로 하여 균일하게 인쇄한 후 노광, 현상 공정을 통하여 패턴화하여 소성하는 형성법으로 sand blast법에 비하여 공정이 간단하면서도 고정세 패턴 형성이 가능하다는 장점이 있으나, 건조 후 200 μ m 이상의 두께를 1회로 노광, 현상 가능한 감광성 재료 개발이 무엇보다도 우선되어야 할 것이다.

3.7 형광층

색순도 특성 향상이 요구되는 red, 잔광 시간의 감소가 요구되는 green 그리고 휘도 개선과 공정 열화 및 수명 특성 개선이 필요한 blue와 같이 PDP에 적용되고 있는 형광체의 경우 각 색에 따라 개선 요구 사항이 다르다. 특히 blue의 상대적으로 저 휘도와 열화 특성 때문에 white 구현시 색온도가 현저히 낮다는 심각한 문제를 안고 있다. 구성 성분의 치환과 격자 결합의 제어, 입자 형상 및 입도의 최적화, 도핑 부활제 분포의 개선 그리고 표면 상태의 조절 등을 통하여 이러한 문제를 해결하고자 하는 노력이 계속되고 있으나, 뚜렷한 성과가 보고되고 있지 않다.

한편 형광체는 격벽의 밑면과 측면에 도포하여 격벽 표면으로 흡수되는 진공 자외선과 가시광의 양을 최대한 줄임과 함께 방전 공간과 연계하여 최적의 두께를 선정함에 가시광 변환 효율의 극대화에 필수적이라 할 수 있을 것이다. 형광체 도포 공정은 screen 인쇄법을 사용하는데, 유전체나 격벽 paste보다 점도가 낮은 형광체 paste를 방전 공간에 screen 인쇄를 통하여 완전히 충전시킨 후 건조 과정에서 용매가 휘발되면서 자중에 의해서 측면과 밑면에 자연적으로 levelling되는 특성을 이

용한다. 형광체가 격벽의 상부면까지 도포되거나 인접셀로 넘어갈 경우 패널 방전시 혼색이라든지 셀을 선택함에 있어 cross-talk 현상을 유발할 수가 있으므로 형광체 paste의 점도나 인쇄 및 건조 단계에서 적절한 공정 조건의 확보가 요구된다. 한편 cell pitch가 상대적으로 큰 VGA급에서는 대부분 screen 인쇄법으로 형광체의 도포가 가능하지만 483 μ m 정도의 cell pitch를 가지는 HD급에서는 감광성 형광체 paste를 이용한 photo lithography법이 적용되고 있다. 그 외에 형광체 paste를 spray하여 도포하는 방법, 미리 점착성 바인더를 코팅하고 난 후 형광체 분말을 spray하는 방법, 격벽 방향을 따라서 dispensing 하는 방법 등 여러 가지 공정 기술이 연구 개발 단계에 있으나 아직 실용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다.

3.8 봉착 배기

각 구조물 형성이 완료된 전면과 배면판을 조립하여 기밀성을 유지하게 하는 공정인 봉착 공정, 패널 내부 구조물에 흡착되어 있는 불순 가스를 제거하는 목적인 고온 진공 배기 공정, 방전 가스의 주입 공정과 마지막으로 저장 또는 유도 가열로 tip을 밀봉하는 공정이 연속적으로 진행되므로 이를 총괄하여 일반적으로 봉착 배기 공정이라고 부른다. 기판과 열 팽창계수가 거의 유사하고 납 성분이 많이 함유된 저온 소성용 frit glass를 sealing 재료로 사용하며 screen 인쇄법이나 dispensing법으로 seal line을 형성한다. 봉착 온도가 과다하게 높을 경우 기밀성 측면에서는 유리하지만 blue 형광체의 공정 열화로 인한 휘도 감소와 MgO 보호막의 미세 균열을 유발시키므로 이러한 패널 특성을 감안하면서 적정 온도를 설정함이 필요하며, 냉각 속도 역시 기판과 seal line의 균열을 유발하는 잔류 열 응력 상태에 직접적인 영향을 주므로 패널의 최종 특성을 결정짓는 주요 공정인 봉착 배기 공정 조건 설정에는 많은 경험적인 결과들이 적용되고 있다.

한편 방전 가스에 요구되는 특성으로는 자외선 영역의 높은 여기 강도와 낮은 가시광 발광, 형광체와의 열화 특성과 가시광 변환 효율을 고려한 긴 파장대의 자외선 그리고 낮은 방전 전압 특성 등이 제기된다. 이러한 특성을 만족하는 방전 가스로는 Xe이 가장 유리한데, Xe*종에 의한 147nm의 공명선과 Xe₂종에 의한 172nm를 중심으로 하는 연속 스펙트럼인 분자선을 형광체 여기용 진공 자외선으로 사용하고 있으며 penning 효과에 의한 전압 감소 및 고 압력화에 의한 sputtering 저감 효과를 위하여 Ne이나 He를 첨가한 방전 가스가 적용되고 있다.

