

## PDP에서 분말 재료의 이용 현황 및 발전 전망

김 용 석\*

홍익대학교 신소재 공학과

### Powder Materials Used in Plasma Display Panel

Yong-Seog Kim\*

*Department of Materials Science and Engineering, Hongik University*

#### 1. 서 론

최근 정보화 사회의 도래에 따라서 인터넷, 방송, 휴대 전화등을 통하여 전송된 정보를 효과적으로 표시할 수 있는 정보 표시 소자의 수요가 급증하고 있다. 즉 기존의 CRT보다 두께가 얇으며, 무게가 가볍고, 크기가 큰 평판형 디스플레이가 요구되고 있다. 플라즈마 디스플레이 표시 소자(plasma display panel, PDP)는 이러한 요구 조건을 잘 만족하고 있기 때문에, 대형 벽걸이 TV로서의 수요가 급증하고 있는데, 2006년도에 전 세계적으로 1,000만대 이상 생산, 판매될 것으로 예측되고 있고, 매년 그의 수요

는 70%이상씩 증가할 것으로 예상되고 있다.

PDP의 구조를 그림 1에 모식적으로 나타내었다. PDP는 전면 유리판과 배면 유리판으로 구성되어 있는데, 전면 유리 기판상에 유전체층과 보호막층으로 코팅되어 있는 유지 전극(sustaining electrode)간에 전압을 인가하면 Ne-Xe 혼합 방전 개스의 글로우 방전이 발생하고, 글로우 방전의 플라즈마내에 생성된 방전 개스 여기종이 기저 상태로 천이하면서 발생하는 진공 자외선이 배면 기판상과 격벽 표면에 코팅되어 있는 형광체를 자극하여 가시광선을 발생시키는 방법으로 이미지를 구현하는 표시 소자이다. 이러한 PDP는 자체 발광형 표시 소자이기 때문에 시

**Table 1. Materials and dimensions of major components used in PDP**

구분	구성 요소	주요 구성 재료	형상
배면 유리판	격벽	PbO-SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glass Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> ceramic filler	두께: 120-140 μm 폭: 40-120 μm
	형광막	적색:(Y,Gd)BO <sub>3</sub> :Eu <sup>3+</sup> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu 녹색:Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn, BaAl <sub>12</sub> O <sub>19</sub> :Mn, YBO <sub>3</sub> :Tb 청색: BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sup>2+</sup>	분말직경: 1~3 μm 형광막두께: 10~30 μm
	배면 유전층	PbO-SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glassTiO <sub>2</sub> , ZnO ceramic filler	두께: 15~20 μm
	어드레스 전극	Ag	두께: 5~10 μm
	배면 유리기판	Borosilicate 유리	두께: 2.8 mm
전면 유리판	투명 유전층	PbO-SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> glass	두께: 28~32 μm
	BUS전극	Ag	두께: 5~10 μm
	투명 전극	ITO	두께: 0.5~1.5 μm
	보호막	MgO	두께: 0.5~0.8 μm
	전면 유리 기판	Borosilicate 유리	두께: 2.8 mm

\*Corresponding Author : [Tel : +82-2-320-1616; E-mail : wow.hongik.ac.kr]

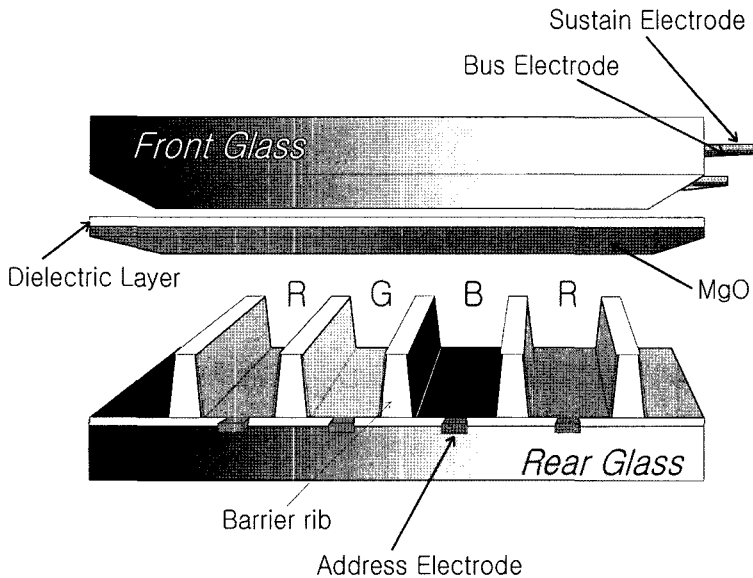


Fig. 1. Schematic illustration of PDP structure.

야각이 170° 정도로 넓고, 자연색의 재현이 가능하며, 구조가 단순하여 대면적화가 유리하므로 차세대 평판 디스플레이 소자 특히 대형 HDTV로서 그의 성능이 뛰어난 장점이 있다.

그림 1에 나타난 바와 같이 배면 유리판에는 격벽, 형광체 반사 유전막 및 어드레스 전극이 형성되어 있고, 전면 유리판에는 유전층, 서스테인 및 BUS 전극, 보호막이 형성되어 있다. 이들 구성 요소를 제조하는데 사용되는 재료 및 형상을 요약하여 나타내면 다음의 표 1과 같다. 표에서 볼 수 있듯이 PDP를 구성하는 대부분의 요소들이 1  $\mu\text{m}$  이상 두께의 후막으로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. 이에 따라, PDP의 주요 구성 요소는 전통적인 후막 공정을 이용하여 제조되는 것이 일반적이다. 먼저 후막을 구성하는 재료를 분말 재료 형태로 제조한 후, 이를 유기 비이클과 혼합하여 페이스트(paste)를 제조하고, 이를 인쇄 등의 공정을 이용하여 후막을 형성한 후, 가열 소성하는 방법으로 막을 제조하는 공정이 사용되고 있다.

