



저온 소성형 PDP용 형광막 형성재료 및 공정

박 이 순, 송 상 무(경북대학교)

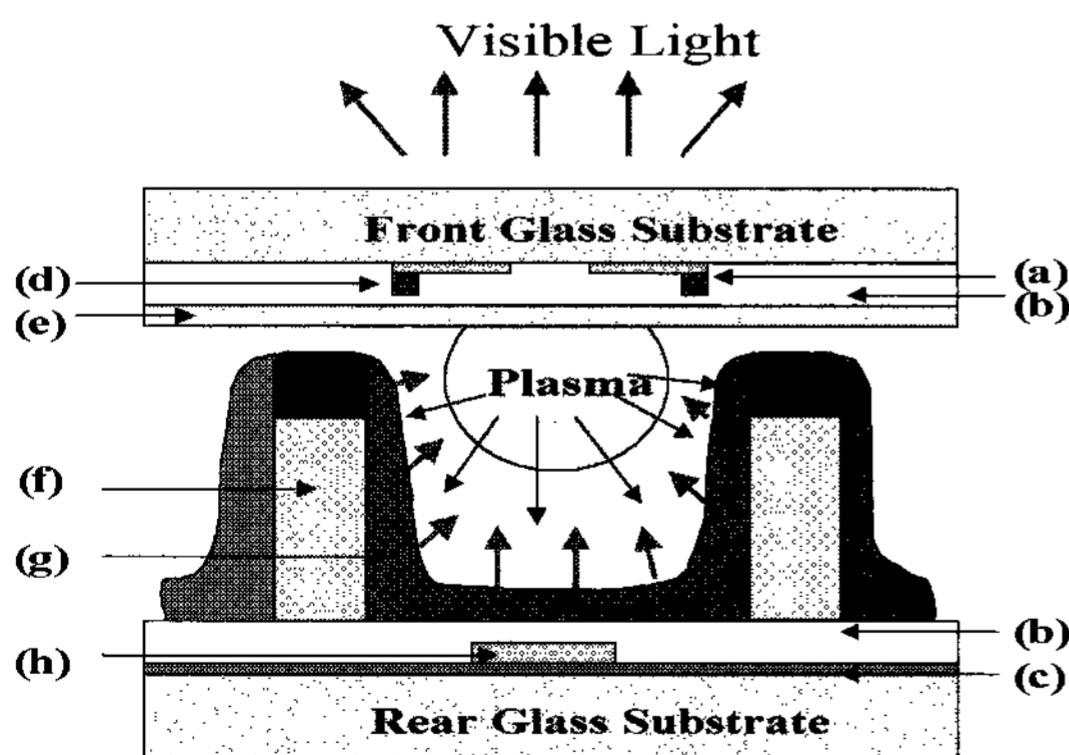
I. 서 론

평판표시장치 중의 하나인 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel, PDP)는 불활성 기체의 방전시 발생하는 플라즈마로부터 방출되는 진공자외선(파장 약 147nm)이 적, 녹, 청의 형광막에 충돌하여 가시광 영역의 적, 녹, 청색 광으로 바뀌는 현상을 이용한 평판디스플레이의 하나로서, full-color 표시가 가능하고, 빠른 응답속도를 가지며, 시야각이 넓고, 40인치 이상의 대형표시장치 구현이 용이하다는 점에서 고해상도 텔레비전(HDTV) 등 차세대 디스플레이의 하나로 주목을 받고 있다.^[1-5]

〈그림 1〉은 Fujitsu사가 개발한 AC PDP 패널의 기본 구조를 나타낸 것으로서 상·하 유리 기판 사이에 전극, 유전층, 보호층, 격벽 및 형광막 등이 구성되어 있다.^[6-7] PDP의 형광막은 PDP의 하부 유리기판 위에 200 μm ~300 μm 마다 반복되는 높이 100 μm ~150 μm 의 격벽(barrier rib) 내부에 적, 녹, 청의 삼색을 낼 수 있는 형광체가 후막으로 부착되어 있는 형태로 되어있으며, PDP의 full-color화를 가능하게 하고, 패널의 휘도를 좌우하므로 PDP의 품질을 결정하는 중요한 요소로 작용한다.^[8]

PDP의 형광막 형성 방법으로는 패턴 인쇄(pattern screen printing)법, 전기영동(electrophoresis)법 및 사진식각(photolithography)법이 알려져 있다. 전기영동법의 경우 고해상도 PDP에 유망한 장점이 있으나 전착조의 액조성 관리가 어렵고 일정 두께 이상의 형광막을 얻기 어려운 단점 때문에 사용되지 않으며 현재에는 재료의 효율적 이용 및 공정의 단순성 때문에 인쇄법이 주로 사용되고 있으며 고해상도 대화면 PDP에 적합한 방법으로서는 액상의 감광성 형광체 페이스트를 이용한 사진식각법이 제안되고 있다.^[9-10]

PDP의 형광막 형성 전체 공정을 보면 격벽이 형성된 하부 유리 기판 위에 형광체 페이스트를 이용하여 형광체와 고분자 성분을 포함하는 복합체로 구성된 적, 녹, 청의 형광막 패턴을 제조한 후 고온의 소성 공정을 통하여 미세 패턴의 형광막 형성 기능을 담당했던 바인더 고분자 및 유기물 성분을 태워 없애고 무기물인 적, 녹, 청 삼색



- * Front glass는 편의상 90도 회전한 것임
- (a) Sustain Electrode (b) Dielectric Layer
- (c) Under Layer (d) Bus Electrode
- (e) Protection Layer (MgO) (f) Barrier Rib
- (g) Phosphor layer (R, G, B)
- (h) Address Electrode

〈그림 1〉 Structure of AC PDP

의 형광체 만으로 형성된 형광막을 얻는 과정으로 되어 있다.^[11-13]

형광체를 사용한 발광 표시장치의 경우 형광체는 fresh powder 자체의 특성이 100% 발휘되지 않고 형성 공정 및 발광 표시장치의 구동에 기인한 열화가 발생하게 된다. PDP의 경우 형광막 형성 공정에 기인한 열화는 페이스트 제조시의 기계적 충격과 페이스트 인쇄 후의 건조, 소성, 봉착, 배기 과정에서의 열적 충격으로 나눌 수 있다. PDP용 형광체는 황화물로 이루어진 CRT 형광체와는 달리 산화물계로서 기계적 충격에는 강한 반면 열적 충격에는 약하다. 특히 청색 형광체는 열 충격에 의한 열화 경향이 현저하게 나타난다고 알려져 있다.

