

工學碩士學位論文

VPT용 ITO paste 특성에 관한 연구



2006年 2月

釜慶大學校 大學院

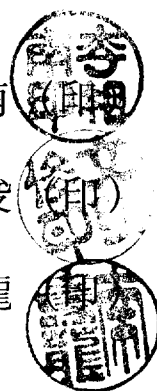
印刷工學科

吳宗玟

吳宗玟의 工學碩士 學位論文을 認准함

2006年 2月 24日

主	審	理學博士	李	相	南
委	員	工學博士	文	明	俊
委	員	工學博士	南	壽	龍



목 차

목 차	i
List of Figures	iv
List of Tables	v
Abstract	vi
1. 서 론	1
2. 이 론	3
2-1. 스크린 인쇄	3
2-1-1. 스크린 인쇄의 특징	4
2-1-2. 스크린 인쇄의 메카니즘	4
2-2. VPT용 형광막 형성방법.....	6
2-2-1. 전착법, 직접 인쇄법, 스핀 코팅법을 이용한 VPT형광막 제조	7
2-2-2. 열전사법	8
2-2-2-1. 열전사 인쇄층의 구조.....	9
2-3. ITO 박막의 전기적 특성 이론.....	12
2-3-1. 전도 메카니즘	13
2-3-2. 전자 밀도	14
2-3-3. 전자 이동도	15

3. 실험	16
3-1. 시료	16
3-1-1. ITO solution.....	16
3-1-2. 저온 소성형 수지 및 열전사용 수지.....	19
3-1-3. 용제	21
3-2. 실험방법.....	22
3-2-1. ITO 페이스트 제조방법	22
3-2-2. VPT용 형광막 형성방법	23
3-3. 측정 및 분석.....	24
3-3-1. ITO Paste의 점도 측정.....	24
3-3-2. ITO 피막의 소성특성 및 분산성 측정	25
3-3-3. ITO 피막의 강도 측정	25
3-3-4. ITO 피막의 전기적 특성 측정	25
3-3-5. ITO 피막의 광학적 특성 측정	26
3-3-6. ITO 피막의 열전사성 및 두께 측정	26
4. 결과 및 고찰	28
4-1. ITO Paste의 점도	28
4-2. ITO 피막의 소성 특성 및 분산성	29
4-3. ITO 피막의 강도	31
4-4. ITO 피막의 전기적 특성	33
4-5. ITO 피막의 광학적 특성	34
4-6. ITO 피막의 열전사성 및 두께	35

5. 결 론 38

참고문헌 39

List of Figures

Fig. 1. Mechanism of screen printing Mechanism of screen printing,	6
Fig. 2. VPT phosphor screen manufacture process by Thermal-transfer method,	12
Fig. 3. TEM image of ITO Particle in ITO Sol,	18
Fig. 4. TEM image of ITO Nano-Powder,	18
Fig. 5. Particle size in Colloid,	19
Fig. 6. Structural formula of resin,.....	21
Fig. 7. Molecular formula and property of solvent,	22
Fig. 8. Manufacturing process of ITO paste,	22
Fig. 9. VPT phosphor screen manufacture process by Thermal-transfer method,	24
Fig. 10. Viscosity profiles by shear rate of ITO pastes,	28
Fig. 11. The SEM image of ITO paste,	30
Fig. 12. TGA results of AA3003 & BB3003,	31
Fig. 13. DSC result of AA3003 and BB3003,	32
Fig. 14. Crack results with binder resins,.....	33
Fig. 15. ITO film ' s transmittance measurement graph after calcination.	35
Fig 16. The thermal transfer rates of phosphor screens used AA3003 or BB3003,	36

List of Tables

Table 1. Property of VPT ITO sol	16
Table 2. Property of low calcination temperature resin	20
Table 3. Electric resistance of ITO film results of measurements	34
Table 4. Thermal transfer yield by ITO film thickness	37

A Study of Properties of ITO Paste for VPT

Jong-Min Oh

*Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

A thermal transfer method was developed novel method to form the phosphor screen for monochrom VPT. This method have advantages of simple process, clean environment, saving raw material and running-cost. But now applying phosphor screen for thermal transfer method has been formed three layers (phosphor layer, ITO layer and thermal adhesive layer) on the PET film as substrate. This is complex process, consumption of raw-material and require of high cost. Also ITO paste at present has been imported from Japan. To improve these problems, we have developed ITO paste as conductive paste by using ITO sol and binder resin(AA3003). ITO paste developed in this study has both conductive and excellent thermal transfer abilities. Thus we could manufacture phosphor screen formed two layers (phosphor layer and ITO layer).

1. 서 론

현재 디스플레이 시장에서 CRT(cathode ray tube)는 제품 수준 및 가격 등의 면에서 약 100년 가까이 독보적인 위치를 차지하고 있었다.¹⁾ 그러나 최근 신기술로써 FPD(flat panel display)를 이용한 모니터 제품의 시장 진출로 인해 CRT 모니터의 입지가 줄어들었고, 일본의 경우 SONY 와 TOSHIBA, MATSUSHITA는 CRT 모니터 생산을 중단하였다. 그럼에도 불구하고 아직까지 CRT가 디스플레이 시장에서 우위를 점하고 있는 것은 CRT의 장점인 고휘도, 고명암비, 고해상도, 긴 수명 및 저가격 때문이다.²⁾

영상표시 디바이스로서 모노크롬 CRT는 의료용 검사 모니터, 아파트 주차장 감시 모니터, 건물 복도 감시 모니터 등에 폭넓게 사용되어지고 있으며, 대부분 무거운 무게와 큰 부피의 단점을 지니고 있기 때문에, 디스플레이의 고유 특징과 관계없는 이러한 단점이 최근의 정보통신 발전에 따른 휴대용 디스플레이 개발과 대형 디스플레이 개발과 맞물려 사양화되고 있다.³⁾

이러한 단점이 개선되어진 단색 평면 CRT 모니터로써의 VPT(video phone tube)는 door phone 모니터, 어군 탐지 모니터, 자동차 후방 감시 모니터 등에 적용되고 있다.

VPT는 FPD의 일종으로, 일반 CRT는 전자총이 수평적으로 설계가 되어 있어 큰 부피와 무거운 무게가 단점이지만, VPT는 전자총이 아래로 설계되어져 있어 기존 CRT보다 두께가 얇고 가볍다는 장점을 갖고 있다.

VPT는 형광체 paste를 제조하여 필름에 인쇄한 뒤, ITO 인쇄, 접착제 인쇄 후 열 전사와 필름 박리의 공정을 통해 형광막을 형성한다. 하지만 기존의 열 전사법은 공정이 복잡하고, 이형제 필름 사용으로 인해 제조 단가가 비싸고, 또한

형광체 및 ITO paste는 전량이 수입에 의존하고 있으므로 형광막의 제조단가가 비싸지므로 전체 panel 제조비가 높은 상황이다.⁴⁾

그러므로 이러한 문제점을 개선하기 위해서 형광체 및 ITO paste의 국산화⁵⁾, 이형제 필름을 사용하지 않는 새로운 단색 형광막 제조 기술 개발이 절실히 요구된다.

본 연구에서는 ITO막의 두께 조절 및 소성 특성, 형광막 완성 후 최대 저항값 약 $100\text{k}\Omega/\text{cm}$ 을 만족 할 수 있도록 screen printing법을 이용하여 ITO 박막을 glass 위에 제조하는데 필요한 ITO paste의 특성에 관한 연구를 목적으로 하였다.

2. 이 론

2-1. 스크린 인쇄⁶⁾

인쇄는 볼록판(凸판)·오목판(凹판), 평판 즉 3판 방식이 주류이지만, 제4방식으로서 스크린(망사)판에 의한 인쇄가 최근 특히 중요시되고 있다. 스크린 인쇄판은 등사판과 마찬가지로 공판의 일종이다. 볼록판, 평판, 오목판의 경우, 판의 화선부위에 잉크를 묻혀서 피인쇄체에 전이시키는 방식이지만, 스크린인쇄의 경우는 판의 화선부 구멍을 통해서 피인쇄체에 전이시키는 방식이다. 따라서 사용할 수 있는 잉크의 종류도 많고, 피인쇄체도 종이뿐만 아니라 금속, 플라스틱, 목재 등 상당히 광범위하다.

스크린인쇄는 판으로서 망사를 사용하여 그 망사의 비화선부를 어떠한 방법으로 잉크를 통과하지 않도록 되어진 판 화상을 만들어 판 상의 잉크를 스퀴지(squeeze)로 밀어내어 화선부 구멍을 통해서 피인쇄체에 전이시키는 방식이다. 등사판 인쇄의 경우도 원리는 같지만, 등사판에서는 망사를 사용하지 않는 점이 다르다. 스크린인쇄와 마찬가지로 망사를 사용하고 화상복제 과정도 같은 것이 스크린 날염(textile)이다. 단지 이와 같은 경우는 인쇄잉크 대신에 날염잉크(염료+염료접착제)가 사용된다.

이와 같은 점을 고려하여 스크린인쇄의 정의는 인쇄판 지지판으로써 망사를 사용하여 그 위에 만들어진 판 화상을 통해서 인쇄잉크를 피인쇄체에 전이시켜 화상을 복제하는 기술의 총칭이다.

2-1-1. 스크린 인쇄의 특징

(1) 인쇄된 잉크층이 두껍다.

① 평판인쇄의 잉크층 $5\sim7\mu\text{m}$

② 오목판 인쇄의 잉크층 $12\sim20\mu\text{m}$

③ 스크린 인쇄의 잉크층 $30\sim100\mu\text{m}$

(2) 인쇄 판면이 유연하다.

스크린 인쇄판의 판재는 견, 나일론, 폴리에스테르 등의 실로 이루어져 있어 판면이 유연하다.