본 review에서는 PDP의 주요 요소의 주요 분말 재료의 특징과 이들의 형성 공정에 대하여 살펴보기로 한다. 먼저 격벽 재료, 유전체 재료, 전극 재료에 대하여 살펴보고, 이들 재료를 이용하여 PDP의 구성 요소를 제조하기 위하여 사용되는 공정 재료인 paste

및 slurry의 요구 특성에 대하여 살펴보기로 한다. 마지막으로 이들의 향후 발전 전망에 대하여 살펴보기로 한다.

## 2. PDP용 주요 분말 재료

### 2.1. 격벽 재료

PDP에서 격벽은 전극간에 발생하는 글로우 방전의 공간을 제공하여 화소를 정의하고, 화소간에 광학적 혼색을 방지하여 표시 소자의 콘트라스트를 향상시키며, 형광체가 코팅될 수 있는 공간을 제공하며, 형광체로부터 발생된 가시 광선을 반사시켜 PDP 표시소자의 효율과 휘도를 향상시키는 역할을 한다. 격벽은 앞의 표에 나타난 바와 같이 높이가 120~140  $\mu\text{m}$  정도이고, 상부 폭이 40~70  $\mu\text{m}$ , 하부 폭이 80~120  $\mu\text{m}$  정도인 stripe, rectangular, honeycomb, waffle 등의 3차원 구조를 가진다(그림 2참조). 따라서 격벽 재료는 이러한 3차원 구조로 소결되어 제조되기에 적합한 재료 특성을 가져야 한다.

이러한 요구 특성을 잘 만족하는 재료로서 현재 사용되고 있는 것이 PbO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계 유리 분말 재료이다. 이들 유리 재료는 소성 온도가 520~580°C 정도로 낮고, 기판 유리와의 열팽창 계수가 유사하여 소성 과정에서 발생하는 열응력의 발생이 적으며, 방

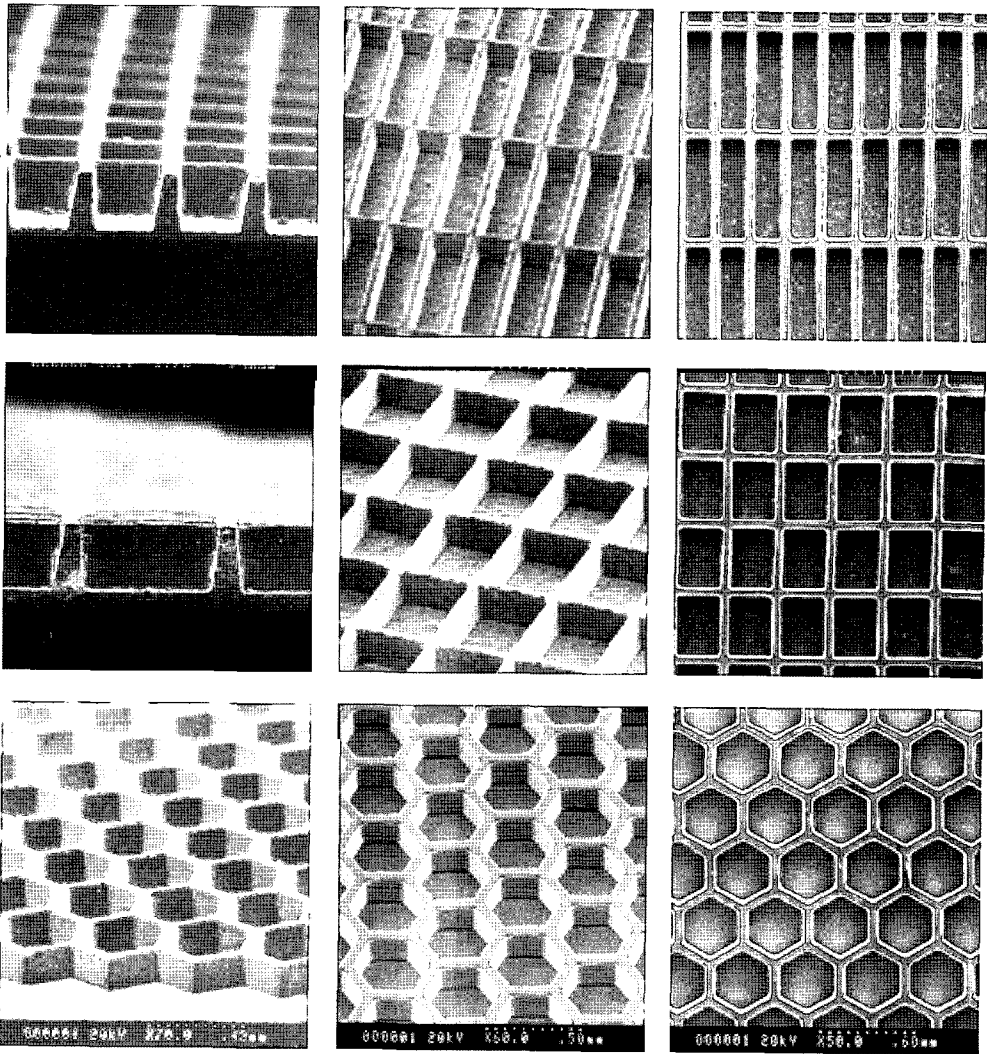


Fig. 2. Morphology of various types of barrier ribs used in PDP.