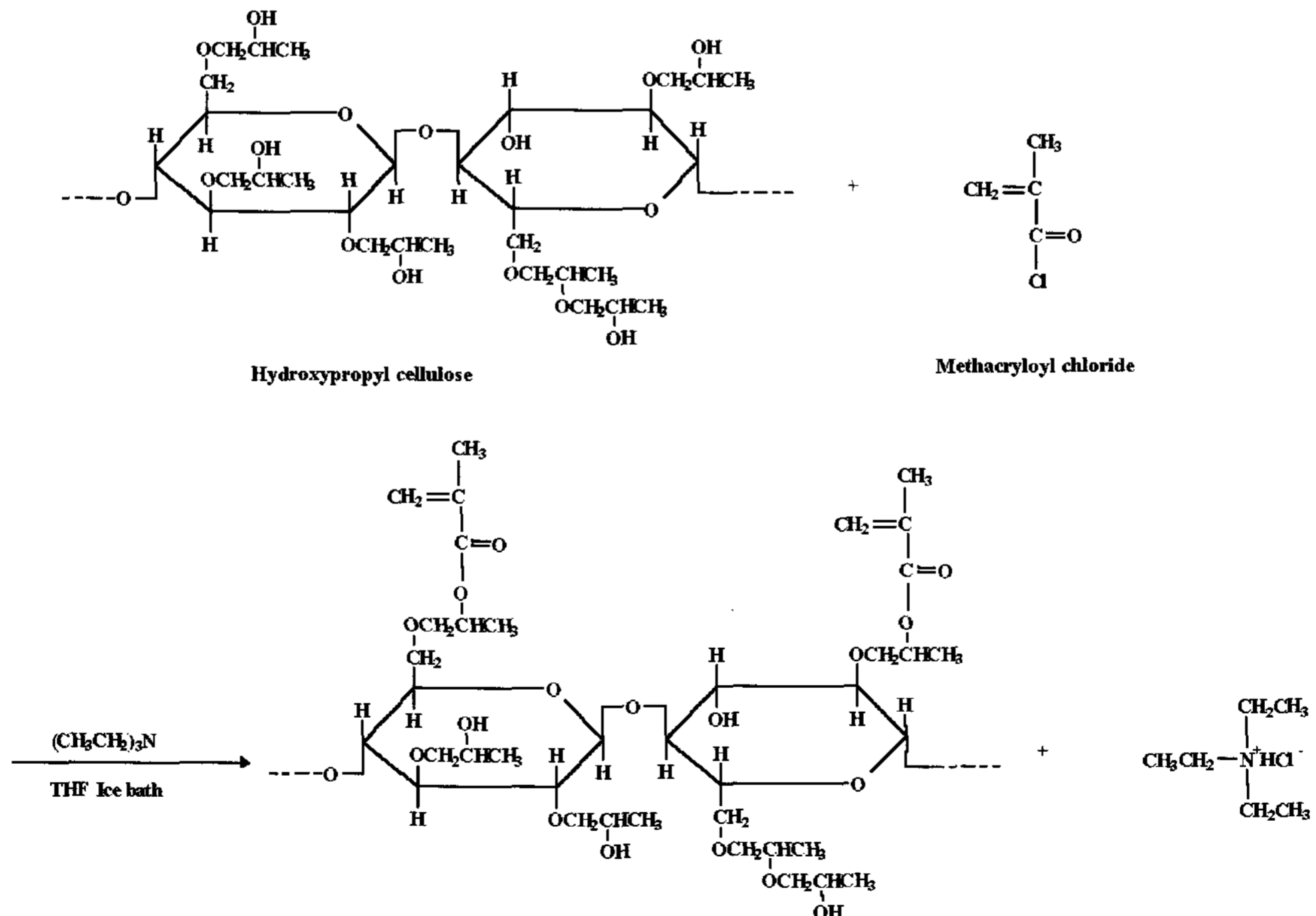
본고에서는 소성 온도를 고온으로 유도하는 원인이 되는 다관능성 올리고머 및 모노머를 대체할 수 있는 소수의 이중결합(double bond)을 가지는 관능성기(functional group)가 공유결합(covalent bond)으로 hydroxypropyl cellulose와 같은 수용성 cellulose 유도체에 결합

된 구조를 가지는 반응성 셀룰로오즈 유도체(reactive cellulose derivative) 화합물을 합성하였다. 그리고 이를 이용하여 저온에서 소성(firing)이 가능한 plasma display panel(PDP)의 형광체(phosphor) 박막 형성에 유용한 감광성 형광체 페이스트(paste) 조성물 그리고 이 감광성 형광체 페이스트를 이용하여 적, 녹, 청 삼색의 미세 형광체 박막 패턴(pattern)을 형성하는 공정 성질에 대하여 조사한 결과를 소개하고자 한다.