최근에는 패널의 방전 특성의 향상과 초기 안정화를 위해서 봉착 배기 공정과 aging 공정을 조합한 plasma cleaning(또는 pre-aging) 공정에 대한 양산 적용성이 검토 중이다. 이 공정은 tip을 밀봉하지 않고 봉착 배기 장치내에서 방전 가스 주입과 전면 유지 방전을 반복해서 진행하는 것으로 고온 배기 공전으로 제거되지 않은 흡착 불순물을 방전 에너지를 이용하

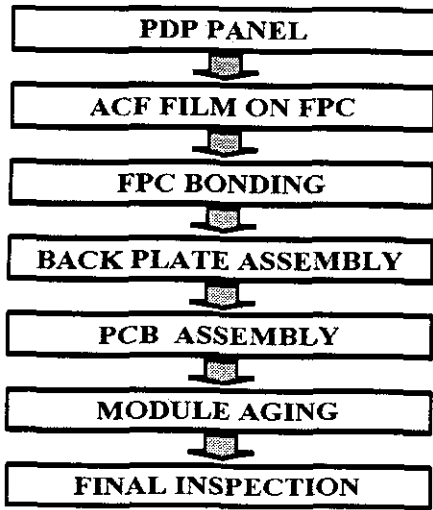


Fig. 6 AC-PDP Module Process Flow

여 제거하는 공정이다. 또한 현재의 batch 방식의 봉착 배기 공정은 양산이 불가능하다는 판단 아래 우선적으로 cart 방식으로 바꾸어 throughput 향상을 꾀하는 작업이 진행되고 있으며, 향후 vacuum chamber에서 이 모든 작업이 연속적으로 가능하도록 공정 기술 및 재료 개발에 박차를 가하고 있다.

4. AC-PDP Module 제조 공정

그림 6은 AC-PDP module 공정 흐름도를 보여준다. Module 공정에서 요구되는 주요 기술로는 FPC(Flexible Printed Circuit) bonding 기술, 방열 기술, 실장 기술 등이 있다.

패널의 전극 단자는 ACF(Anisotropic Conductive Film)가 부착된 FPC와 열 압착 공정을 통하여 접속된다. PDP에 적용되는 ACF는 Au가 도금된 Ni 분말과 epoxy로 구성되어 있는데 이렇게 가격적으로 불리한 재료를 사용하는 이유는 접속 부위의 도전성을 향상시킴으로써 고전류에 따른 단락과 같은 신뢰성 문제를 미연에 방지하기 위함이다. 한편 높은 구동 전압과 전류로 인하여 발생하는 열 방출은 현재 소음의 주원인인 팬을 없애야 한다는 측면과 제품의 신뢰성 면에서 중요한 기술이라고 할 수 있다. 지금보다 발광 효율이 크게 개선된다면 쉽게 해결 될 수 있는 문제이지만 현재는 PCB 실장용 plate의 제작 방법과 방열 기구 설계 그리고 power부의 효율을 향상시키는 안으로 접근하고 있다.

5. 맺음 말

지금까지 AC-PDP의 전반적인 제조 기술에 대하여 살펴 보았다. 40"급 이상의 대형 display 시장에서의 PDP는 프로제

션 방식과는 달리 자기 발광형 display로 휘도나 화질 측면에서 우위를 점하고 있으나, 높은 제품 가격으로 인하여 현재는 가정용 TV보다는 공공 장소의 광고판과 같은 information display 용도로 주로 쓰이고 있는 실정이다. 물론 명암비 및 발광 효율의 개선, 동화위 윤곽의 해소 등 화질 면에서도 아직 해결해야 할 과제가 남아있지만, PDP의 성공 여부는 저 가격화에 달려 있다고 해도 과언이 아니라고 생각한다. 앞에서도 언급하였듯이, soda-lime 기판의 적용 또는 공정 단순화를 통한 생산성 향상과 같이 PDP 제조 기술 측면에서 저 가격화를 이룰 수 있는 사안은 얼마든지 있으며, 결론적으로 이는 셀 구조, 재료 그리고 공정 기술의 혁신을 통하여 필히 달성해야만 하는 대명제인 것이다.

참고 문헌

- [1] S. Fujimine, Y. Aoki, T. Manabe and Y. Nakao, "SID International Symposium Digest of Technical Papers", 1999, pp. 560~563.
- [2] 鳥生 武, FPD Technology Outlook, 1998, pp. 376~378
- [3] 失野陽兒郎, FPD Technology Outlook, 1998, pp. 383~385.
- [4] S. Hidaka, M. Ishimoto, N. Iwase and H. Inoue, "Proceedings of the Fifth International Display Workshops", 1998, pp. 523~526.

저 자 약 령

성명 : 김 병 국

◆경력

- 1986~1990 (공학사, 서울대학교, 금속 공학 전공)
- 1990~1992 (공학 석사, 서울대학교, 금속 공학 전공 ; 혼합 반도체 결정 성장, 이온 및 전자 전도도 측정)
- 1992~1997 (공학 박사, 서울대학교, 금속 공학 전공 ; Czochralski법을 이용한 비선형 광학 재료 단결정 성장, Photo-Refractive Effective 분석)
- 1997~1998 (고등기술연구원 전자재료 연구실 선임 연구원 ; FED Packaging 연구)
- 1999~ (오리온전기 PDP 연구팀 선임 연구원 ; PDP 셀 디자인, 가스 방전해석 연구)

* E-mail: bkkim@iae.re.kr