전셀 재료로서 요구되는 8~12정도의 유전상수를 갖고 있기 때문이다. 이 유리 분말 재료는 유리 용해로를 이용하여 용융시킨 후, 급냉하여 조 분쇄된 cullet 형상으로 제조하고, 미분쇄 과정을 거쳐 1~2  $\mu\text{m}$  직경의 분말로 제조하여 사용되고 있다. 미분쇄 과정은 air jet milling 공정으로 이루어지는데, 이 공정으로 제조된 분말은 입도가 균일하고, 분쇄과정에서 오염이 적은 장점을 가진다.

한편 격벽 재료로서 요구되는 또 하나의 특성으로 파괴 인성 및 가시광선의 반사특성이 있다. 즉 PDP의 제조 공정, 운송, 사용 과정에서 발생하는 기계적 충격 및 응력에 의하여 격벽 구조물이 파손되지 않

아야 하는데 이를 위해서 적절한 파괴 인성을 가질 것이 요구된다.

Glass와 같은 세라믹 재료에서 파괴 인성을 향상시키기 위해서 사용될 수 있는 방법은 매우 제한적인데, 현재 PDP 격벽용 glass 재료에서는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와  $\text{TiO}_2$ 와 같은 filler 재료를 첨가하여 유리기지 세라믹 입자 강화 복합 재료(Glass matrix composite reinforced with ceramic particulate)화하여 파괴 인성을 향상시키고 있다. 그림 3에 나타낸 바와 같이,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와  $\text{TiO}_2$ 와 같은 세라믹 입자를 유리기지내에 균일하게 분포하도록 하여, 균열이 재료내에서 전파시 crack deflection되도록 하여 파괴 인성을 향상시키는 방법

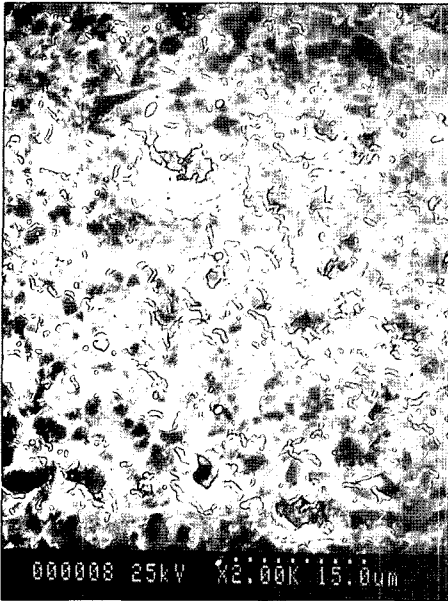


Fig. 3. Microstructure of barrier ribs.

이다<sup>1)</sup>. 그림 4는 Vickers hardness indenter를 이용하여 유리기지내에 균열을 발생, 전파시킬 때, 균열의 전파 거동을 보여주고 있는데, 그림에서 보면 알루미나 입자 주위에서 균열이 deflection되는 것을 알 수 있다.

이와 같은 균열의 deflection 현상은 단위 길이 당

균열이 전파하는데 요구되는 파단 에너지를 증가시켜, 재료의 파괴 인성이 증가시키게 된다. 그림 5는 알루미나의 함량이 증가함에 따라 Vickers indentation에 의하여 생성된 압흔 주위의 균열 길이를 측정한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 격벽 glass 기지내에 알루미나의 함량이 증가함에 따라 압흔에 의하여 생성되는 균열이 길이가 감소하는 것을 알 수 있다. 결국 격벽 glass 기지내에 이러한  $Al_2O_3$ 와  $TiO_2$ 와 같은 입자의 첨가는 격벽의 파괴 인성을  $0.5 MPa \cdot m^{1/2}$ 에서  $1.0 MPa \cdot m^{1/2}$ 이상으로 증가시키는 효과를 나타낸다.

이와 같은  $Al_2O_3$ 와  $TiO_2$ 와 같은 세라믹 입자의 첨가는 격벽 재료의 기계적 특성을 향상시킬 뿐만 아니라, 형광체로부터 발생된 가시광선의 반사도를 높이는 역할을 한다. 즉 glass frit만을 소결하여 제조된 격벽은 가시 광선에 대하여 투명한데 비하여, 굴절률이 상대적으로 높은  $Al_2O_3$ 와  $TiO_2$ 를 유리 기지에 첨가하면, 가시 광선의 반사율이 증가하는 것이다. 이에 따라서 형광체에서 발생된 가시 광선이 반사되어 PDP의 발광 효율을 향상시키는 역할을 하게 된다.

한편 세라믹 분말 재료를 격벽 유리 기지에 첨가하는 것은 유리 재료의 소결 특성을 악화시키는 문제점이 있다. 그림 6은  $75PbO-22SiO_2-3B_2O_3$  유리 재료의 소결 온도에 따른 상대 소결 밀도를 나타내

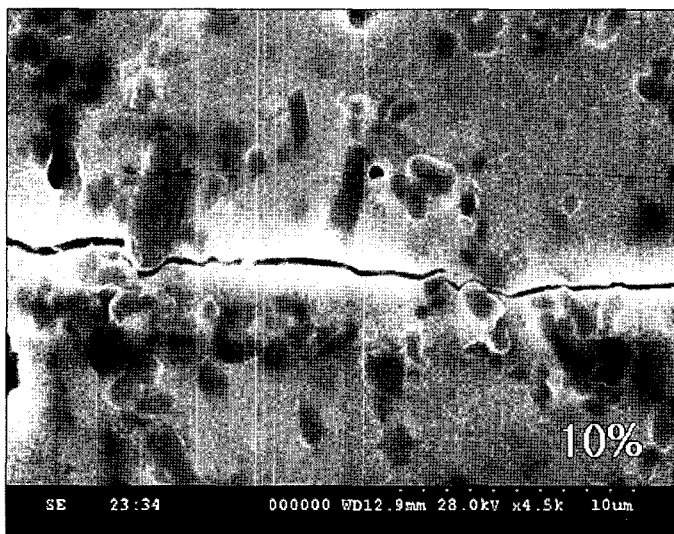


Fig. 4. Crack deflection by alumina particulates during micro-Vicker's hardness indentation.