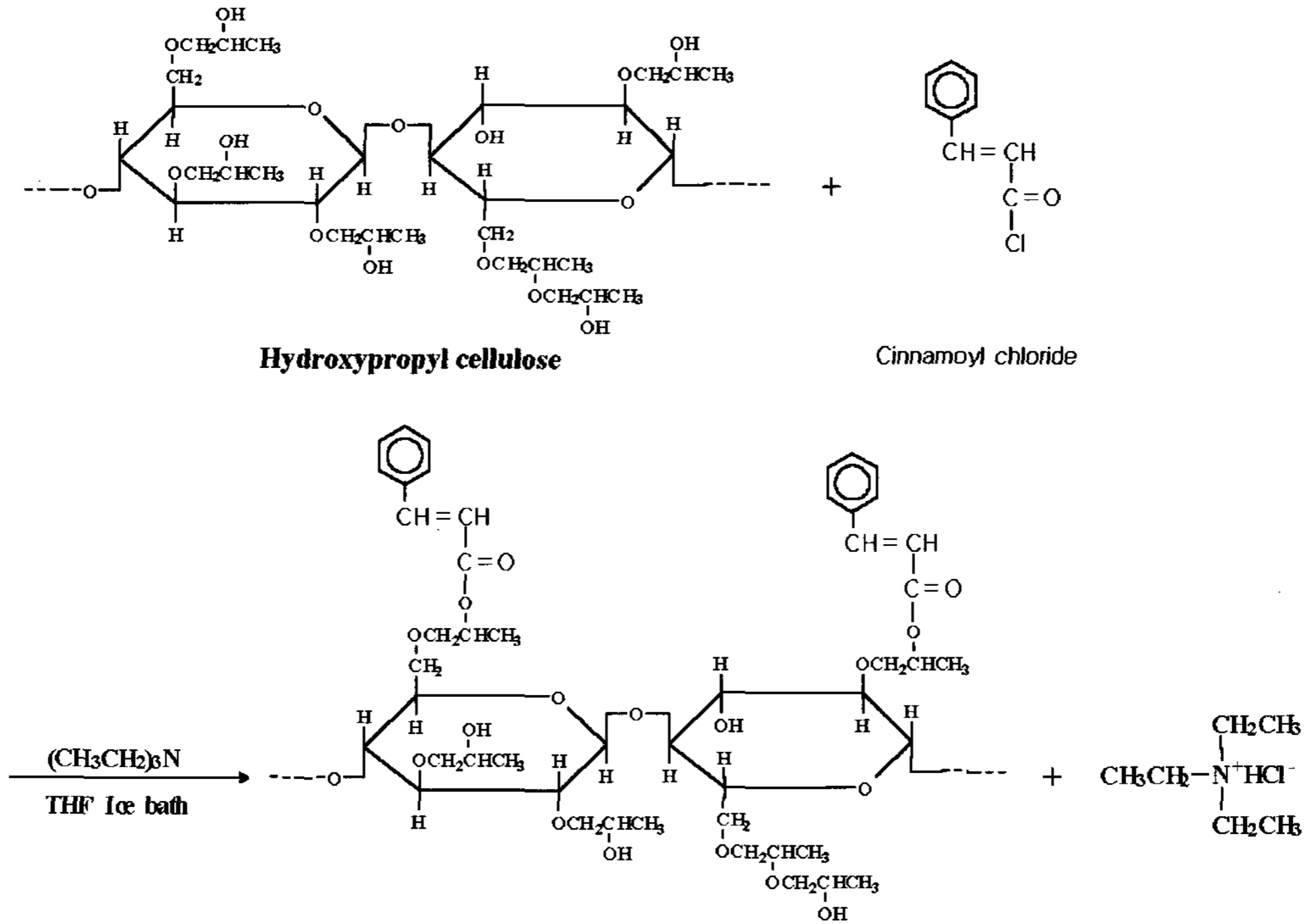
II. 바인더 고분자의 합성

1. 반응성 cellulose 유도체의 합성

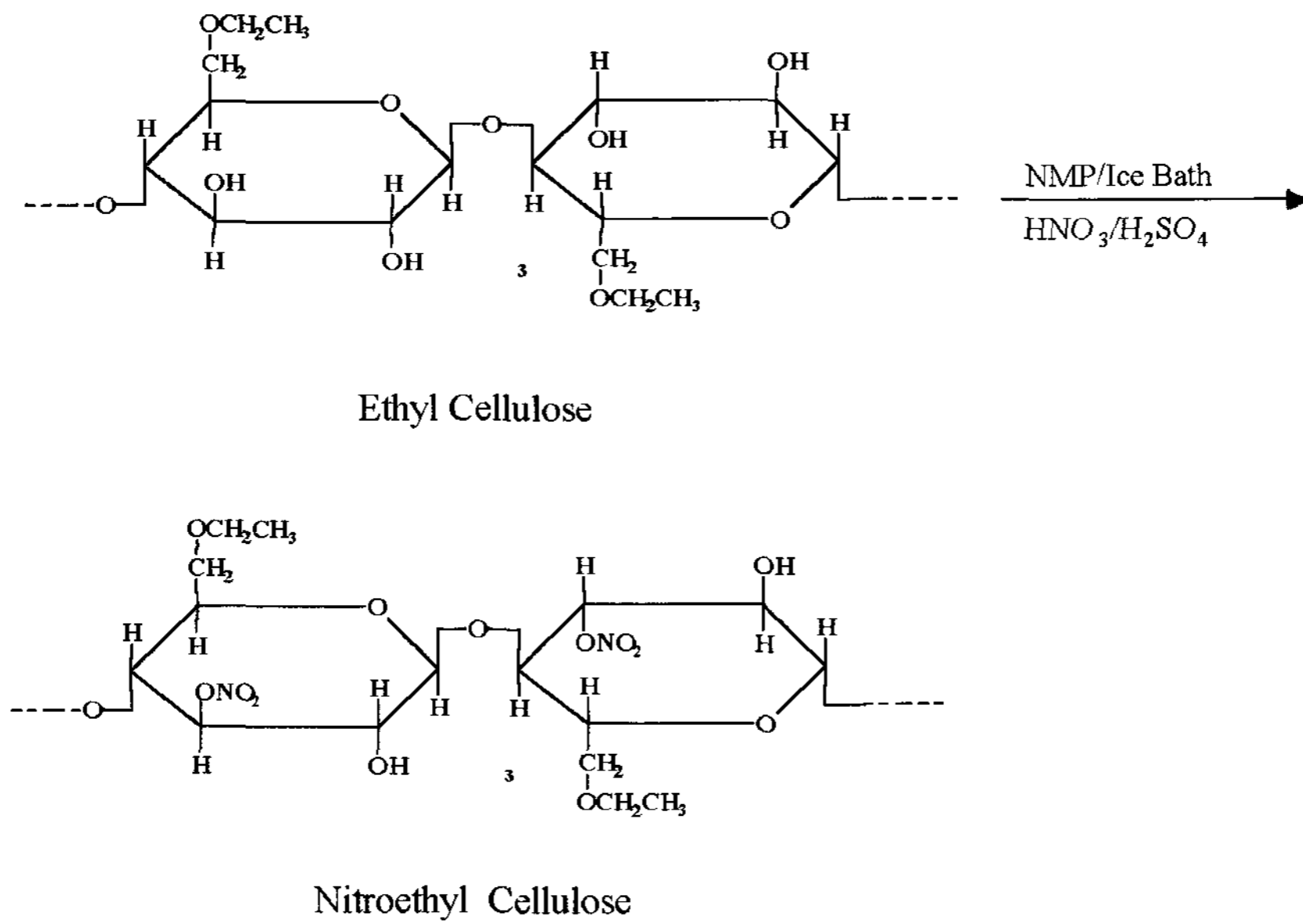
사진식각(photolithography)법으로 PDP의 미세 형광막 패턴을 얻는데 필요한 감광성 형광체 페이스트를 제조하기 위하여 감광성 바인더 고분자(photosensitive binder polymer)로 사용될 수 있는 반응성 cellulose 유도체를 제조하기 위해 <그림 2>에 보듯이 hydroxypropyl



<그림 2> Synthesis of MAC-HPC



<그림 3> Synthesis of CIN-HPC



<그림 4> Synthesis of nitroethyl cellulose

cellulose(HPC)를 methacroyl chloride와 반응시켜 반응성 셀룰로즈 유도체인 methacroyl-

hydroxypropylcellulose(MAC-HPC)를 얻었다. MAC-HPC는 바인더 고분자의 역할을 하

는 HPC의 hydroxyl기 중 소량이 이중결합을 가지는 치환기로 바뀌었으므로 바인더 고분자 및 다관능성 단량체의 역할을 동시에 수행할 수 있게 된다.

다음으로는 hydroxypropyl cellulose(HPC)를 cinnamoylchloride와 반응시켜 또다른 반응성 셀룰로즈 유도체인 cinnamoylhydroxypropylcellulose(CIN-HPC)를 얻었다. CIN-HPC의 합성 과정은 <그림 3>과 같으며 MAC-HPC와 같은 기능을 수행할 수 있다.

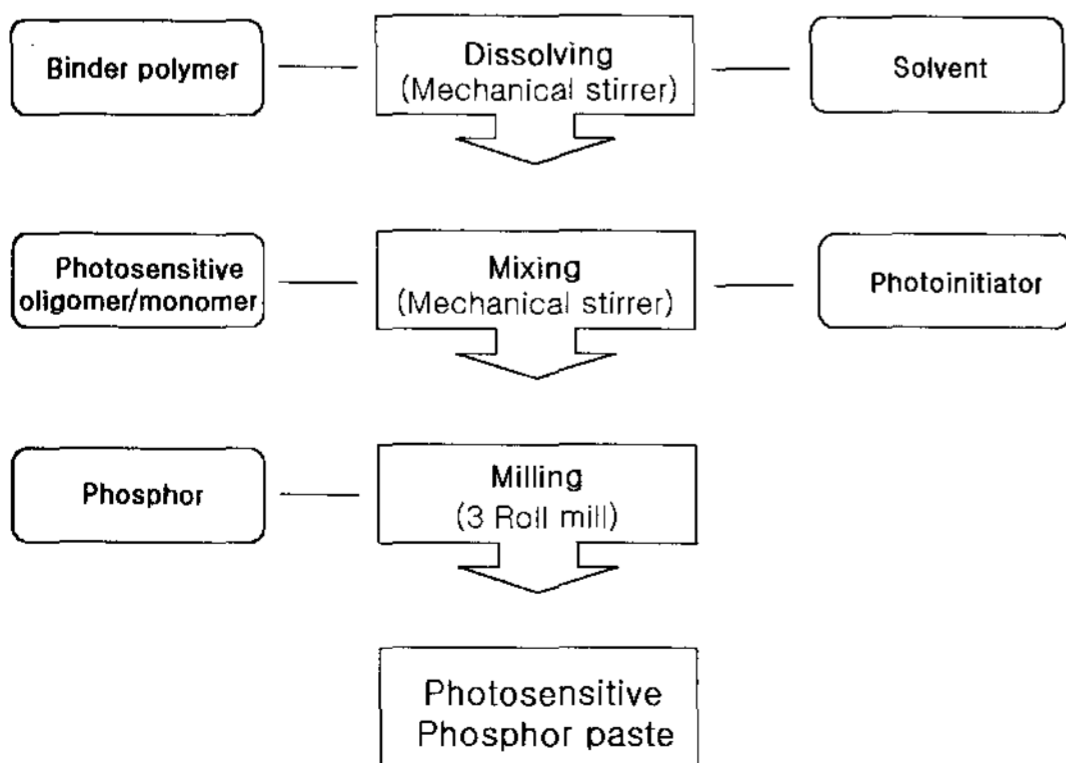
2. Nitroethyl cellulose의 합성

인쇄법으로 PDP의 형광막을 형성하는 데 필요한 바인더 고분자로서 저온 소성의 특성을 갖는 바인더 고분자인 니트로에틸 셀룰로오즈(nitroethyl cellulose, NEC)를 합성하였으며 과정을 <그림 4>에 나타내었다.

III. 형광체 페이스트의 제조

사진식각법으로 PDP의 형광막을 형성하는 감광성 형광체 페이스트는 바인더 고분자, 용매, 광개시제, 다관능성 단량체 및 형광체를 포함한 주성분과 광안정제, 가소제, 소포제, 분산제, 부착력증가제 등의 첨가제로 나눌 수 있다.