(3) 피인쇄체의 종류에 따라 잉크가 다양하다.

수성, 유성, 합성수지성, 에멀젠타입, 분체 등 여러 종류의 잉크가 있으며, 피인쇄체의 재질에 맞는 잉크를 선택하여 사용한다.

(4) 피인쇄체의 종류가 다양하다.

피인쇄체의 크기, 모양, 종류 등의 물리적인 규격이나 형태에 관계없이 다양한 종류에 인쇄가 가능하다

(5) 인쇄압이 매우 적다

인쇄압이 적기 때문에 깨지기 쉬운 소재에 인쇄가 가능하다.⁶⁾

2-1-2. 스크린 인쇄의 메카니즘

1. 잉크 빠짐 메카니즘

페이스트는 스퀴즈와 스크린 기판이 접촉하는 위치에서 스퀴즈의 이동으로 유동하여 스퀴즈 각의 면에서 수직 방향으로 힘을 받아 이 압력이 앞으로 전달된다. 압력을 받은 페이스트는 스크린 망사의 개구부를 통해 기판에 도달하며, 유제로 둘러싸였던 공간에는 페이스트가 충전된다. 공간에 페이스트가 충전되면 그 후의

압력을 받았던 페이스트는 반작용으로 위쪽에 흐르고, 스퀴즈 면을 타고 전방으로 회전한다. 이것이 페이스트의 톨링이다. 즉 페이스트의 토출에 가장 영향을 미치는 인자는 페이스트와 스퀴즈의 접촉각도이다. 접촉각도가 작을수록 페이스트의 토출력은 증가하게 된다.

또한 스퀴즈 속도는 압력을 가하는 시간에 관계되고, 토출에 영향을 미친다. 스퀴즈 속도가 낮으면 오랜 압력을 가하기 때문에 토출력을 증가시킨다. 스퀴즈의 인압은 토출력에 직접 관계하여 스크린 상의 페이스트를 균일하게 얻을 수 있고, 기관과 접촉하는 만큼 얻을 수 있다.

종래, 토출에 대해서 인압이 가장 영향을 준다고 생각되고 있었던 것은 인압을 높게 하면 스퀴즈가 변형하여 접촉각도가 작게 되기 때문에 토출이 증가되었던 것으로 이것은 잘못된 이해인 것이다.

2. 판 분리 메카니즘

스퀴즈의 이동에 따라 페이스트가 토출한 후, 스크린이 스스로의 장력에 의해 기관으로부터 분리되기 때문에 기관에 도달했던 페이스트가 스크린과 분리된 기관 위에 남게 된다. 이러한 것을 ‘판 분리’라고 부르며, 이것은 스크린 인쇄시 불균일한 막두께가 나오기 때문에 연속적으로 실현되어야 하는 기본적인 메카니즘이라 말할 수 있다. 이러한 판 분리는 스크린의 장력과 페이스트의 점탄성과의 관계에서 일어나기 때문에 균일한 인쇄를 위해서는 양호한 판 분리성은 절대적인 전제조건이다.

스퀴즈의 이동에 따라 스크린 틀의 뒤 부분을 들어올리는 기구에 의한 강제적인 판 분리는 막두께의 균일성과 치수 정밀도에 치명적인 문제를 일으킬 가능성이 있기 때문에 절대로 사용해서는 안 된다.

3. 레벨링과 형상 유지의 메카니즘

판 분리 후, 기판 위에 남게 된 페이스트는 스스로의 성질로 인쇄 표면의 메쉬 자국을 지우거나 기판 위에서 퍼짐을 멈추고, 형상을 보존한다. 이것은 페이스트 그 자체가 가지고 있는 특성, 즉 레올로지의 문제가 있지만 인쇄조건에 대응하는 것은 아니다. 100메쉬 이하의 스크린에서 인쇄하더라도 메쉬 자국이 남지 않는 유전체 페이스트와 점도가 낮더라도 퍼지지 않는 평탄성이 높은 은(Ag) 페이스트가 실제적으로 개발되어져 사용되고 있다. 레올로지 측면에서 여러 가지 페이스트의 가능성을 추구할 필요가 있다.⁷⁾⁸⁾

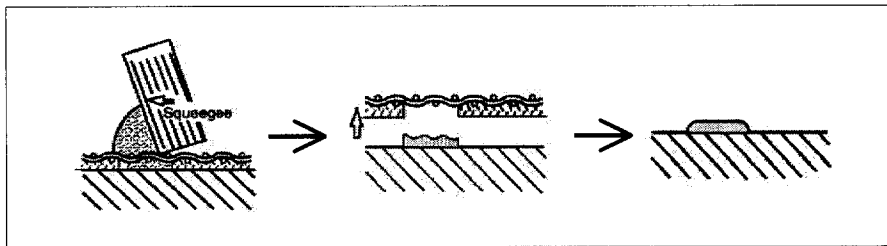


Fig. 1. Mechanism of screen printing.

2-2. VPT용 형광막 형성방법

VPT용 형광막을 형성하기 위해 현재 주로 전착법 및 스펀코팅법이 적용되고 있다. 따라서 이러한 방법들은 원재료의 손실이 많고 형광체를 이소프로필알콜(IPA)에 용해시켜서 사용하기 때문에 화재의 위험성은 매우 크며, 수율은 낮으며, 휘발성 용제에 잔류하는 형광체와 첨가제로 인하여 심각한 수질오염을 발생시키는 방법이다. 그러나 스크린인쇄법은 필요한 곳에 필요한 만큼의 재료로 원하는 패턴을 형성시킬 수 있기 때문에 최근에 VPT용 형광막 제조방법으로서 열전사법이 연구, 검토되고 있다. 그리고 형광막은 전자빔을 유도하기 위한

ITO(Indium Tin Oxide)층과 발광을 위한 형광층으로 이루어져 전자총에서 주사된 1차 전자가 형광체와 충돌하여 발광한 후 발생하는 2차 전자들이 ITO층에 전달되므로 형광체 입자들의 크기 및 패킹성 그리고 두께가 형광막의 특성에 중요한 요소가 된다. 따라서 ITO 및 형광체 페이스트를 제조하기 위해서는 페이스트의 분산성, 소포성 및 레벨링성을 조절할 필요가 있다. 또한 이들 페이스트에 사용되는 바인더는 형광체 및 ITO에 열적 손상을 최소화하고, 소성시키는데 사용되는 열 에너지를 최소화하기 위해서는 가능한 저온 열소성형 바인더를 사용하는 것이 바람직하다.

현재 형광체 바인더로서 가장 널리 사용되는 수지는 에칠셀룰로오스이다. 이 바인더는 인쇄적성이 우수하고, 잔탄(tar)이 거의 남지 않는다는 것이 특징이다. 그러나 소성온도가 480℃라는 고온 소성형이라는 단점을 가지고 있다. 따라서 최근에는 300~380℃에서 소성하는 저온 소성형 아크릴계 바인더가 VFD(Vacuum Fluorescent Display), PDP, VPT용 형광체페이스트를 제조할 때 사용되고 있다. 특히 형광체 페이스트에서 제조 시 사용되는 바인더가 소성 후에 형광체 표면에 잔류하게 되면 발광휘도 및 발광수명에 영향을 미치게 되어 결국 패널의 신뢰성이 떨어지게 된다. 따라서 형광막을 소성한 후에 형광면에 바인더가 잔류하지 않는 수지를 선택하는 것이 중요하다.

2-2-1. 전착법, 직접 인쇄법, 스핀 코팅법을 이용한 VPT형광막 제조

(1) 전착법(Electrodeposition) : 전착법은 알루미늄 칩을 유리기판에 증착을 시킨 후 형광체를 IPA에 용해 시켜 전기적으로 전착을 시키고 전착 시 패널 주위에 묻어나오는 형광체를 수작업으로 불필요한 부분을 제거하고 이것을 소성, 패

널조립 완성 하는 게 전착법이다. 일본 소니社에서 초기에 개발한 방법으로 물속에서 전해질을 형성하여 전기분해로 형광막이 Panel에 전착하는 방법이다. 현재는 사용하지 않으며 국내에서 2002년까지 사용해오던 공법이다. ^{9~11)}

(2) 직접 인쇄법(Direct printing) : 직접 인쇄법은 형광체와 바인더를 혼합하여 페이스트를 제조하고 패널 위에 직접 스크린 인쇄를 한 후 소성 패널 조립 완성을 한다.

직접 인쇄법은 가장 경제적인 방법이지만 직접 패널 유리면에 스크린 인쇄를 하기에 형광막의 표면이 불균일하고 불량일 경우 재료의 손실이 큰 게 단점이다.

(3) 스핀 코팅법(Spin coating) : 형광체와 용제 그리고 분산제를 슬러리로 제조하여 스크린 판넬 위에 일정량을 도포 한 후 판넬을 회전하면서 골고루 형광막이 퍼지도록 하면서 건조를 한 후에 정해진 규격을 제외한 형광막 주변부를 제거하는 공법으로 형광체의 Loss 및 작업의 공정수가 많이 필요함으로 대량 생산을 할 경우에는 생산량에 한계가 있다.

2-2-2. 열전사법¹²⁾

열전사는 기재 위에 일정 온도로 녹인 유기물을 도포한다. 그 전사 기재 상에 전사 인쇄층을 스크린 인쇄하고, 그 위에 열접착층을 중첩 인쇄한다. 전사하는 경우 피전사면에 붙이고 열을 주면, 이형층이 녹고 열접착층이 접착성을 가져 인쇄층이 피전사면에 전사된다. 열전사는 크게 열용융 전사와 열승화 전사로 나눌 수 있다.