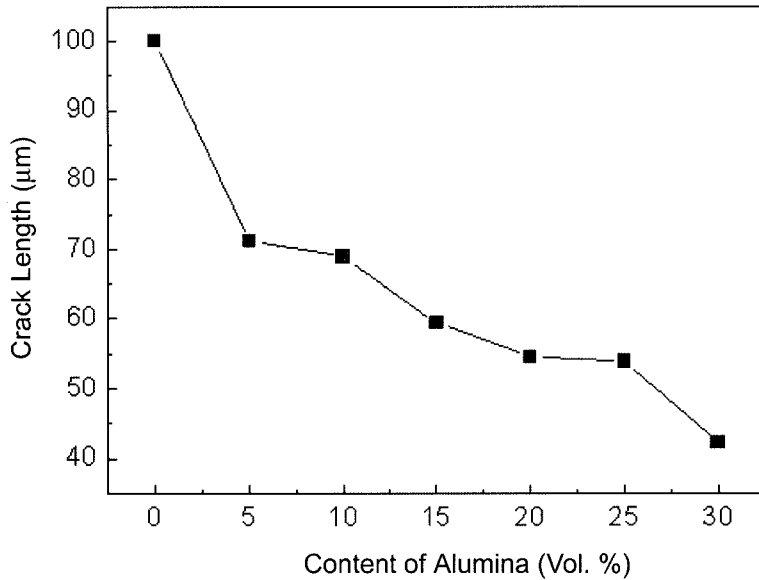


Fig. 5. Effect of alumina particulate content on the length of crack formed during micro-Vicker's hardness indentation.

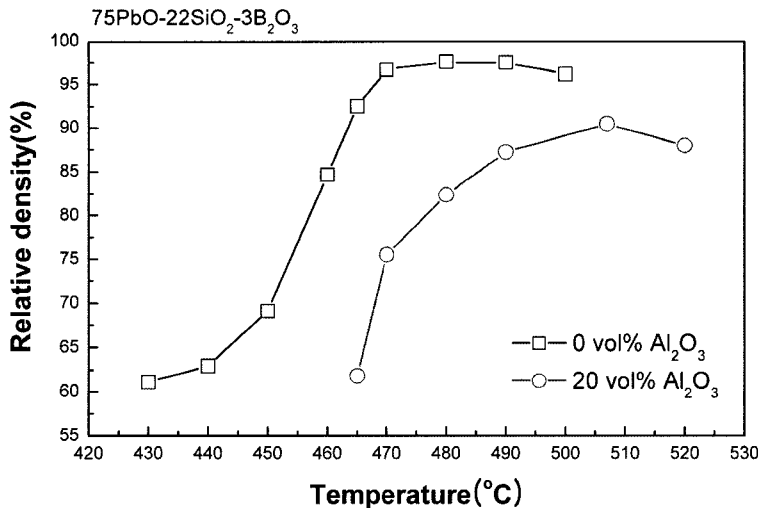


Fig. 6. Effect of alumina content on sintering density of glass composite.

고 있다<sup>2)</sup>. 그림에서 보면, 유리 재료의 최대 소결 밀도가 얻어지는 온도는 480°C인 것을 알 수 있다. 그러나 이 유리 기지내에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 20% 첨가한 경우에는 최대 소결 밀도가 얻어지는 온도가 510°C로 30°C 증가하는 것을 볼 수 있다. 즉 세라믹 입자를 첨가함에 따라 소결 온도를 증가시켜야 하는 것이다. 이와 더불어 세라믹 입자의 첨가에 따라 최대 소결 밀도도 97%에서 90%로 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 유리 기지내에 세라믹 입자들이 첨가

됨에 따라 일정 소성 조건에서 유리를 포함한 소결체의 점도를 증가시키고, 점성 유동에 의한 소결을 방해하기 때문이다.

## 2.2. 유전체 재료

PDP의 유전체 재료는 전면 기판에 형성되는 투명 유전체와 배면 기판의 표면에 형성되는 반사 유전체의 두 가지 종류가 있다. 이들 유전체 재료는 열팽창 계수가  $75\sim 85 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  범위로 유리 기판과 유사하여

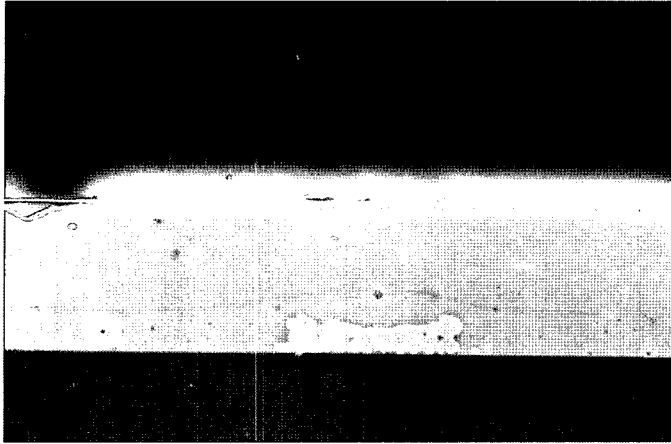


Fig. 7. Microstructure of transparent dielectric layer on front glass substrate.