<그림 5>는 감광성 형광체 페이스트의 제조 공정을 도식화한 것이다. 먼저 적정 점도를 가지도



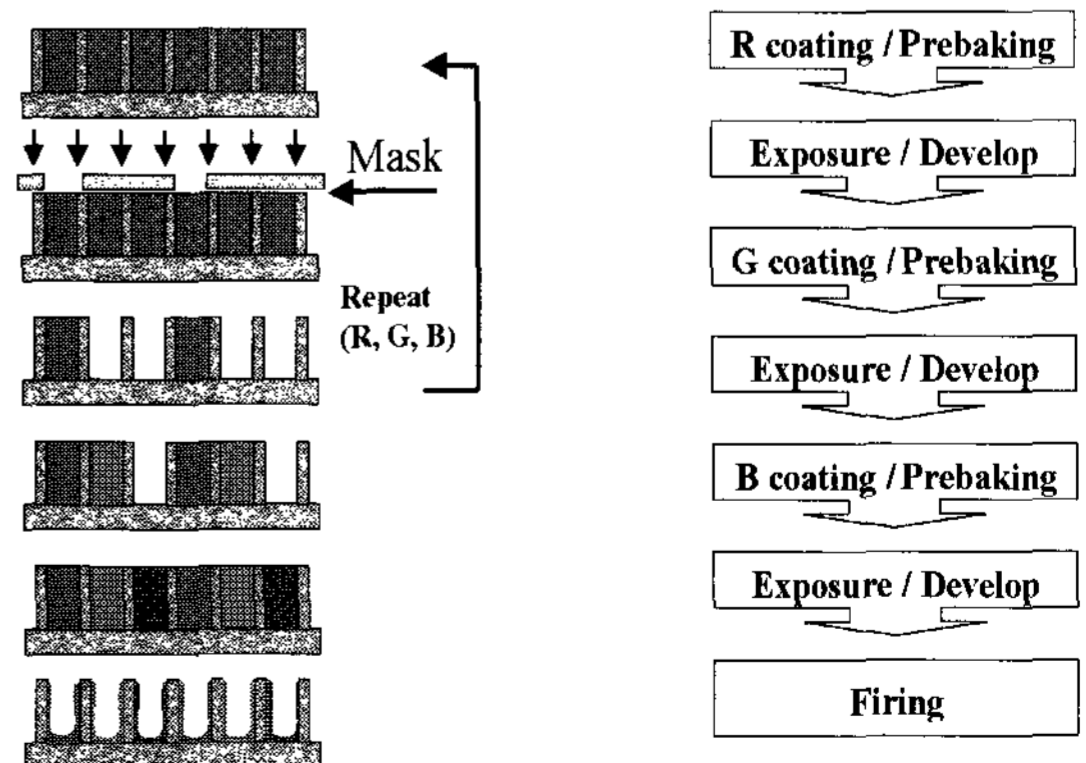
<그림 5> Preparation of photosensitive phosphor paste.

록 바인더 고분자를 용매에 용해시키고 광개시제, 다관능성 단량체 및 각종 첨가제를 혼합하여 액상의 고분자 용액(vehicle)을 제조한다. 다음 제조된 액상 고분자 용액에 형광체 분말을 투입하고 고속 교반기로 혼합한 후 3분 롤러로 형광체를 균일하게 분산시켜 감광성 형광체 페이스트를 제조하고 점도를 조절한다.

IV. 형광막 형성 공정 및 휘도 특성

1. 사진식각 공정

<그림 6>은 사진식각법을 이용하여 형광막 미세 패턴을 형성하는 공정을 나타낸 것으로 먼저 감광성 형광체 페이스트를 격벽이 형성된 PDP의 하부 유리기관 위에 인쇄기(screen printer)를 이용하여 전면 도포하고 건조한 다음 원하는 형광막 패턴이 형성된 photomask를 통하여 자외선으로 조사하여 감광성 형광체 페이스트의 광반응을 진행시킨 후 현상액으로 비노광 부위를 제거하는 현상 및 건조하는 공정을 적, 녹, 청 감광성 형광체 페이스트를 사용하여 반복함으로써 형광막 미세 패턴을 완성함을 보여주고 있다. 다음으로 적, 녹, 청 삼색의 형광막 패턴 내에 포함된 바인더 고분자를 열분해하여 제거하는 소성 공정을 통하여 적, 녹, 청 삼색의 무기물 형광체만으로 형성된 형광막을 얻을 수 있다.



<그림 6> Photolithographic method of phosphor patterning by using photosensitive phosphor paste.

앞에서 합성된 감광성을 가진 반응성 바인더 고분자 중에서 MAC-HPC는 UV 광 개시제가 광을 받아 분해되면서 생성된 자유 라디칼에 의해 반응성 바인더 고분자내에 있는 acryloyl기가 중합을 일으켜 3차원 망상구조를 이루는 광중합형으로서 negative photoresist에 해당한다. 현재 cinnamoyl chloride로부터 합성된 반응성 바인더 고분자인 CIN-HPC는 광개시제가 없어도 바인더 고분자 내에 있는 cinnamoyl기가 (2+2) 광이량화 반응에 의해 3차원 망상구조를 이루는 광가교형으로서 역시 negative photoresist형에 속한다.

감광성 형광체 페이스트를 제조하기 위한 반응성 바인더 고분자로는 광중합에 의해 형광막 패턴이 생성될 수 있는 조건과 현상 공정에서 순수에 대한 현상성 및 페이스트 제조시에 용매에 대한 용해성을 고려하여 hydroxypropyl cellulose의 반복단위인 glucose 내의 OH functional group의 치환도(D.S.)가 0.15 정도인 MAC-HPC와 CIN-HPC가 적합함을 확인하였다. 용매로는 형광체 분말의 분산이 용이하고 감광성 형광체 페이스트의 thixotropy성이 잘 나타나는

용매를 사용하였다.

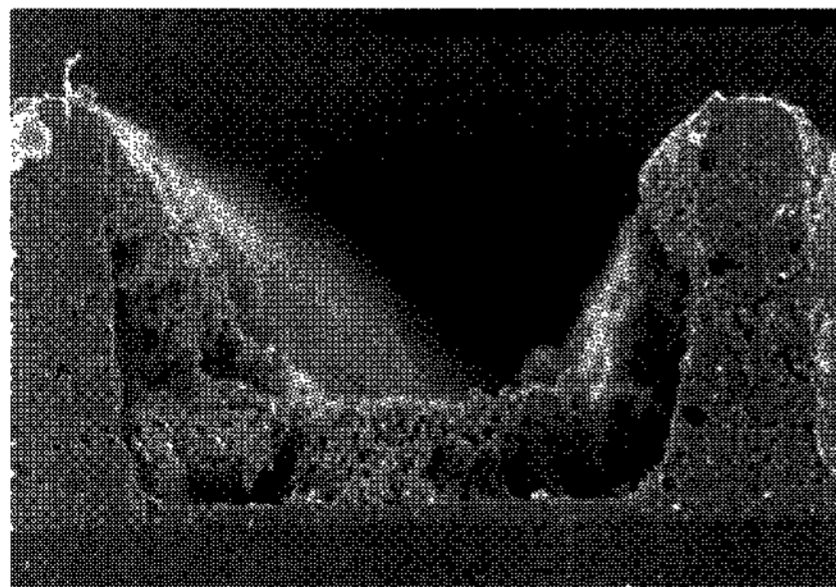
〈표 1〉은 두 반응성 바인더 고분자 MAC-HPC 및 CIN-HPC를 이용한 대표적인 감광성 형광체 페이스트 조성을 보여 주고 있다.

〈표 1〉에 나타낸 formulation으로 제조된 감광성 형광체 페이스트를 격벽이 형성된 하판 유리 위에 screen printer를 이용하여 전면 도포, 건조 후 노광시켜 광반응을 진행시켰다. 다음 현상액으로 비노광 부위를 제거하고 건조하여 형광막 패턴을 얻었으며 이의 단면 SEM 사진을 〈그림 7〉에 나타내었다.