(1) 열용융 전사

박리제를 도포한 전사 필름 표면에 화상을 좌우 반대로 인쇄하고, 그 위에 수지 접착제를 도포한다. 플라스틱 성형물일 경우에는 목적물의 성형 형틀벽에 놓아

플라스틱 재료를 공급, 가열해서 성형과 열착을 동시에 행한다. 유기용제 인쇄 후 잉크가 표면건조 하면 실리콘 코팅지를 겹쳐서 보관하고 피혁에 전사할 경우는 다리미 또는 열판으로 150~180℃ 로 2~3min 가압하고 전사 대지를 살며시 제거한다.

(2) 열승화 전사

열승화 전사는 분사염료가 가열기화 즉 승화되어 전달 염착되는 것을 말한다. 승화전사의 대상물은 폴리에스텔, 아스테이트, 트리아세테이트, 나일론 등의 화학섬유가 해당된다. 종이에 분산 염료가 주성분인 잉크를 오프셋 인쇄, 그라비아 인쇄, 로터리 스크린 인쇄, 스크린 인쇄 등으로 모조지 혹은 아트지에 배면인쇄를 한다. 이것을 열판에서 섬유 위에 올려놓고 200~300℃, 5~7sec 가압하면 섬유에 승화전사가 된다. 대량의 승화전사의 경우 전사대지의 두루마리를 걸어 그라비아 인쇄를 할 경우가 많다. 스크린 인쇄는 소량인 경우가 유리하다. 인쇄를 할 때 주의 사항은 취급부주의 또는 인쇄 상 오염인쇄가 되지 않도록 각별히 유의하여야 한다.

2-2-2-1. 열전사 인쇄층의 구조

(1) 전사필름

전사필름은 얇은 필름으로서 형체를 보존하기 위한 지지체이다. 전사 가공시에 박리층이 떨어져 전사된 부분은 필름만이 남는다. 지지체 필름의 조건으로서는 평활성, 내열성, 투명성, 박리성이 요구된다. 따라서 두께가 균일하고 얇은 폴리에스테르 필름이 일반적인 소재이다.

플라스틱 전사필름의 두께는 16 μ m, 25 μ m, 38 μ m, 50 μ m 등 용도에 의해 사용되어

지고 있다. 특히 전면 민판 압력용의 필름이 얇으면 열에 분해되어 버리므로 25 μm 이상 되지 않으면 안 된다.

(2) 박리층 · 보호층

열로 전사할 때 전사필름에서 화상 부분만이 신속하게 떨어져야 한다. 박리층은 떨어짐을 좋게 하기 위해, 열에 의해 용융하기 쉬운 얇은층 이어야 한다. 박리제의 목적은 화상의 보호·광택 부여·물성 부여이다. 사용하는 재료의 선택은 필름과 사용 수지의 내식, 박리층의 두께, 가공 방법 등의 조건을 고려할 수 있다. 요구된 품질의 특성에 따라 이중 처리를 하고 박리층과 보호층으로서 역할을 하는 것이다.

사용하는 수지계로서는 셀룰로오스계, 열가소성 아크릴수지, 보호층으로 사용할 경우에는 열경화성수지(멜라민 수지, 에폭시 수지, 우레탄 수지)등이 있다.

박리제로서 사용할 경우에는 내마모성을 좋게 하기 위해 왁스 등을 병용해서 사용한다.

(3) 화상층

박리층 위에 화상부분을 인쇄함에 있어서 전사 필름용 잉크는 특별하게 정해져 있지만은 않다. 화상층의 인쇄는 화상을 표현하는 것이 주된 목적이다. 전사용에 사용되는 잉크는 박리층과의 밀착, 요구 물성, 접착층과의 밀착이 좋은 잉크를 선택할 필요가 있다. 일반적으로는 열가소성 아크릴 수지, 폴리우레탄 수지, 고무계 잉크를 사용할 수 있다.

(4) ITO층

일반적으로 투명 전도막을 만드는 방법은 크게 두 가지로 구분된다. 첫째는 얇은 금속막을 산화시켜 빛의 투과율과 전기전도도를 조절하는 방법이다. 투명 금속 전도막으로 Au, Pt, Rh, Ag, Cu, Fe, Ni 등을 사용하는데, 투명성을 얻기 위

해서는 박막이 매우 얇아야 하고, 반면 높은 전기 전도도를 얻기 위해서는 두꺼워야 한다는 어려움이 있다. 둘째로는 반도체 산화물을 이용하는 방법으로 CdO, ZnO, ITO등이 응용되고 있다. 특히 ITO박막은 가시광선 영역에서는 광투과도가 높고 근적외선 영역에서는 광반사도가 높을 뿐만 아니라, 높은 전기전도도를 가지고 여러 종류의 기판에 대한 좋은 접착력, 견고도 등 기계적 안정성과 화학적 안정성이 뛰어나 항공기와 자동차 유리의 투명 발열체, 액정표시소자의 투명전극, 태양열 소자의 광흡수체, 각종 전자장비 패널의 EMI(electromagnetic interference)보호층, 가스센서, 안경에서 정전기 방지 등에 응용되고 있다.

(5) 감열 접착층

접착층은 전사기의 열과 압력에 의해 박리층, 착색 도안층을 피전사물에 단단히 밀착시킨다. 접착제의 종류와 피전사물의 소재에 의해, 전사 가공조건, 온도, 압력, 속도를 조절하는 것은 접착제의 적합한 물성에 맞는 선택을 위해서이다.

열에 의해 연화되어 피전사물에 접착된 요소로서는 접착제의 열 연화온도, 접착적성, 접착강도가 고려되어질 수 있다. 피전사물이 상당히 많기 때문에 용도에 따라 분류 사용할 수 있다. 따라서 인쇄적성, 물성 등을 고려해 단위체 수지가 아닌 것을 혼합하여 사용할 수 있는 것이 많다. 사용할 수 있는 수지계로서는 열가소성 아크릴수지, 염산계 수지, 염화폴리프로필렌, 에틸렌초산비닐수지, 스티렌 수지 등이 있다.

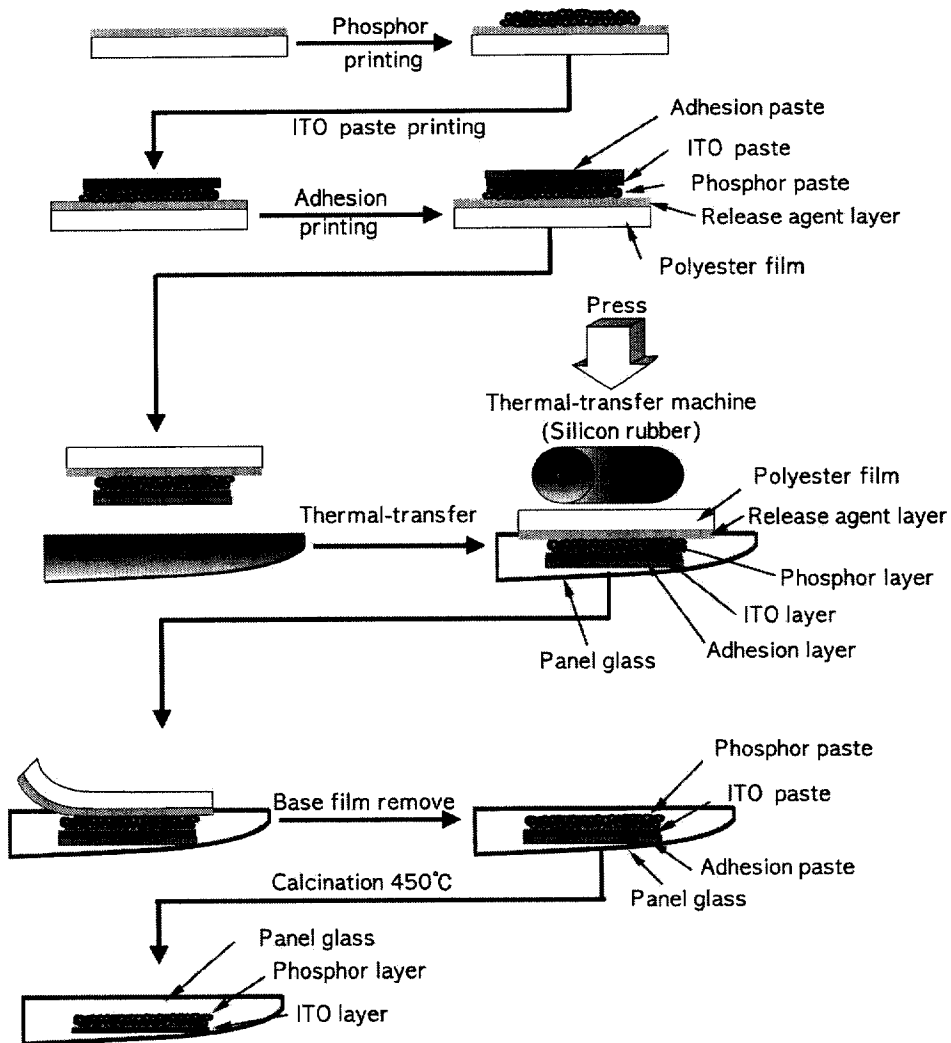


Fig. 2. VPT phosphor screen manufacture process
by Thermal-transfer method.

2-3. ITO(indium tin oxide) 박막의 전기적 특성 이론

가시광선 영역에서 높은 투과도와 우수한 전도성을 가진 ITO 박막은 광학적, 전기적 특성에 의하여 태양전지 기판의 전극재료나 LCD display 소자의 투명 전

극 재료로 개발이 되고 있다. ITO(indium tin oxide)박막은 불순물로 첨가된 tin 이 인듐 산화물에서 인듐과 치환되어있는 구조이다. 박막의 전기적 특성은 산소 공극 형성, tin 첨가에 의한 자유 전자로 인해 생기고, 광학적 특성으로써 가시광선 영역에서의 높은 투과도는 band gap이 3.5eV 정도로 넓기 때문에 발생한다. 이러한 광학적, 전기적 특성은 Cd, Sn, Zn 등의 산화물에서도 얻을 수 있다. 투명 전극 재료는 항공기나 자동차 유리의 투명 발열체, 정전기 방지 유리, 열 차단 박막, 저 반사 유리, 태양 발전의 광흡수체, 가스 센서 등에도 응용된다.