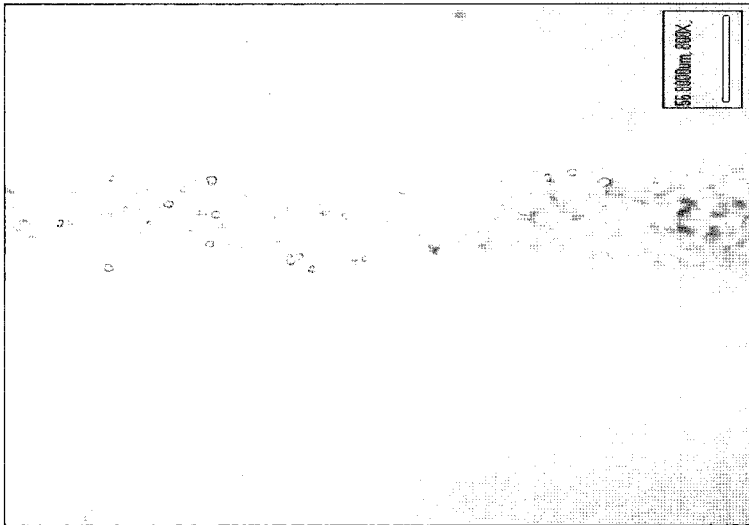


Fig. 8. Yellowing phenomenon around Ag BUS electrode.

야 하며, 소성 온도가 560~580°C 범위의 물리적 특성을 가져야 한다. 투명 유전체 재료의 경우에는 이러한 특성과 더불어 80% 이상의 광 투과율이 요구되고 있고, 30  $\mu\text{m}$  유전체 두께에서 내전압 특성이 15 kV 이상이 되어야 한다. 이러한 요구조건을 만족시키는 재료로서 현재 사용되고 있는 유전체 재료는 격벽 재료와 유사한  $\text{PbO-SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$  계열의 재료가 사용되고 있다. 이들 유전체 재료 역시 유리 용해로를 이용하여 용융시킨 후, 급냉하여 cullet형상으로 제조하고, air jet milling 분쇄 공정을 거쳐 1~2  $\mu\text{m}$  직경의 분말로 제조되어 사용되고 있다.

투명 유전체 재료의 경우, 유전막의 가시광선 투과도는 소성된 유전막내에 포함된 미세 기공에 의하여 주로 좌우된다. 그림 7은 소성된 투명 유전막의 미세 조직을 나타내고 있는데, 수 마이크론 크기의 기포와 sub-마이크론 크기의 기포가 혼재되어 있는 것을 볼 수 있다. 이렇게 유전막내에 포집된 기포는 유전체 glass frit이 점성 유동에 의하여 소결되는 과정에서 분말간의 공극에 존재하였던 기체가 포집되어 나타난 것이다. 이러한 기포가 포획되는 것을 점성 소결 과정을 조절하여 완전하게 방지하는 것은 매우 곤란하다. 따라서 대부분의 투명 유전체 재료는 소성 온

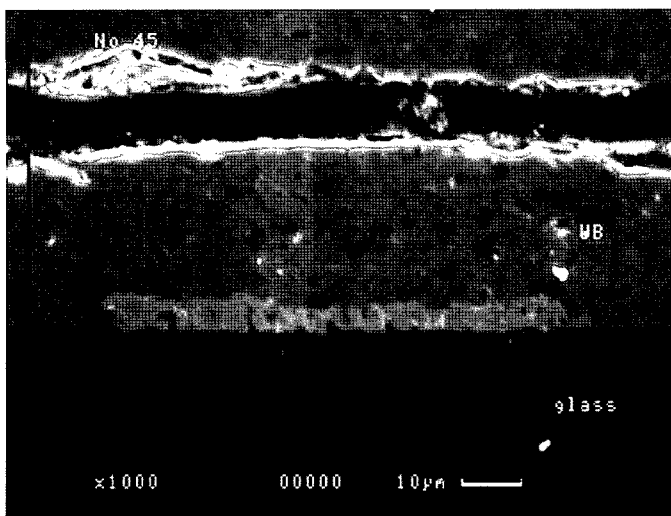


Fig. 9. Microstructure of reflective dielectric layer on rear glass substrate.

도 부근에서 온도가 증가함에 따라 급격하게 점도가 감소하는 특성을 갖도록 설계하여 사용되고 있다. 즉 소성 온도 부근에서 유리 재료의 점도를 급격하게 감소시켜, 소성 과정에서 재료내에 포획된 기공이 부유되어 유전체 표면에서 제거되도록 하는 방법이다. 이러한 특성을 가진 유전체 유리 재료는 소성 후 유전막 표면의 조도가 매우 높게 되어 유전막의 표면 산란 및 MgO 보호막의 특성을 개선하는 역할을 한다.

한편 이들 유전막 재료는 그림 1에 나타난 바와 같이 Ag BUS 전극 재료와 접촉되어 있는데, 이 계면 반응에 의하여 황변 반응(yellowing)이 발생한다. 그림 8에 나타난 바와 같이 Ag BUS 전극 주위에 노란색을 띄는 것을 볼 수 있다. 이러한 황변 반응은 PDP의 색역(color gamut)을 변화시키기 때문에 우수한 색 재현성을 확보하기 위해서는 이 반응을 제어하는 것이 중요하다. 이러한 황변 반응은 Ag가 유리 재료내로 확산된 후, 나노 사이즈의 석출물이 생성됨에 따라 발생하는 현상으로 알려져 있다. 이러한 황변 현상을 감소시키기 위해서는 유리 재료내에 알칼리계 산화물의 함량을 저하시키고, 소성 온도를 감소시켜 유전체내의 Ag 확산 속도를 감소시키는 방법이 사용되거나, Ag 전극의 표면을 SiO<sub>2</sub>와 같은 확산 방지막으로 코팅하는 방법이 사용되기도 한다.