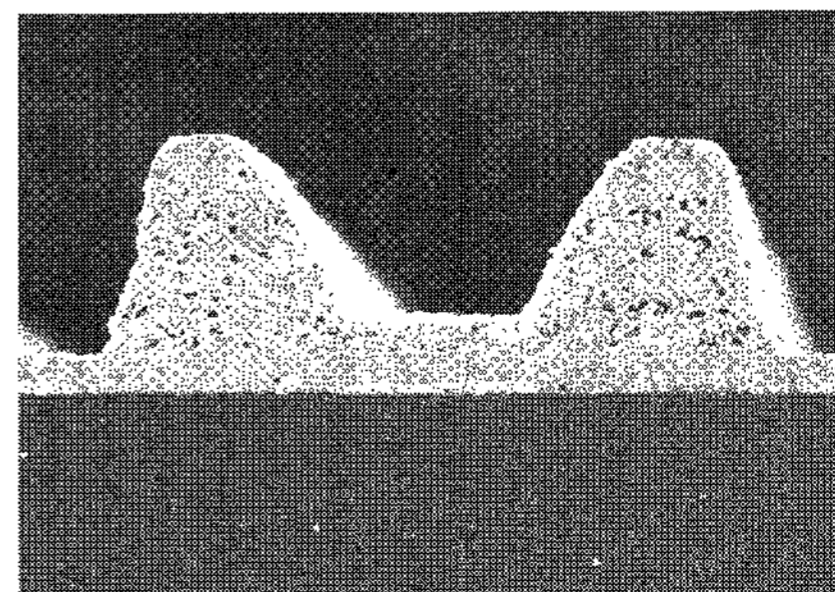
〈그림 7(a)〉의 경우 UV광에 의해 cinnamoyl기가 (2+2) 광이량화 반응을 일으켜 가교를 생성하므로 광개시제가 필요없다. 그러나 이러한 감광제는 UV광에 의해 직접 조사되어야만 반응이 진행되게 된다. 따라서 UV광에 의한 패턴 형성이 수 μm 정도의 두께를 가지는 경우에는 유용하나, 형광막과 같이 수 십 μm 정도의 후막이 될 경우 UV광이 직접 조사되지 않는 형광체 덩어리의 아래 부분에는 광에너지가 약해지며 따라서 유리 기판과 형광막과의 접촉 부분에서는 광가교가 일어나지 않게 되는 현상이 발생

〈표 1〉 Typical photosensitive phosphor paste composition

Photosensitive phosphor paste	Paste Composition (g)			
	Binder polymer	Solvent	Photoinitiator	Phosphor
P-1	CIN-HPC 1	4		5
P-2	MAC-HPC 1	4	0.3	5



(a)



(b)

〈그림 7〉 SEM photograph of phosphor layers made with
(a) CIN-HPC and (b) MAC-HPC photosensitive binder polymers.

되게 된다. 따라서 현상시 현상액에 의해 유리 기판 부근의 가교되지 않은 부분이 팽윤 혹은 용해되어 형광막이 소실되는 현상이 나타났다.

〈그림 7(b)〉의 경우는 MAC-HPC 내에 있는 acryloyl가 광개시제에 의해 형성된 라디칼에 의해 반응하는 광중합형 감광성 형광체 페이스트이므로 감광제가 UV광에 의해 직접 조사되지 않아도 개시제에 의해서 생성된 라디칼에 의해 반응이 순차적으로 진행되므로 수십 μm 정도의 후막에서도 깨끗한 형광막 패턴을 형성할 수 있다.

감광성 형광체 페이스트의 반응성 바인더 고분자로서 후막의 형광막 패턴 형성이 가능한 MAC-HPC를 선정하고 〈표 2〉와 같이 바인더 고분자 대비 광개시제의 양을 변화시켜 감광성 형광체 페이스트를 제조하고 사진식각 공정 특성을 조사하였다. 〈그림 8〉에 개시제의 양을 달리 한 감광성 형광체 페이스트를 사용하여 얻은 형광막 패턴의 형상을 나타내었다. 감광성 바인더 고분자 대비 개시제의 양이 10%인 M-1의 경우 개시제 함량이 부족하여 광반응이 완전히 진행되지 못하고 현상시 형광막 패턴이 소실되었으나

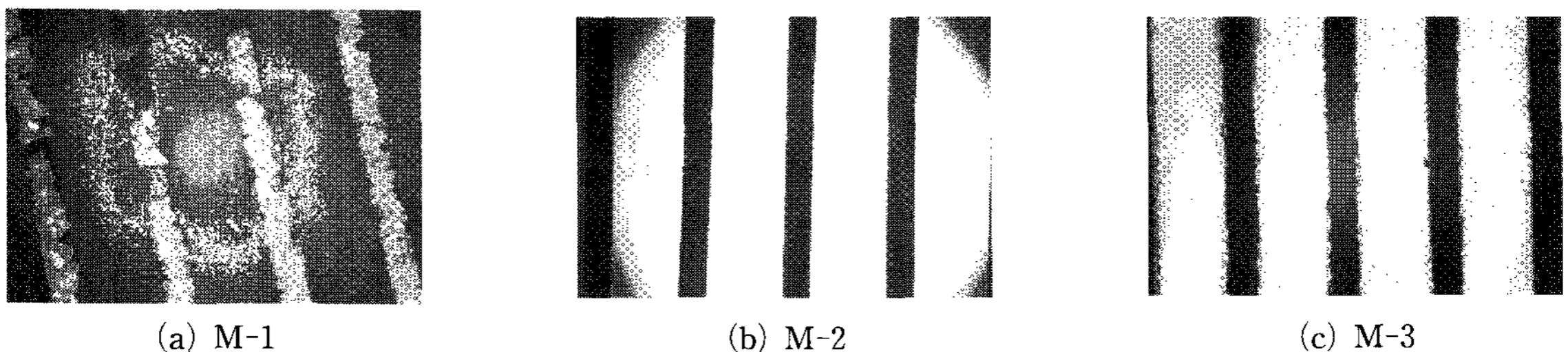
광개시제 함량이 바인더 고분자 대비 30%일 때는 M-2에서 보듯이 형광막의 형상 및 유리 기판과의 부착력이 우수하게 나타났다. M-3과 같이 개시제의 양이 바인더 고분자 대비 50% 이상으로 많을 경우 형광막의 폭이 증가되거나 현상에 어려움을 나타내었다.

〈표 2〉의 M-2와 같은 조합으로 vehicle을 조합하고 vehicle 대비 형광체 분말의 양을 변화시켜가며 감광성 형광체 페이스트를 제작하고 격벽이 형성된 유리기판 위에 사진식각법으로 형광막 패턴을 형성하여 SEM으로 관찰한 모습을 〈그림 9〉에 나타내었다.

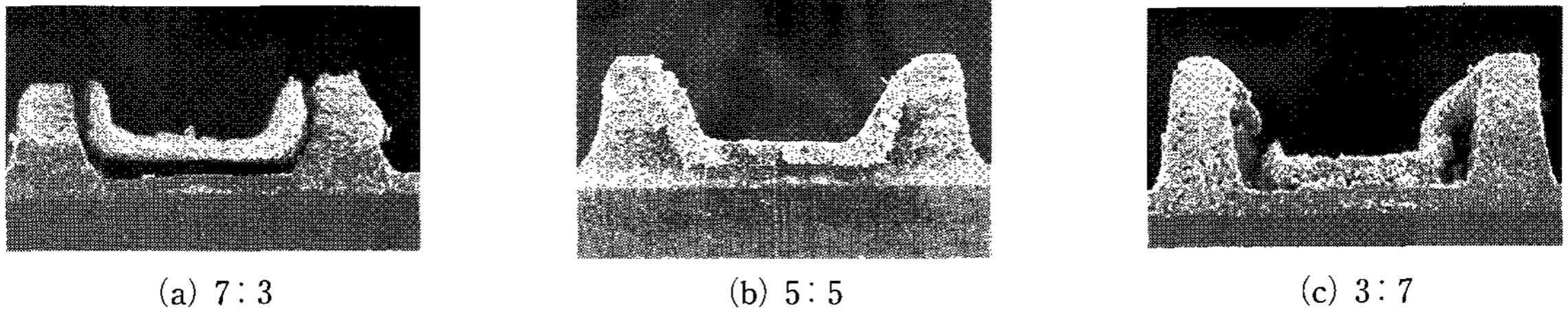
반응성 바인더 고분자, 용매, 개시제로 형성된 감광성 고분자 vehicle 대비 형광체 분말의 무게비가 7:3인 경우는 소성 후 제거되는 유기물의 양이 잔류하는 형광체 powder에 비해 너무 많기 때문에 〈그림 9〉의 (a)에서와 같이 형광막이 제대로 형성되지 않았으며 vehicle 대비 형광체 분말의 비가 3:7인 경우 패턴을 형성하는 vehicle의 양이 부족하여 (c)와 같이 가교 밀도가 낮아 현상시 형광막 패턴이 소실되었다. Vehicle 대비 형광체 분말의 비가 5:5인 (b)의 경우는

〈표 2〉 Photosensitive phosphor paste composition with different amount of photoinitiators

Photosensitive Phosphor Paste	Paste Compositions(g)			
	Binder polymer	Solvent	Photoinitiator	Phosphor
M-1	1	4	0.1	5
M-2	1	4	0.3	5
M-3	1	4	0.5	5
M-4	1	4	0.7	5



〈그림 8〉 Photograph of phosphor layer patterned with different amount of photoinitiator.