2-3-1. 전도 메카니즘 (conduction mechanism)

전기 전도도(δ)는 전자 밀도(N), 전자 이동도(μ)에 따라서 달라진다.

$$\delta = N \mu e \quad (1)$$

여기서 e는 전자의 전하량(electron charge)이다. 높은 전기 전도도를 얻기 위해서는 높은 전자 밀도와 전자 이동도가 필요하다.

산화물의 전기적 특성은 금속 원소의 산화 정도, 산화물에 포함된 불순물의 양과 특성에 따라 달라진다. 화학양론비가 완벽하게 일치된 산화물은 절연체이거나 이온 전도체(ionic conductor)이다. 이온 전도체의 경우 전도를 위해 높은 활성화 에너지가 요구되기 때문에 전도체로 사용하기가 곤란하다.

불순물 효과를 얻으려면 불순물의 크기가 원래의 금속 이온보다 작거나 같아야 한다. 그리고 원래의 금속 산화물과 불순물 산화물이 서로 화합물을 이루지 않아야 한다.

ITO 박막의 조성은 $\text{In}_2\text{O}_{3-x}$ 로 나타낼 수 있다. 산소 공간(vacancy)은 전자뿐만

아니라, O^{2-} 이온 이동도(mobility)를 제공한다. 그러므로 In_2O_{3-x} 는 전자 전도성과 O^{2-} 이온 전도성이 혼합된 전도체라고 할 수 있다. 그러나 O^{2-} 이온 전도성은 전자 전도성에 비해 무시될 정도로 작다.

2-3-2. 전자 밀도 (carrier concentration)

ITO 박막의 전도도를 향상시키기 위해서 불순물 첨가를 통해 자유 전자를 증가시키는 연구가 많이 이루어졌으며 많은 논문이 있다.¹³⁾ 이 방법은 비록 약간의 성공을 거두었지만 한계가 있었다. 불순물이 원래 금속의 자리를 차지할 때, 불순물 첨가는 전자 밀도를 증가시키지만 전자 이동도를 감소시킨다. 그러므로 ITO 박막에 있어서, 낮은 저항을 얻기 위해서는 전자 밀도와 전자 이동도를 동시에 고려해야한다.

Johnson 과 Lark-Horovitz 에 의해 추론된 관계식은 다음과 같다.

$$\mu = (4e/h) (\pi/3)^{1/3} N^{-2/3} = 9.816 \times 10^{14} N^{-2/3} (\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}) \quad (2)$$

$$\mu \propto N^{-2/3} \quad (3)$$

μ : electron mobility(전자이동도)

e : electron charge(전자의 전하량)

h : Planck constant(플랑크 상수)

N : carrier concentration (전자밀도)

위 식에서 알 수 있듯이, 전자 밀도와 전자 이동도는 밀접한 관계가 있다. 더 나아가서, tin을 과량 첨가하였을 경우 tin 원자 하나가 1개의 자유 전자를 내놓는 것으로 가정하였을 때 오히려 자유 전자 밀도가 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 tin이 ITO 박막에서 전기적으로 비활성적임을 의미하는 것이다.

2-3-3. 전자 이동도 (carrier mobility)

상온에서 가장 높은 hall 이동도(Hall mobility)는 In_2O_3 단결정에 있어서 $160 \sim 170 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 으로서 Weiher에 의해 연구되어진 것이다. 그리고 Groth에 의하면, Zr을 첨가한 ITO박막에서도 이와 비슷한 이동도를 얻을 수 있었다. 박막의 전자 이동도는 In_2O_3 구조의 불규칙성과 tin 첨가에 의한 망상 조직(network)의 변형에 영향을 받는데 이러한 영향에 의해서 자유 전자의 산란 효과가 발생하게 되고 결과적으로 전자 이동도는 감소하게 된다. 결과적으로 ITO 박막에서 자유 전자에 의한 강한 산란 효과가 발생하게 된다. 그러므로 격자 구조의 변형과 tin 첨가에 의한 자유 전자의 발행으로 말미암아 이동도는 감소하게 된다.

3. 실험

3-1. 시 료

3-1-1. ITO solution

본 연구에 사용한 ITO sol ((주)나노신소재)의 특성은 ethyl alcohol을 베이스로 하여 고형분이 30%로 Table 1과 같은 특성을 가진다.

Table 1. Property of VPT ITO sol.

Item	Test Result
Solid Contents(%)	30 ± 0.1
Particle Size in Nano-powder	10~12 nm
Particle Size in colloid	30~40 nm
pH(at 22℃)	5.5 ± 0.5
Base	Ethyl Alcohol(above 99.5%)
Chemical composition	5 to 15% SnO ₂ doped In ₂ O ₃
Purity	99.99%
Metallic element impurities	Zn 0.0024% , Cd 0.0018% Pb 0.0017% , Ti 0.0015% Fe 0.0011% , As 0.0008% Cu 0.0007%

Fig. 3은 ITO 졸 상태의 ITO Particle에 대한 TEM(Transmission Electron Microscopy) 이미지 이다.

Fig. 4는 나노 파우더 상태의 ITO TEM 이미지 이다.

투과전자현미경 transmission electron microscope은 광학현미경과 그 원리가 비슷하다. 전자현미경에서의 광원은 높은 진공 상태(1×10^{-4} 이상)에서 고속으로 가속되는 전자선이다. 전자선이 표본을 투과하여 일련의 전기자기장 electromagnetic field 또는 정전기장 electrostatic field을 거쳐 형광판이나 사진필름에 초점을 맞추어 투사된다. 이 전자의 파장은 가속전압에 따라 다르며 흔히 사용되는 전압(100 KV)에서의 전자파장은 0.004nm이다. 광학렌즈 대신 사용되는 자기장 magnetic field은 불완전하며 개구수 numerical aperture가 없다. 따라서 전자현미경의 이론적 분해능(해상력)은 약 0.001nm이나 생물학적 표본에서 사용되는 분해능은 약 0.2nm(side entry), 0.14nm(top entry)이다.

Fig. 5는 콜로이드의 입경크기 분포(PSA) 그래프 이다.

나노 파우더 상태에 콜로이드를 혼합하여 ITO 졸을 완성한다. 이 때 나노 파우더의 입경 크기는 10~12 nm이며, 콜로이드의 입경크기는 30~40 nm이다.¹³⁾

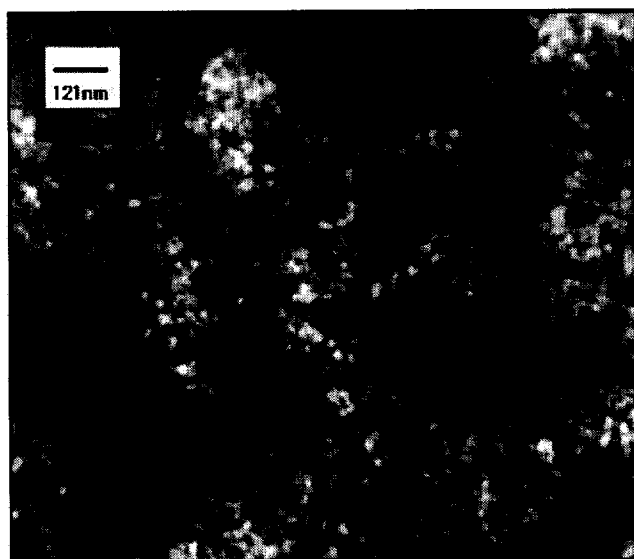


Fig. 3. TEM image of ITO Particle in ITO Sol.

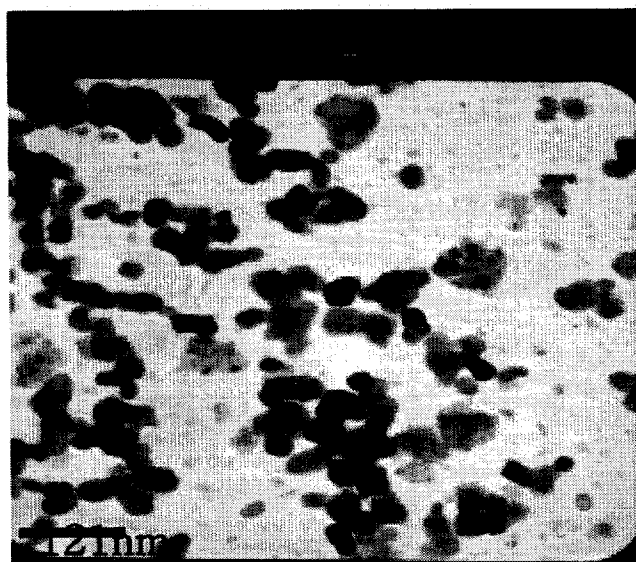


Fig. 4. TEM image of ITO Nano-Powder.

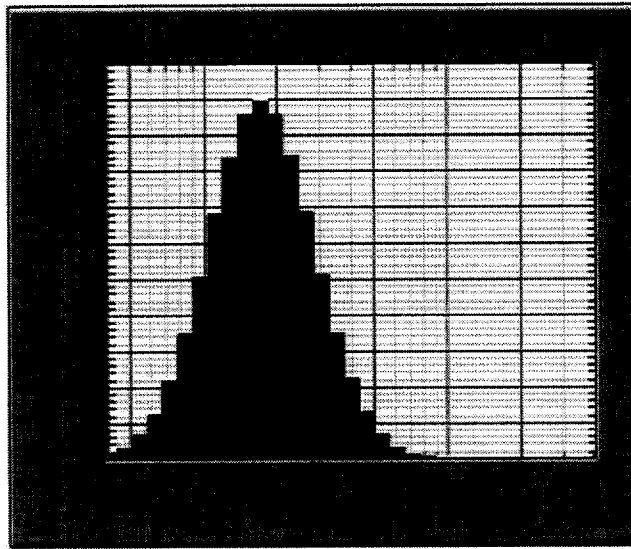


Fig. 5. Particle size in Colloid.