한편 배면 유리 기판상에 형성되는 반사 유전막은 전면 유리기판의 투명 유전체에 비하여 요구되는 조건이 비교적 단순하다. 즉 반사 유전막은 주요 요구

특성으로서 가시 광선의 반사도가 높을 것이 요구된다. 즉 형광체로부터 발생된 가시 광선이 배면 유전막에서 반사되도록 하는 방법이다. 그림 9는 배면 유전막의 단면 미세 조직을 나타내고 있는데, 유전막내에 반사 특성을 향상시키기 위해서 첨가된 세라믹 입자들이 분포되어 있는 것을 볼 수 있다. 반사 유전막의 경우에도 반사 특성을 향상시키기 위해서 TiO<sub>2</sub>, ZnO등과 같은 세라믹 분말이 유리 기판내에 첨가되어 사용되고 있다.

### 2.3. BUS 및 어드레스 전극 재료

PDP에서 전면 기판에 형성된 BUS 전극 및 배면 기판 상에 형성되어 있는 어드레스 전극 재료로서는

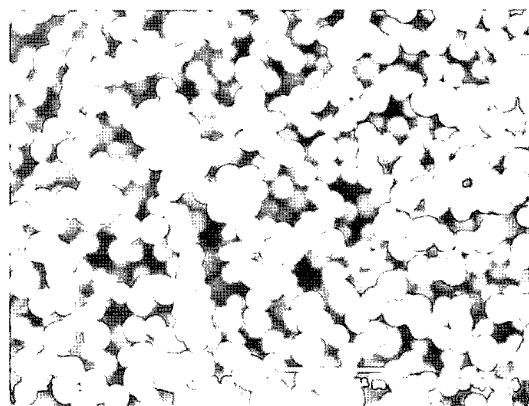


Fig. 10. Morphology of Ag powder used for Ag electrode.

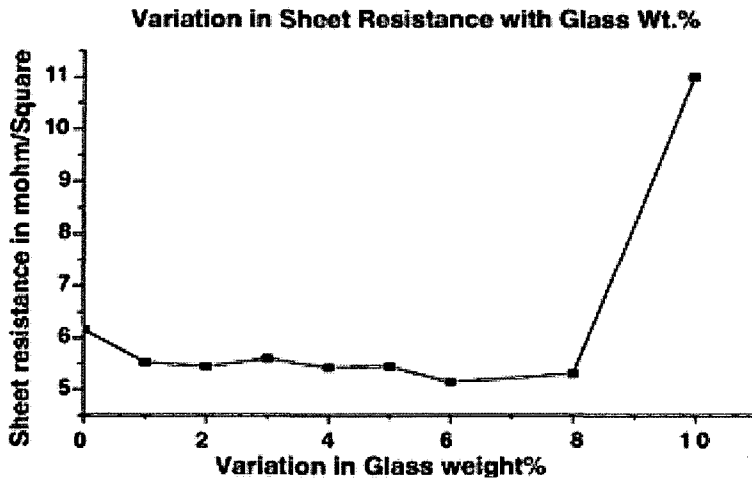


Fig. 11. Effect of glass frit content on electric conductivity of Ag electrode.

Ag가 사용되고 있다. Ag는 전기 전도도가 높고, 대기 분위기에서 소결이 가능하기 때문에, 대기 분위기에서 소성 공정을 통하여 제조되는 PDP와 같은 대형 디스플레이의 전극 재료로서 사용되고 있다. 이러한 Ag 전극은 직경 2~3 μm크기의 Ag 분말을 이용하여 형성되는데, Ag 분말은 질산은과 같은 Ag 전구체를 환원 반응에 의하여 Ag 분말로 석출시키는 방법에 의하여 제조되는 것으로 알려져 있는데, 그림 10은 이 공정을 통하여 제조된 Ag 분말의 형상을 나타내고 있다.

이러한 Ag 분말이 PDP의 전극 형성 공정에 채용

되기 위해서는 먼저 전기 전도도가 우수하여야 하며, Ag 분말을 이용하여 제조된 paste의 인쇄성이 우수하여야 한다. Ag paste의 인쇄성은 Ag 분말의 형상 특히 진구도 및 표면 조도에 의하여 주로 영향을 받는다. 즉 분말의 진구도가 우수할 수록, 분말 표면의 조도가 우수할 수록 인쇄성이 우수한 것이다.

한편 Ag 전극 재료가 소성 과정을 통하여 유리 기판과 결합시키기 위해서 Ag 분말과 glass frit 분말을 혼합하여 전극 재료로 사용하는 것이 일반적이다. Ag는 유리 기판과 화학적 결합을 하지 않기 때

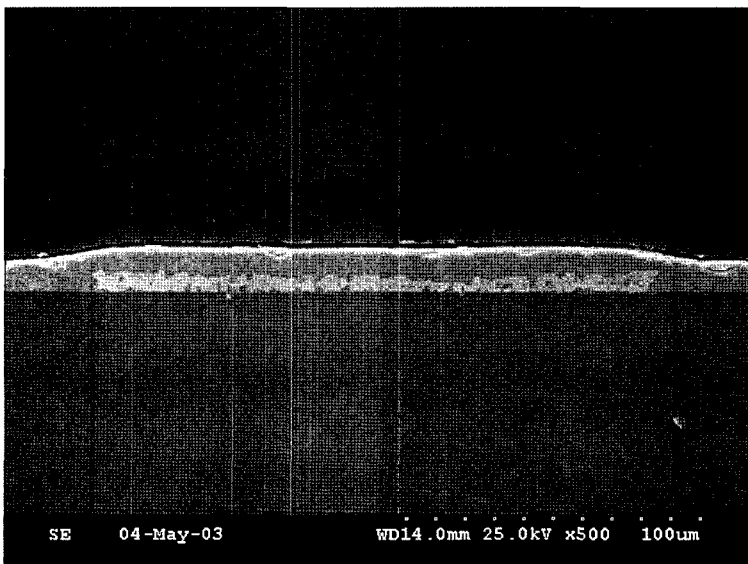


Fig. 12. Edge curl of BUS electrode.