〈그림 9〉 Photograph of phosphor layer fabricated with different amount of phosphor powder.

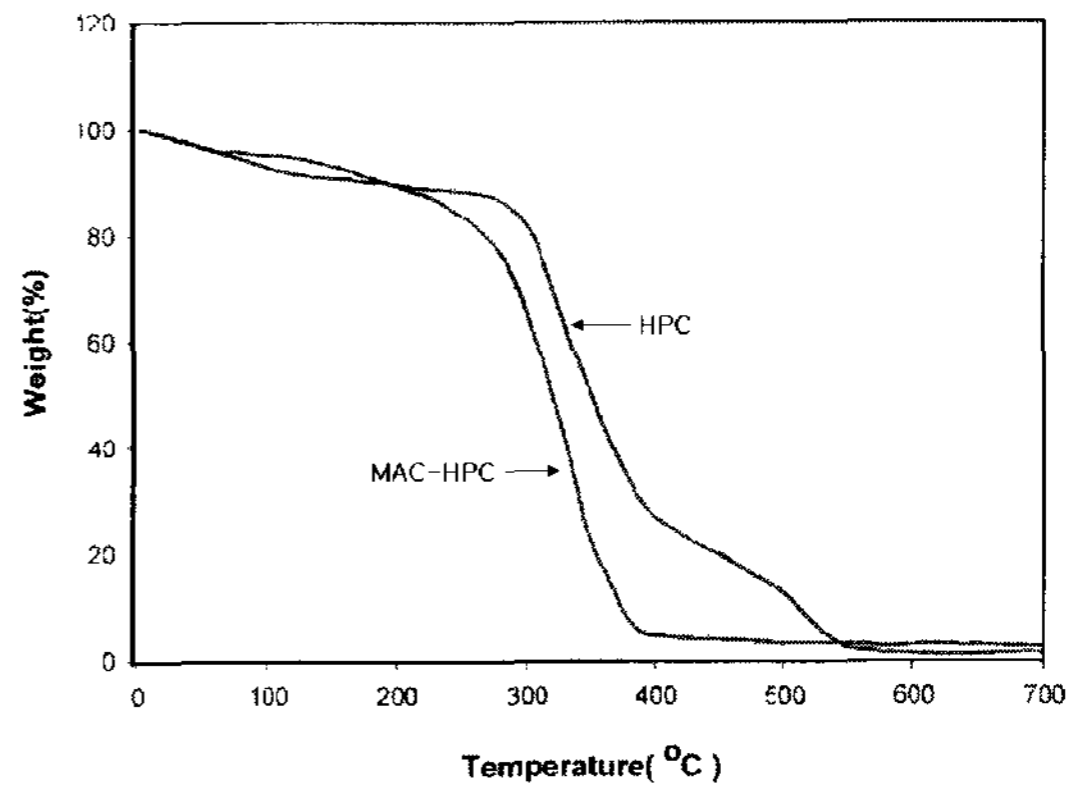
형광막 패턴 형성 능력이 우수하였으며 소성후 형광막의 두께도 15-19 μm 정도로 양호하게 나타났다.

2. 소성 공정

MAC-HPC 반응성 바인더 고분자를 사용한 감광성 형광체 페이스트의 소성 조건을 조사하기 위하여 〈표 3〉에서와 같이 MAC-HPC, 용매 그리고 광개시제를 사용하여 만든 고분자 용액(vehicle)과 다관능성 monomer, 감광성기가 없는 바인더 고분자(HPC), 용매 그리고 광개시제를 사용하여 만든 고분자 용액(vehicle)을 screen printer를 이용하여 유리 위에 전면 도포, 건조한 후 UV광을 조사하여 가교된 필름을 형성시키고 이를 박리한 다음 TGA로 열분해 특성을 조사하여 〈그림 10〉에 나타내었다.

〈그림 10〉에 나타낸 바와 같이 감광성기가 없는 바인더 고분자와 다관능성 모노머를 포함한 vehicle을 사용하여 얻은 필름(HPC)은 감광성기가 없는 바인더 고분자 성분 자체는 비교적 낮은 온도에서 열 분해되나 다관능성 올리고머 및 모노머가 광중합하여 형성된 3차원 망상 구조의 고분자 집합체는 약 520°C에 이르는 고온에서 열 분해됨을 알 수 있었다.

한편 MAC-HPC 반응성 셀룰로오스 유도체



〈그림 10〉 TGA thermogram of films made from photosensitive vehicles.

를 포함한 감광성 고분자 vehicle를 이용하여 제조된 필름은 앞의 감광성기가 없는 바인더 고분자와 다관능성 단량체를 포함하는 감광성 고분자 용액(vehicle)과는 달리 3차원 망상 구조를 형성한 고분자 집합체의 주쇄(main chain)가 여전히 글루코오스(glucose) 반복 단위(repeat unit)를 가지고 있으므로 분해 온도가 약 400°C로 현저히 낮아지는 효과를 나타내었다. 따라서 이와 같은 반응성 셀룰로오스 유도체를 포함하는 광중합형 감광성 형광체 페이스트는 순수에 현상을 하여 적, 녹, 청 삼색의 형광막 미세 패턴을 형성하는 것이 가능할 뿐 아니라 소성 공정에서

〈표 3〉 Composition of photosensitive vehicle

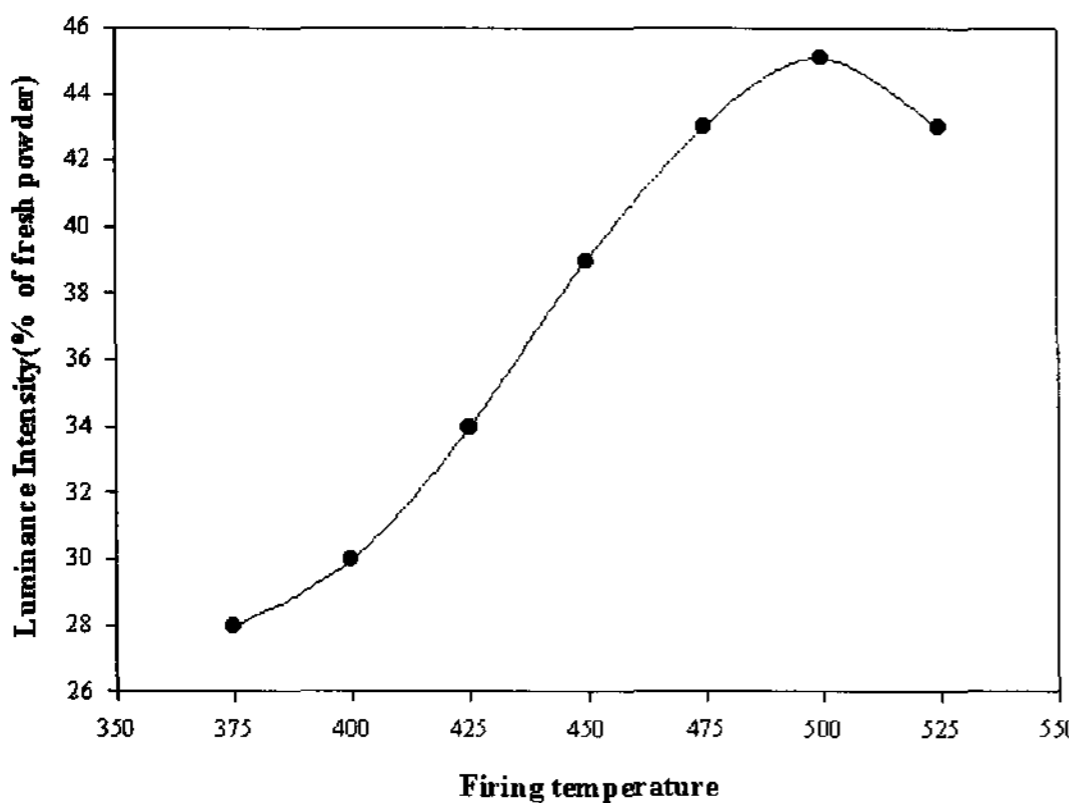
Photosensitive vehicle	Vehicle Composition(g)			
	Binder polymer	Solvent	Photoinitiator	Monomer(PETA)
MAC-HPC	1	4	0.3	
HPC	1	4	0.3	0.5

온도가 낮으므로 형광체의 열화를 방지하여 PDP의 휘도를 증가시키는 장점이 있음을 알 수 있다.