3-1-2. 저온 소성형 수지 및 열전사용 수지

본 연구에서 사용하는 형광막 제조법은 폴리에스텔 필름 위에 스크린인쇄법을 이용하여 형광체 페이스트 및 ITO 페이스트를 인쇄한 후에 이것을 스크린 패널 위에 열과 압력을 가하여 전사시켜서 형광막을 형성시키는 방법이다. 따라서 분말인 형광체를 페이스트화 해야 하므로 바인더가 필요하다. 본 연구에서는 최적의 유동성과 소성 특성을 가진 바인더 수지의 개발을 위해 바인더 수지로써 2종류의 저온 소성형 아크릴 수지로 페이스트를 제조하였고, 인쇄적성 및 작업 적성을 위해서 고비점 용제인 terpeneol을 혼합하여 점도를 조정하였다.

종전의 작업에서 ITO 페이스트를 스크린 인쇄한 후 다음 공정으로 접착제를 스크린 인쇄하던 방식을 개선하기 위하여, ITO 페이스트 제조 시 사용되는 바인더를 스크린 인쇄 하기 위해 페이스트가 인쇄적성을 가지며, 형광막을 패널에 열

전사시키기 위해서는 열 접착성을 부여 할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 SK-UCB사의 아크릴계 수지인 AA3003과 BB3003을 사용하여 이 두 가지 특성을 비교 하였다. 2종류의 아크릴 수지에 대한 물리적 특성은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Properties of acrylic resins used in the work

Items	AA3003	BB3003
Composition	MMA	MA-AAm
Molecular weight (Mw)	50,000 ~ 100,000	50,000 ~ 150,000
Tg temperature(℃)	80.0	110
Viscosity (mpa·s)	17,000	234,000
Base solvent	terpineol	terpineol
Solid(N.V, %)	50	70

- MMA : methylmethacrylate
- MA : methylacrylate
- AAM : acrylamide

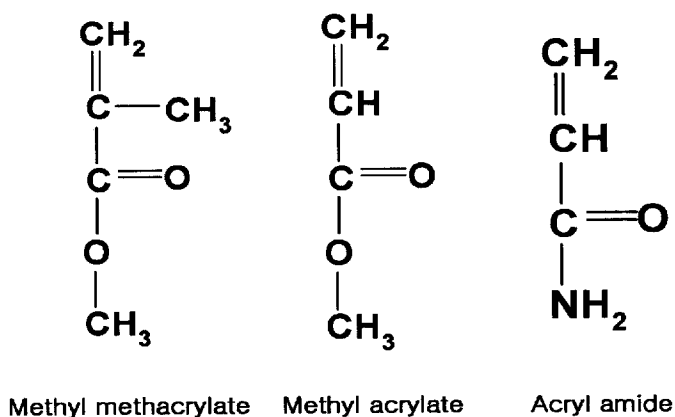


Fig. 6. Chemical Structural monomer used in the preparation of acrylic resin.

3-1-3. 용제 (solvent)

합성된 수지와 희석제로서 용제 및 형광막의 접착성 및 페이스트의 물성을 향상시키기 위한 첨가제 등을 혼합한 후에 여기에 VPT용 형광체를 혼합하여 VPT 형광체 페이스트를 제조하였다. 형광체 페이스트를 제조하는데 사용한 용제의 분자식 및 특성을 Fig. 7에 나타냈다.

특히 스크린 인쇄 작업 시 판상의 판 마름(plate dry)을 고려하여 고비점 용제인 terpineol을 사용하였다.

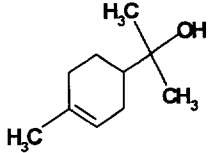
α -terpineol 	Molecular weigh (M)	154.25g/mol
	Melting point (M.P)	31~34℃
	Bubble point (B.P)	215~225℃
	Poison class	(CH)4
	※ (CH)4 : Substances and products that must be considered harmful.	

Fig. 7. Chemical structure and property of solvent.

3-2. 실험방법

3-2-1. ITO 페이스트 제조 방법

Fig. 8에 ITO 페이스트의 제조 방법을 나타냈다. 먼저 열전사용 아크릴 수지와 ITO sol을 각각 80 : 20, 85 : 15, 90 : 10의 비율로 고속 교반기(Dispermat CV, Germany)를 이용하여 2000rpm으로 30분간 교반 후 교반 탈포기(Thinky mixer, Japan)로 교반 2분, 탈포 3분을 하여 ITO 페이스트를 완성하였다.

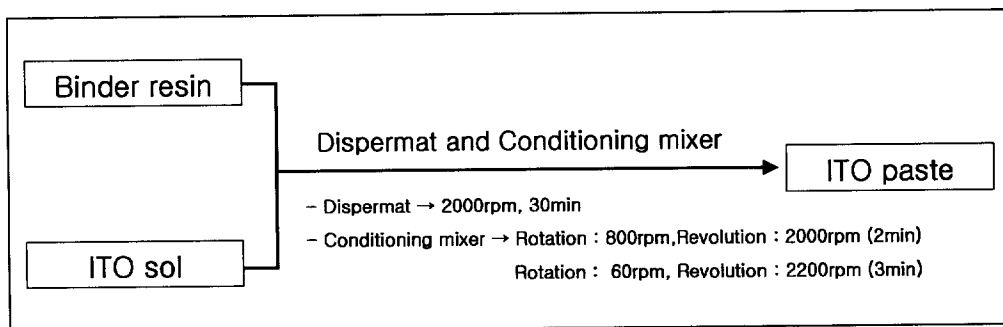


Fig. 8. Manufacturing process of ITO paste.

3-2-2. VPT용 형광막 형성방법

1) 스크린 인쇄

SUS망사로 제판된 스크린 판을 이용하여 반자동 스크린 인쇄기 BS-450HT ((주)반도산업)를 이용하여 먼저 미리 준비된 형광체 페이스트를 폴리에스테르 필름에 스크린 인쇄 방식으로 인쇄를 한다. 이때 사용한 스쿼지는 중경질의 우레탄 고무로써, 스크린 인쇄판과 유리 패널의 간격은 약 5mm 정도이고, 스쿼지 압력은 0.015N/mm, 스쿼지 각도는 70°로 고정하여 인쇄하였다. 그리고 인쇄 속도는 0.043m/sec, 도포 속도는 0.06m/sec로 하였다. 인쇄된 형광체 페이스트를 열풍 건조기(Jisico)를 이용하여 130℃에서 20min간 열풍 건조 시킨 후 다시 형광체 층 윗부분에 ITO페이스트를 스크린 인쇄 방식으로 ITO층을 형성시킨다.

ITO 스크린 인쇄를 마친 후 열풍 건조를 한 후 형광막 필름을 완성한다.

열풍으로 전처리를 마친 스크린 패널 부에 완성된 형광막 형성 필름을 올려놓고, 열 전사기의 히팅 롤러에 의해 110℃~130℃의 고열로 스크린 패널과 필름을 밀착시켜 열 전사를 한다. 이 때 히팅 롤러의 전사 압력은 3.9~4kgf/cm²이며, 전사 시간은 15~20초이다. 열 전사가 끝나면 3분~5분간 방치 후 폴리에스테르 필름을 제거한 후 소성로에서 450℃의 온도에서 45분간 소성을 하여 스크린 패널 부분의 형광막을 완성시킨다.

2) 열 전사법에 의한 VPT용 형광막 제조 공정

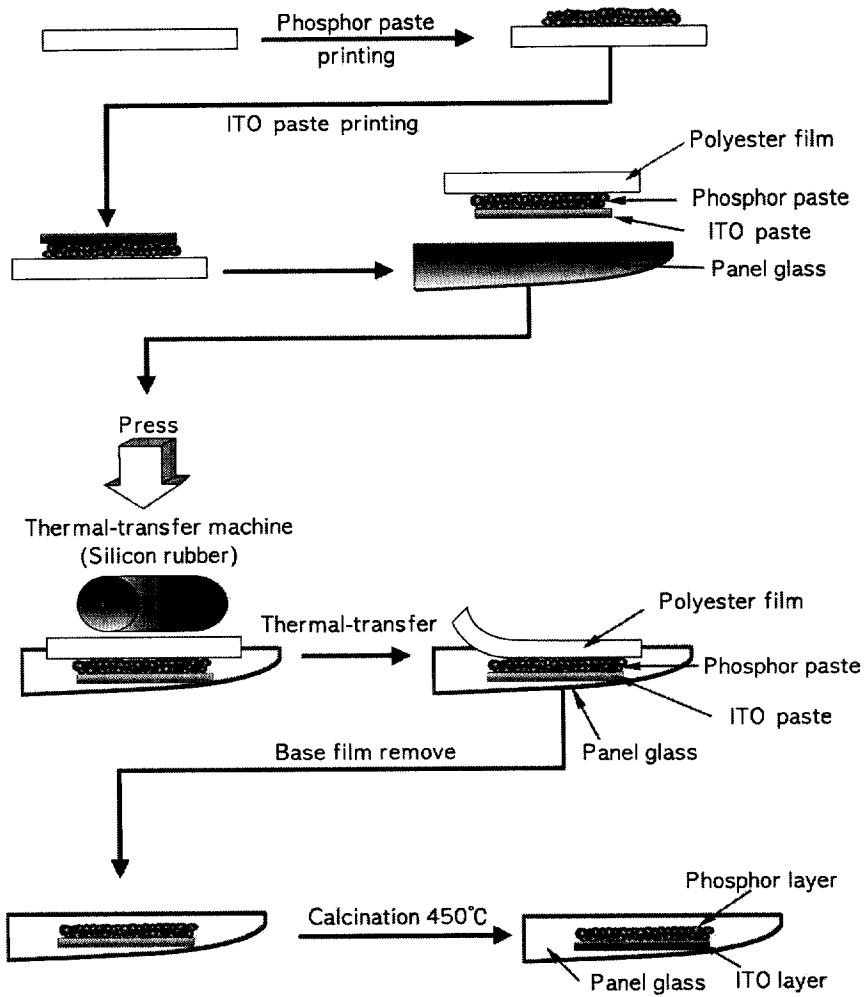


Fig. 9. VPT phosphor screen manufacture process by Thermal-transfer method.