Table 2. Major components used in paste

구성 성분	주요 재료	주요 역할
Powder	격벽 분말, 유전체 분말	막 형성
Binder	Ethylcellulose, PMMA, PEMA 등	Rheology, 막의 강도
Solvent	TPN, BCA, 톨루엔 등	현탁액
Dispersant	이온형, steric 분산제	분말의 분산
첨가제	소포제, 계면 활성제	기포 제거, 표면 장력 개선

문에, glass frit을 첨가하여 이들이 유리 기판과 소성 과정에서 화학적 결합을 함과 동시에 Ag 전극 패턴과는 mechanical interlocking하도록 하여, Ag 전극과 유리 기판을 접합시키는 것이다. 한편 이러한 glass frit의 첨가는 Ag 전극 재료의 소결 거동에도 영향을 미친다. 그림 11은 Ag 전극 재료내에 첨가된 유리 재료의 함량에 따라 전기 전도도의 변화를 나타내고 있다<sup>3)</sup>. 그림에서 보면, glass frit이 첨가되지 않은 Ag에 비하여, glass frit이 첨가된 전극의 전기 저항이 감소하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 소

성 온도 구역에서 glass frit의 점도가 급격히 감소함에 따라 액상 소결과 유사한 Ag 분말의 rearrangement에 의한 packing density의 증가를 유발하기 때문으로 해석되고 있다.

한편 유리 기판상에 형성된 Ag 전극 패턴이 소성된 후 단면 미세 조직을 그림 12에 나타내었다. 그림에서 보면, 전극 양단이 위로 들려 있는 edge curl 현상이 관찰되는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 소성시 전극 표면의 수축 응력이 전극 기저면에서의 기판과의 결합 응력보다 크기 때문에 나타나는

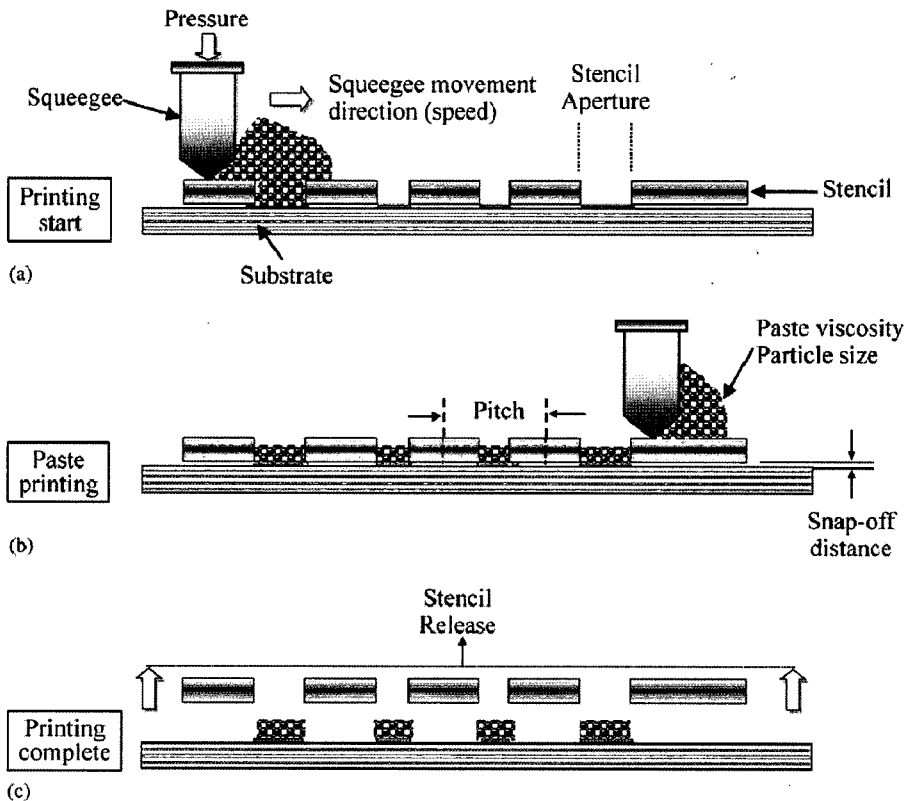


Fig. 13. Schematics of printing process.