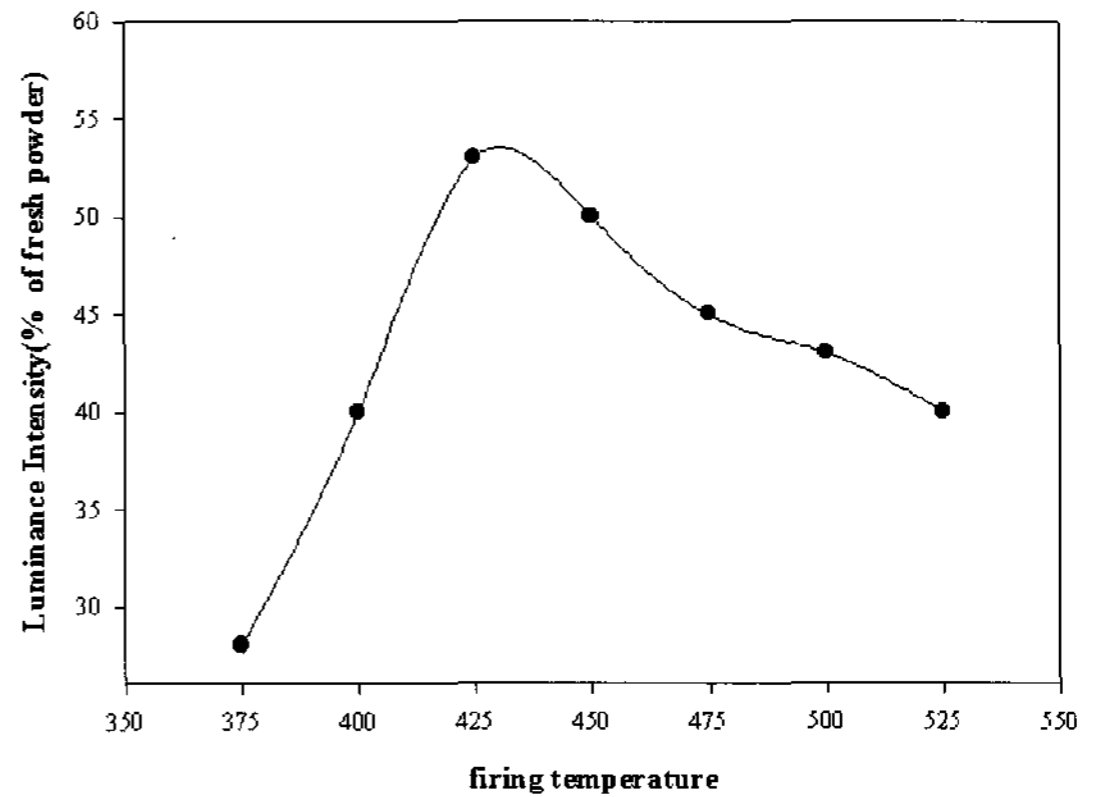
3. PDP 패널의 휘도

1) 저온소성형 감광성 형광체 Paste의 효과
 격벽이 형성된 유리 기판 위에 사진식각법으로 MAC-HPC 반응성 바인더 고분자를 포함한 감광성 형광체 페이스트를 이용하여 청색 형광체의 형광막을 형성한 다음 각 온도별로 소성하여 얻어진 PDP 패널을 형광막 휘도 측정 장치에 장착하고 플라즈마 방전시 나타나는 주 여기 파장인 147nm에 의한 휘도를 측정하였다.

<그림 11>은 감광성이 없는 바인더 고분자와 다관능성 단량체를 사용한 상용품 감광성 형광체 페이스트로 제작된 PDP 패널의 휘도 측정 결과이다. 청색 형광체를 사용하여 얻은 이 PDP 패널의 휘도는 소성 온도가 500°C 인 경우가 최고 휘도를 나타내었는데 이것은 소성온도가 500°C 이하에서는 유기물의 잔류에 의한 out gasing 형상에 의해 휘도가 낮게 나타나고 500°C 이상에서는 청색 형광체 자체가 고온에 의한 열화로 휘도가 감소한 것으로 해석하였다. 그러나 MAC-



<그림 11> Luminance intensity vs firing temperature plot of PDP panel made with phosphor paste containing photosensitive binder polymer and photocrosslinkable monomers.

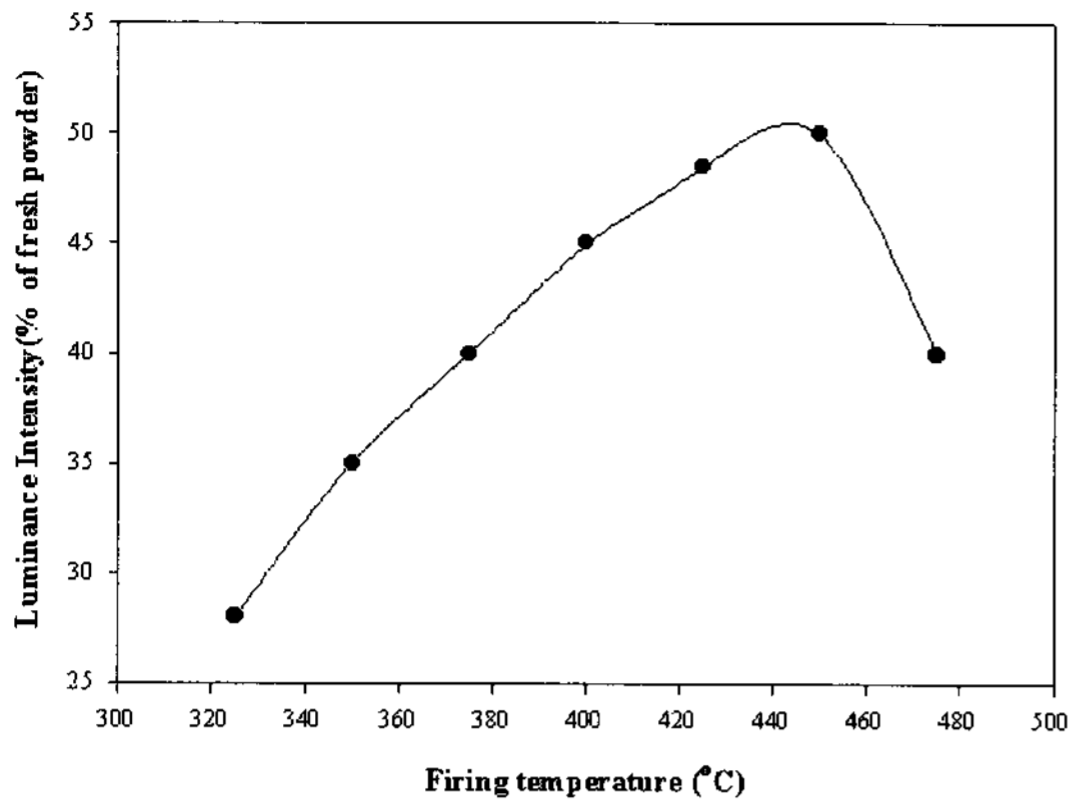


<그림 12> Luminance intensity vs firing temperature plot of PDP panel made with phosphor paste containing photosensitive binder polymer.