3-3. 측정 및 분석

3-3-1. ITO Paste의 점도 측정

스크린 인쇄의 작업성을 고려하여 점도를 충분히 조절할 필요가 있다. 지나친

첨가제의 함유는 스크린 인쇄시 판 찢어짐, 패턴형성 불량 원인이 되고, ITO의 경우에는 ITO고유의 투과성 및 전도도에 영향을 미치게 되므로 점도를 측정하여 적정하게 조절 사용함이 중요하다.

점도 측정은 Brook Field DV-II⁺ Viscometer(USA) 로 측정온도 : 23℃, 스펜들 : S29의 조건에서 측정하였다.

3-3-2. ITO 피막의 소성특성 및 분산성 측정

ITO 피막의 분산성을 평가하기 위해 제조되어진 페이스트를 인쇄, 건조, 450℃에서 45분간 소성 후, SEM 촬영하였다. 사용한 장치는 Hitachi S-2400(Japan)이며, 가속 전압은 15kV, 측정 배율은 10,000배로 하였다. 또 TGA(Perkin-elmer, USA)도 이용하여 측정하였다.

3-3-3. ITO 피막의 강도 측정

ITO 페이스트용 바인더 수지의 유리 전이점을 알아보기 위해 DSC를 측정하였다. 결과는 그래프로 나타내었다. 또한 ITO 페이스트를 스크린 인쇄했을 때, 유연한 정도(flexibility)를 알아보기 위해 바인더 수지와 ITO 페이스트를 각각 15 μ m의 두께로 바코팅한 뒤, 100℃에서 30분간 열건조 시킨 후 3회에 걸쳐 bending 테스트를 하였다. 결과는 BX60(Olympus,Japan)이라는 현미경 사진으로 나타냈다.

3-3-4. ITO 피막의 전기적 특성 측정

ITO 페이스트를 인쇄 후, 열 전사를 통하여 ITO 피막을 형성한 뒤, 피막의 전기 저항값을 측정하였다. VPT용 ITO 투명 전극에서 요구되는 저항값은 100k Ω /

cm이하이며 각종 첨가제에 따른 전기 저항치를 측정하여 VPT 형광막 형성 시 전하를 당길 수 있는 최소의 저항치를 측정하고자 하였다.

사용한 장비로는 Digital multimeter (FLUKE, U.S.A)를 사용하였다.

3-3-5. ITO 피막의 광학적 특성 측정

ITO 피막의 투과도를 측정하여 가시광선 영역의 빛에 대해 어느 정도 투과도를 나타내는지를 측정하였다. ITO의 기본 물성으로써 투과도 및 전도도는 중요시 되고 있다. 실제 VPT 형광막 형성에 있어서는 배후에 인쇄되는 ITO의 투과도는 전도도와 밀접한 관계를 가지고 있다. ITO 피막을 인쇄, 건조, 소성 후 피막의 투과도를 측정하였다. 사용한 장비로는 UV-VIS spectrophotometer (Hitachi, U-2001)이다.

3-3-6. ITO 피막의 열전사성 및 두께 측정

본 실험의 ITO 피막의 열전사성을 측정하기 위하여 GTI(주)기업에 의뢰하여, 한 달 동안 직접 만든 ITO 피막을 1000장 단위로 매일 인쇄하여, 전사성이 얼마나 나오는지 테스트 하였다.

형광체 페이스트 및 ITO 페이스트를 스크린 인쇄하여, 100℃에서 10분간 건조한 후, 완성된 형광막 필름에 대한 열전사 수율은 단순히 ITO 막의 열전사 능력뿐만 아니라, 필름의 커팅 및 운반, 열전사 공정에서 발생하는 크랙 등의 불량도 수율에 포함하였다. 이 때, 측정 기준은 사람의 육안으로써 판별하였으며, 조그마한 백점(白點)도 다 불량으로 포함하였다.

또한 ITO 피막의 인쇄 두께에 따른 열전사율에 미치는 영향을 보기 위하여, 적절한 두께를 측정해 보았다. ITO 피막 두께는 이격거리 5mm, 스쿼지 인압 0.5mm

로 일정하게 하고, 경도 80인 우레탄 스퀴지를 이용하여 스퀴지 각도 및 속도를 바꿔가며 인쇄한 후, VL-50A (Mitutoyo, Japan)로 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4-1. ITO Paste의 점도

본 연구에서 제조되어진 ITO paste의 점도 측정 결과를 Fig. 10에 나타내었다.

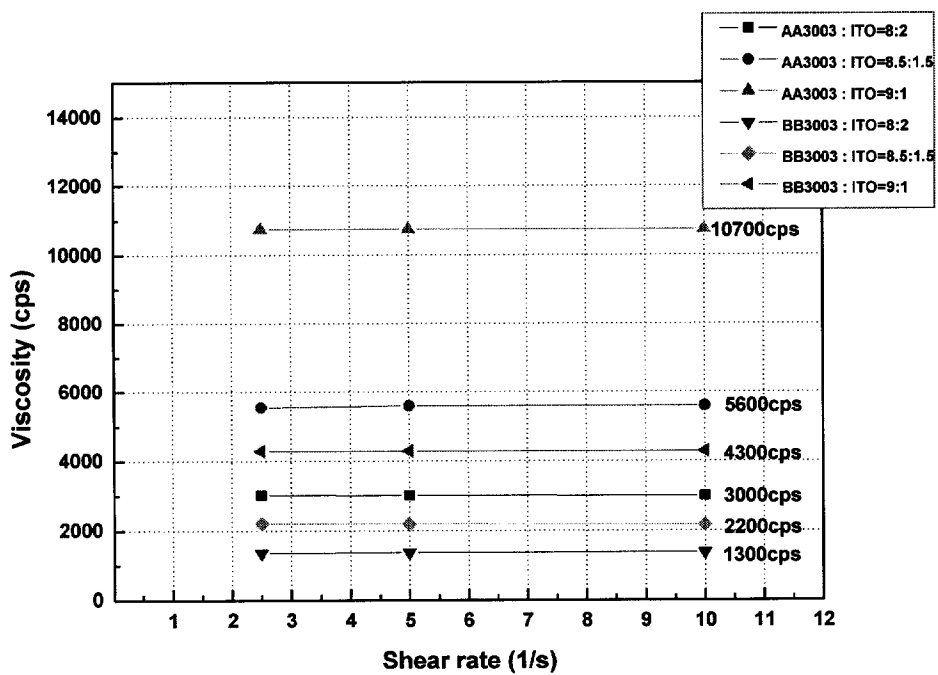


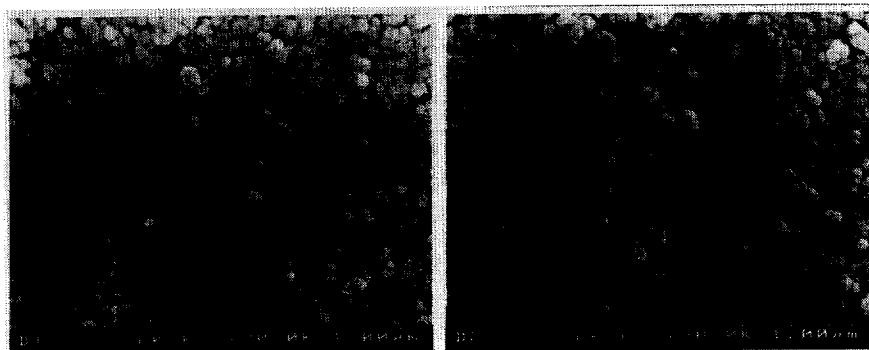
Fig. 10. Viscosity profiles by shear rate of ITO pastes.

그 결과, 제조되어진 페이스트들은 모두 전단속도의 증가에 따라 점도의 변화가 거의 없는 뉴토니안 거동을 보이고 있다. 또한 수지 함량의 증가에 따라 점도가 증가하고, 바인더 수지로써 AA3003을 사용한 페이스트가 BB3003보다 더 높은

점도값을 보이고 있다. 이러한 6종류의 페이스트를 스크린 인쇄해 본 결과, AA3003이 80%일 때와 BB3003이 85%일 때의 스크린 인쇄적성이 가장 우수하였다. 이것은 ITO 페이스트의 점도가 4000cps를 넘어가는 경우, 접착성이 강한 바인더 수지의 함량이 높아택이 심하게 나타나 판에 필름이 달라붙는 등의 인쇄불량이 나타났었고, 점도가 2000cps 이하인 경우에는 점도가 낮아 ITO막의 피짐 현상이 발생하고, 또한 본 연구에서 열전사를 하기 위해 요구되어지는 15 μ m 이상의 ITO 막두께를 얻기 어려웠다. 따라서 스크린 인쇄를 하기 위해 적절한 ITO 페이스트의 점도 범위는 2000~4000cps임을 알 수 있었다.