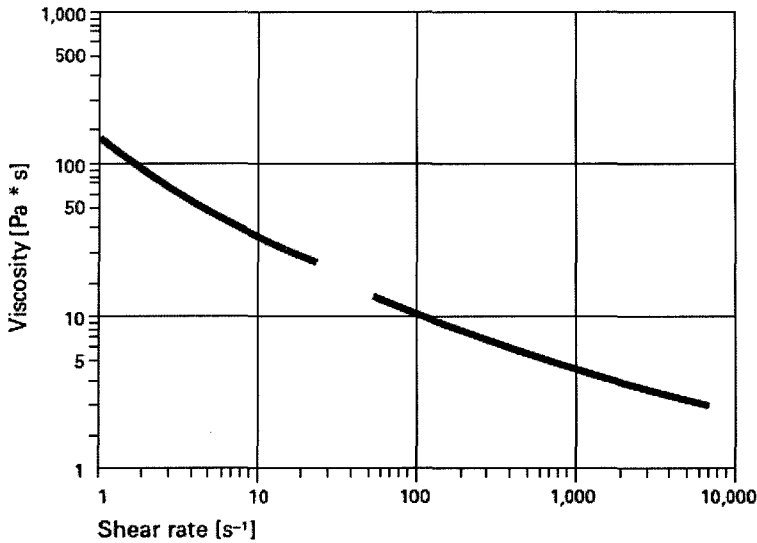


Fig. 14. Pseudoplastic rheology characteristics of paste.

현상이다. 이와 같은 edge curl의 생성은 PDP의 방전 전압의 불균일을 야기시키고, 심할 경우에는 방전 셀의 파괴를 유발하기도 한다.

### 3. PDP용 공정 재료

이들 분말 재료는 paste 또는 slurry 형태의 공정 재료 형태로 가공된 후, 인쇄, die coating, nip, tape casting 방법과 같은 공정을 통하여 후막으로 형성된다. 따라서 본고에서는 후막 공정 재료로서 가장 많이 사용되는 paste의 요구 물성과 주요 구성 성분에 대하여 살펴보기로 한다.

#### 3.1. Paste의 구성 성분

Paste는 인쇄, die coater등을 이용하여 후막을 형성하기 위한 현탁액으로서, 이들의 주요 구성 성분 및 역할을 아래의 표에 나타내었다.

이들 paste의 조성은 제조 회사 또는 적용 공정에 따라 변화하기 때문에, 표준 조성이 존재하지 않고, 다양한 조성의 paste가 사용되고 있다.

#### 3.2. Paste의 요구 물성

인쇄 과정에 의한 후막 형성 공정을 그림 13에 모식적으로 나타내었다. 이와 같은 인쇄 공정이 성공적으로 이루어지기 위해서는 squeegee가 stencil 표

면을 이동시 squeegee 하부의 paste에 인가된 압력에 의하여 stencil의 opening 부위로 paste가 유동이 발생하여야 한다. 이를 위해서는 paste의 점도가 낮을 것이 요구된다.

이에 비하여 paste가 용기에 담아서 있거나, 정지되어 있는 상황에서는 첨가된 분말 재료가 현탁액 상태의 안정된 분산 상태를 유지하여야 하는 필요성이 있다. 즉 밀도가 높은 분말이 솔벤트 현탁액내에서 침강이 발생하지 않고, 부유되어 있는 상태를 유지하여야 한다. 유리 분말의 비중은 약 4 g/cc정도 이기 때문에 비중이 1 g/cc정도인 솔벤트내에서 침강이 발생하는 것을 완전하게 방지할 수는 없으나, 침강 속도를 최소화하기 위해서는 paste의 점도가 높을 것이 요구된다. 따라서 이와 같은 상반된 특성을 만족시키기 위해서는 그림 14에 나타낸 바와 같이 paste는 pseudoplastic rheology를 가져야 한다. 즉 정지된 상태에서는 점도가 높고, shear rate가 증가함에 따라 점도가 급격하게 감소하는 특성을 갖게 되면, paste의 안정성과 인쇄성을 동시에 확보하는 것이 가능한 것이다. 따라서 현재 사용되는 대부분의 paste는 이와 같은 특성을 갖도록 binder 및 분산제를 선택하여 제조하고 있다.

### 4. 향후 전망

유전체 재료 및 격벽 재료를 구성하는 유리 분말

은 대부분 PbO를 주요 성분으로 하는 재료가 사용되어 왔다. 그러나 최근 환경 규제가 강화됨에 따라, 이를 대체할 수 있는 무연계 유리 분말 재료의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 예를 들면 ZnO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>계, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>계 등이 무연계 재료를 중심으로 활발한 연구 개발 활동이 진행되고 있다. 이들 재료의 개발과 더불어 특성이 매칭되는 세라믹 filler의 종류 및 함량에 대한 연구 개발도 동시에 진행되고 있다. 이와 더불어 기존에 유리 기판으로 사용되어 왔던 PD-200을 대체하여 soda-lime 유리 기판으로 사용하기 위해서 이들 유리 재료의 소성 온도를 기존의 580°C에서 500°C이하의 온도로 저하시키기 위한 연구 활동도 활발하게 진행되고 있다.

Ag 전극 재료는 나노 Ag 분말을 사용한 Piezo-electric type actuator를 채용한 ink-jet printing 공정에 의한 전극을 형성하기 위한 연구가 진행되고 있

으나, 나노 Ag 분말의 원가가 높고, Ink-jet printer의 생산성이 낮은 문제점을 해결하여야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. S.-K. Beak and Y.-S. Kim: "Effects of Ceramic Fillers on Fracture Resistance of Barrier Ribs of PDP", Asia display/IMID'04 digest, pp552-554 (2004), Daegu, July 9-11 (2004).
2. G.-H. Hwang, W.-Y. Kim, H.-J. Jeon and Y.-S. Kim: "Physical Properties of Barrier Ribs of Plasma Display Panels: II, Effect of Fillers", J. of American Ceramic Soc., **85** (2002) 2961.
3. S.A. Ketkar, G.G. Umarji, G.J. Phatak, J. D. Ambekar, U.P. Mulik, and D.P. Amalnerkar, "Effect of glass content variation on properties of photoimageable silver conductor paste", Materials Chemistry and Physics, **96** (2006) 145.