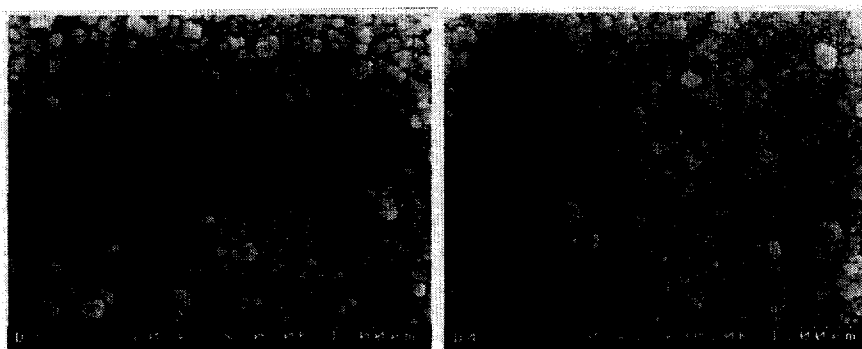
4-2. ITO 피막의 소성 특성 및 분산성

10 μ m의 두께로 글라스 위에 인쇄되어진 ITO paste를 절단하여 건조 및 소성 후 SEM 촬영으로 확인한 결과 Fig. 11의 SEM 사진과 같이 나타났다. 또한 소성 특성은 Fig. 12의 TGA곡선으로 확인할 수 있었다. AA3003의 경우 280 $^{\circ}$ C에서부터 급격히 열분해 되기 시작하여 380 $^{\circ}$ C부근에서는 완전히 소성된다. BB3003의 경우 380 $^{\circ}$ C에서부터 열분해가 시작되어 450 $^{\circ}$ C 내에 완전히 소성된다. 따라서 두 종류의 바인더 수지 모두 본 연구의 소성 온도인 450 $^{\circ}$ C이전에 전량 열분해 됨으로써 ITO 페이스트용 바인더 수지로서 적합함을 알 수 있다.



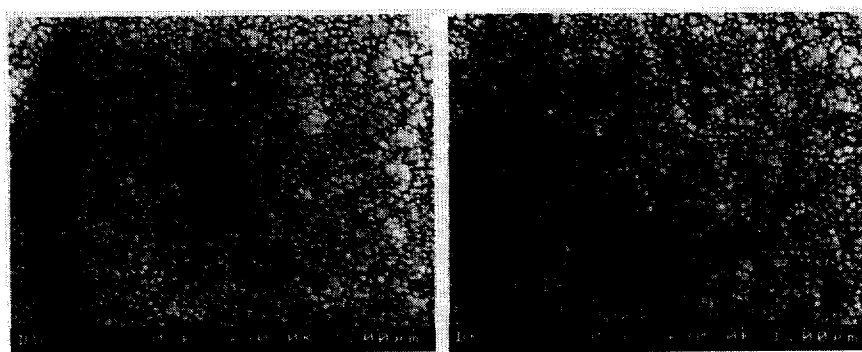
AA3003 : ITO = 8 : 2

AA3003 : ITO = 85 : 25



AA3003 : ITO = 9 : 1

BB3003 : ITO = 8 : 5



BB3003 : ITO = 85 : 25

BB3003 : ITO = 9 : 1

Fig. 11. The SEM image of ITO paste.

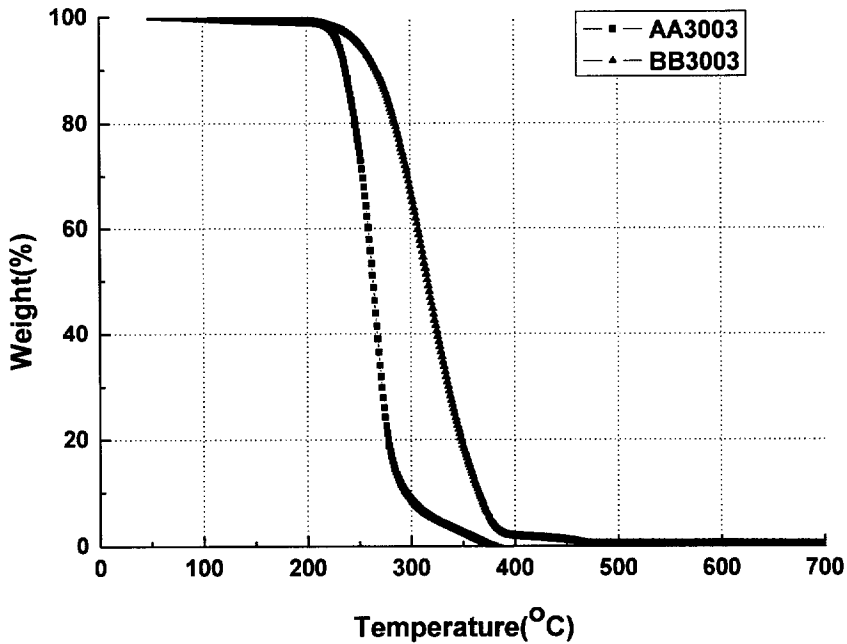


Fig. 12. TGA results of AA3003 & BB3003.

4-3. ITO 피막의 강도

Fig. 13은 ITO 페이스트용 바인더 수지의 유리 전이점을 알아보기 위해 DSC를 측정한 결과이다. AA3003의 경우, Tg는 약 68℃이고, BB3003은 약 48℃ 정도임을 알 수 있다. 이러한 바인더 수지의 유리 전이점은 제조되는 ITO막의 flexibility와 관련 있는 인자로써 그 차이에 따른 결과를 bending 테스트로써 나타냈다.

Fig. 14는 ITO 피막의 강도를 보기 위해 bending 테스트 한 사진이다. Resin film은 바인더 수지를 15um의 두께로 바코팅한 뒤, 100도씨에서 30분간 열건조

시킨 샘플이고, phosphor screen은 일반 필름 위에 형광체 페이스트 및 각각의 바인더 수지를 이용하여 제조한 ITO 페이스트를 스크린 인쇄 한 후, 100도씨에서 30분간 열건조 시킨 샘플이다. 이 4종류의 샘플을 3회에 걸쳐 bending 테스트를 한 결과, AA3003일 경우에는 바인더 수지 단독의 경우뿐만 아니라, 완성된 형광막 또한 막의 크랙이 발생함을 알 수 있다.

즉, Tg가 높은 바인더 수지의 경우, bending에 의한 크랙의 발생으로 제조된 형광막의 커팅, 운반 공정 등에서 취급상 어려움이 있을 것을 예상할 수 있다.

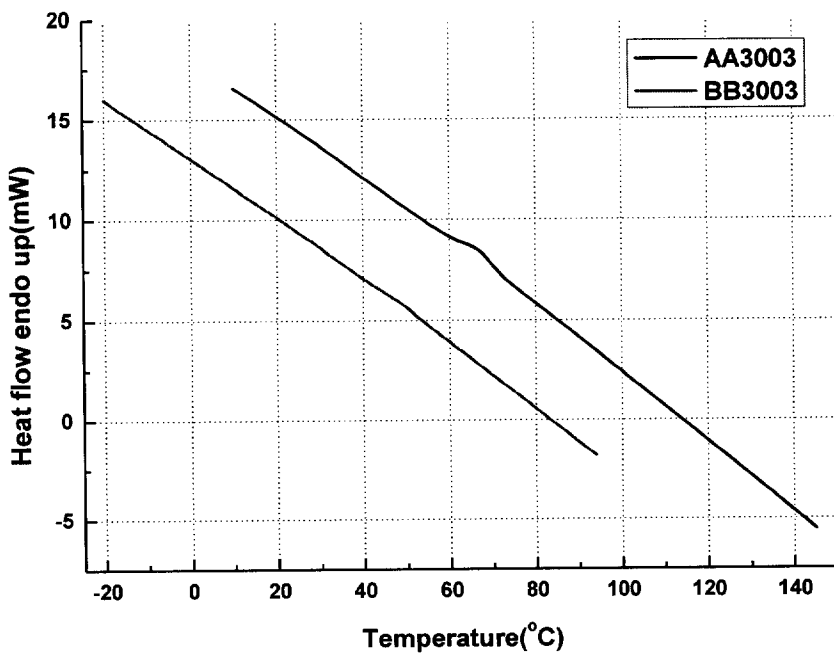


Fig. 13. DSC result of AA3003 and BB3003.

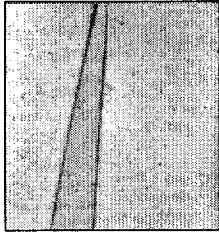
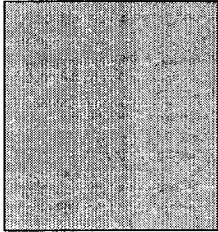
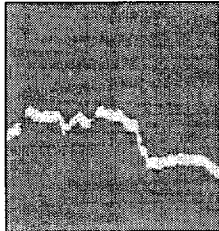
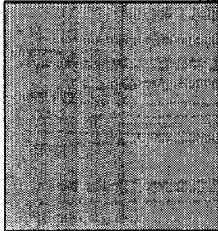
	AA3003	BB3003
Resin film		
Phosphor screen		

Fig. 14. Crack results with binder resins.

4-4. ITO 피막의 전기적 특성

ITO paste를 인쇄하여 열 전사를 통해 ITO 피막을 형성하고, 450℃에서 20분 간 소성을 시킨 후, digital multimeter(FLUKE, USA)로 피막의 전기 저항값을 측정하였다.

VPT에서 ITO 막은 anode 역할을 하는 것으로, 그 때 요구되는 저항값은 100 kΩ/cm이하이다. Table 3에 ITO 막의 전기 저항도 측정결과를 나타내었다.

본 연구에서의 측정 결과 AA3003보다 BB3003을 사용한 경우, 전도성이 더욱 우수 하였으며, ITO sol이 15% 이상이면 모두 저항이 100kΩ/cm이하로 적합함을 알 수 있다.

간단한 실험에서는 일반적으로 사용하는 전기 테스트기를 사용하여 무작위 저항을 측정하는 방법으로도 마찬가지로의 결과가 나왔다.

Table 3. Electric resistance of ITO film results of measurements

Samples	Resistance (k Ω /cm)
ITO sol.	2.1
AA3003 : ITO = 8 : 2	35
AA3003 : ITO = 85 : 15	73
AA3003 : ITO = 9 : 1	206
BB3003 : ITO = 8 : 2	22
BB3003 : ITO = 85 : 15	40
BB3003 : ITO = 9 : 1	165

4-5. ITO 피막의 광학적 특성

ITO 피막의 투과도를 측정한 결과를 Fig. 15에 나타내었다.

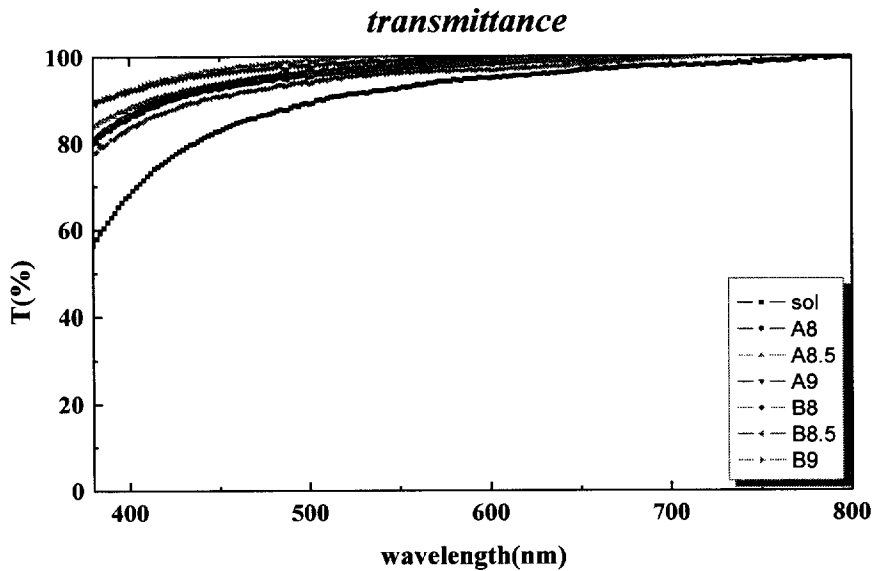


Fig. 15. ITO film ' s transmittance measurement graph after calcination.

형광막 아래의 ITO 막에 얼룩 등은 외관상 불량이 되므로 ITO 막의 투과율은 좋아야 한다. 수지를 섞지 않은 ITO sol은 푸른 빛을 띄고 있기 때문에 400~500nm의 가시광 영역에서 투과율이 떨어짐을 볼 수 있으나, ITO sol을 10~20%만 사용한 나머지 여섯 개의 ITO paste가 투과도는 80% 이상의 값을 가지고 있다.

결과적으로 ITO paste 제조시 사용된 바인더 수지 및 레벨링제의 첨가량은 ITO 피막의 투과도에는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

4-6. ITO 피막의 열전사성 및 두께 측정

형광체 페이스트 및 ITO 페이스트를 스크린 인쇄, 건조한 후, 완성된 형광막 필름

의 열전사 수율을 Fig. 16에 나타냈다. 이 결과는 ITO 막의 열전사 능력뿐만 아니라, 필름의 커팅이나 운반, 열전사 공정에서 발생하는 크랙 등의 불량도 수율에 포함시켰다. 그래프에서 보면, 바인더 수지로써 AA3003을 사용한 경우보다 BB3003을 사용하였을 때, 전반적으로 열전사 수율이 높았고, 특히 AA3003을 85%로 증가시킨 경우는 80%일 때 보다 오히려 수율이 떨어졌다. 이는 높은 Tg를 갖는 AA3003의 함량이 증가함으로써 필름의 유연성이 떨어져 다량의 크랙이 발행한 결과였다.

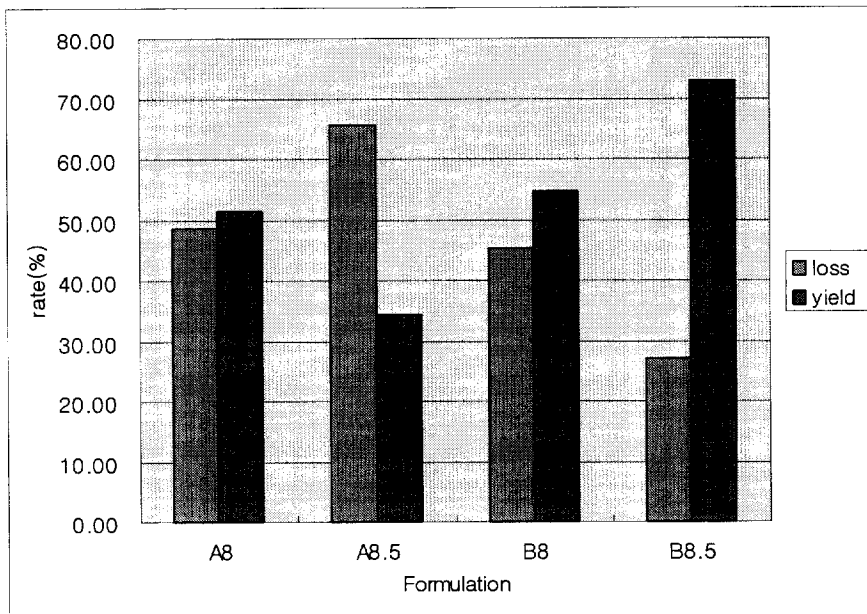


Fig. 16. The thermal transfer rates of phosphor screens used AA3003 or BB3003.

Table. 4는 본 실험을 통해 최적의 페이스트로 얻어진 BB3003 : ITO sol = 85 : 15로 혼합한 ITO 페이스트를 이용하여 인쇄 조건에 따른 ITO 피막의 두께를 나타내었다. 그리고 이 두께가 열전사율에 미치는 영향을 보았다. Table. 4

에서 얻어진 ITO 피막 두께는 15-16um일때의 전사율이 가장 우수함을 알 수 있으며, 동일 점도일지라도 인쇄 조건에 따라 피막 두께 및 전사율에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 참고로, 16um이상의 피막 두께는 본 페이스트를 이용할 경우, 어떠한 인쇄 조건에서도 얻어지지 않았다.

Table 4. Thermal transfer yield by ITO film thickness

Printing condition		ITO film thickness(um)	Thermal transfer yield(%)
Squeegee angle(°)	Squeegee speed(mm/s)		
80	50	8-9	40
80	40	10	50
75	50	10-11	60
75	40	13-15	70-75
70	50	15	85
70	40	15-16	95

5. 결 론

VPT용 ITO paste의 특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) ITO paste의 바인더 수지로써 AA3003과 BB3003을 비교 검토해본 결과, 전기 전도성 및 전사성에서 BB3003이 AA3003보다 더 우수함을 알 수 있었다.
- 2) BB3003으로 형성된 형광막이 AA3003의 것보다 더 flexible하여 형광막 필름 취급이 더 용이함을 알 수 있었다.
- 3) 인쇄적성, 전기 전도성 및 전사성을 검토한 결과, BB3003과 ITO sol과의 최적 배합비는 85:15임을 알 수 있었다.
- 4) 본 실험에서 얻어진 최적의 ITO 페이스트를 이용하여 스크린 인쇄할 경우, ITO 막 두께가 16 μ m일 때 가장 우수한 열전사율을 보였다.

참 고 문 헌

- 1) S. H. Jin, H. J. Choi, S. K. Hong, Y. S. Gal, Polymer Science and Technology 12, 3, 377 (2001)
- 2) Electronics technology 27 book 5, 12 (1985)
- 3) Il-gu Ahn, The Korean Information Display Society, 2, 5, 39-46 (2001)
- 4) Tea-Hean Keun, "CRT and a phosphor technology", The Korean Information Display Society 2, 5 (2001)
- 5) R. B. H. Tahar, T. Ban, Y. Ohya, and Y. Tadashi, "Tin doped indium oxide thin films : Electrical properties" J. of Appl. Phys. 83(5), 2631-2645 (1998)
- 6) 남수용 편, "알기 쉬운 스크린 인쇄 공학", 도서출판 (주)프린테크, 1-3 (2005)
- 7) 在野 康, PDPプロセスにおけるスクリーン印刷の進歩とその適用例, 33, 月刊ディスプレイ, (2000, 2)
- 8) Goang-young Kim, Su-Young Nam, The International Conference of the Korean Printing Society. 111-115 (2001. 9)
- 9) D. W. Johnson, Jr., "Innovation in Ceramic Power Preparation", Advance in Ceramic Vol. 21, The American Ceramic Society Inc., Ohio 3~19 (1987)

- 10) Jae-cheol Cho, Ju-seung Kim, Hal-bon Gu, The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, 9, 9, 964-968 (1996)
- 11) Sang-il Suk, Development of Low-voltage Performed phosphors, Korea Research Institute of Chemical Technology Ministry of Science and Technology (1996, 5)
- 12) 南壽龍, 李賢哲, 大坪泰文, 螢光体層のスリーン印刷と熱轉寫による平面モノクロム CRTの開発, 日本印刷學會誌 第39巻 第6号 (2002)
- 13) M. Quaas, C. Eggs, H. Wulff, "Structural studies of ITO thin films with the Rietveld method" Thin Solid Films. 332, 277-281 (1998)