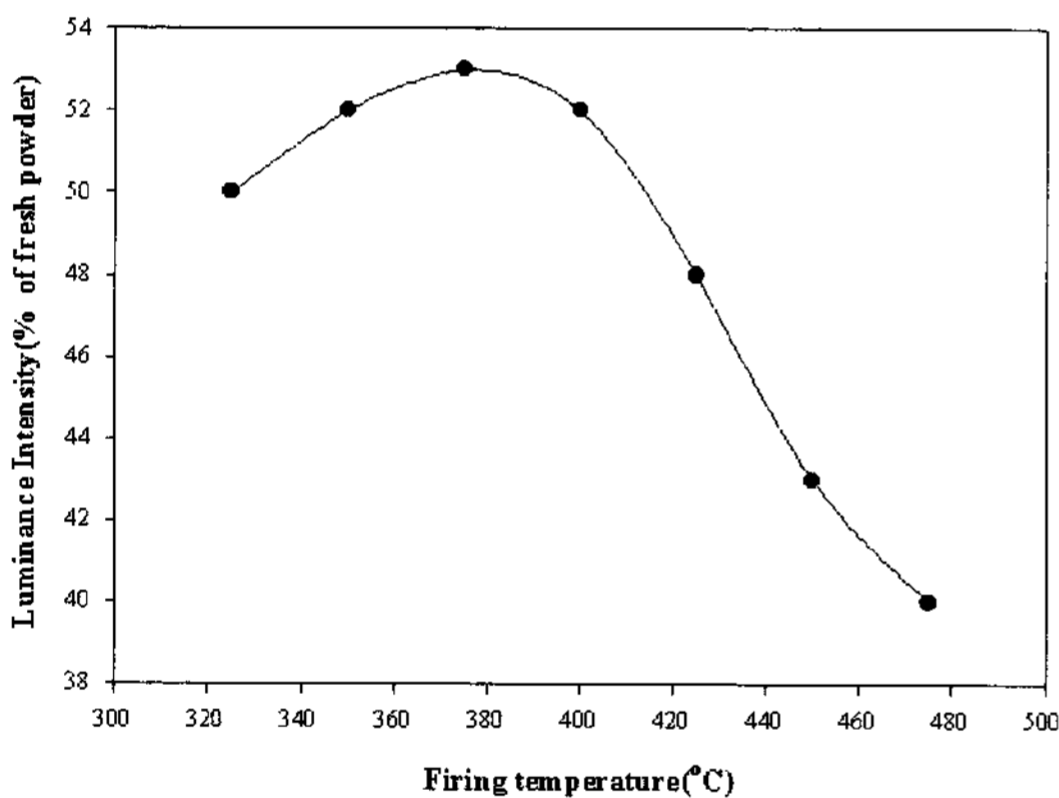
HPC 반응성 바인더 고분자를 사용한 감광성 형광체 페이스트로 부터 얻어진 청색 형광체 PDP 패널은 <그림 12>에서 보듯이 소성온도가 425°C 일 경우 휘도가 최대로 나타났다. 두 PDP 패널의 휘도 최고치 비교에서도 상용품은 청색 형광체 fresh powder 대비 45% 이하이었으나 MAC-HPC 반응성 바인더 고분자를 이용한 형광체 페이스트로 제조된 패널은 청색 형광체 fresh powder 대비 53% 정도로 휘도가 높게 나타났다.

2) 저온 소성형 인쇄형 형광체 Paste의 효과
 새로이 합성된 nitroethyl cellulose(NEC) 및 통상 사용되는 ethyl cellulose(EC)를 바인더 고분자로 하고 혼합 용매에 바인더 고분자를 용해하여 vehicle을 제조하고 여기에 청색 형광체 분말을 분산시켜 인쇄용 청색 형광체 페이스트를 제조하였다. 이렇게 제조된 형광체 페이스트를 격벽이 형성된 하판 유리기판 위에 screen printer를 사용하여 도포, 건조하여 형광막 패턴을 형성한 다음 여러 온도를 달리하여 소성하였다. 소성 후 얻어진 PDP 패널을 휘도 측정 장비에 장착하고 주 여기 파장인 147nm에 의한 휘도를 측정하였다

<그림 13>은 사용한 상용품 형광체 페이스트와



〈그림 13〉 Luminance intensity vs firing temperature plot of PDP panel made with phosphor paste containing EC as binder polymer.



〈그림 14〉 Luminance intensity vs firing temperature plot of PDP panel made with phosphor paste containing NEC as binder polymer.

같이 EC를 바인더 고분자로 사용하여 제작된 청색 형광막의 휘도 측정 결과로 소성 온도가 450°C일 때 형광체 fresh powder 대비 휘도가 50%로 가장 높게 나타났다. 새로이 합성된 저온 소성형 바인더 고분자인 NEC를 이용한 형광체 페이스트로 제작된 청색 형광막의 휘도 측정에서는 〈그림 14〉에 나타난 바와 같이 소성 온도가 375°C일 경우 휘도가 최고로 나타났으며 형광체 fresh powder 대비 휘도가 55%로 EC를 사용한 형광체 페이스트로 제작된 형광막 보다 낮은 소성 온도에서 더 높은 휘도가 나타남을 알 수

있었다.

V. 결 론

PDP (Plasma Display Panel)의 형광막 형성 공정에 있어서 소성 온도가 고온으로 됨에 따라 나타나는 형광막의 휘도 감소를 방지하기 위하여 hydroxypropyl cellulose (HPC)에 methacryloyl기를 도입한 반응성 바인더 고분자 (MAC-HPC)를 합성하였다. 또 인쇄 (screen printing)법에 의한 형광체 페이스트의 바인더 고분자로 사용되는 ethyl cellulose (EC)에 nitro기를 도입한 nitroethyl cellulose 바인더 고분자 (NEC)를 합성하였다. 새로이 합성된 바인더 고분자들을 이용하여 형광체 페이스트들을 제조하고 이들의 형광막 형성 공정 성질 및 제작된 형광막 패널의 휘도 특성에 대하여 조사를 하였으며 중요한 결론은 다음과 같다.^[33]

1. 광가교형 반응성 바인더 고분자인 CIN-HPC를 사용한 감광성 형광체 페이스트는 형광막 형성시 UV광이 직접 조사되지 않는 부분에서는 광가교가 충분히 일어나지 않아 현상시 현상액에 의해 가교 되지 않은 부분이 팽윤 혹은 용해 되어 형광막이 소실되는 현상이 나타났다.
2. 광중합형 반응성 바인더 고분자인 MAC-HPC를 사용한 감광성 형광체 페이스트는 우수한 형광막 패턴 형성 능력을 나타낼 뿐 아니라 425°C 정도의 저온에서 소성이 가능하여 제조된 형광막 패널이 기존의 감광성기를 가지지 않는 바인더 고분자와 다관능성 단량체를 사용한 감광성 형광체 페이스트보다 우수한 휘도 특성을 나타내었다.
3. Ethyl cellulose에 nitro기를 도입하여 열분해 온도를 낮춘 바인더 고분자인 NEC (nitroethyl cellulose)를 합성하고 인쇄 공정에 적절한 유변학적 특성을 가지도록 BC와 BCA를 혼합용매로 사용하여 저온 소성형 인쇄용 형광체 페이스트를 제조할 수 있었다.

4. NEC를 바인더 고분자로 사용한 인쇄용 형광체 페이스트는 우수한 형광막 패턴 형성 능력과 375°C 정도의 저온에서 소성이 가능하여 제조된 형광막 패널이 기존의 EC를 바인더 고분자로 사용한 인쇄용 형광체 페이스트보다 우수한 휘도 특성을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] The Korean Information Display Society, Vol.1, No.1, 2000
- [2] Takehiro Kojima, "Technology & Materials of Color Plasma Display Panel", Shiomusi, p. 3-17(1996)
- [3] 堀進, "最新 플라즈 마디스플레이 製造技術", Press Journal, p. 49-53(1997)
- [4] 村上 宏, "Technology & Materials of Color Plasma Display Panel", Shiomusi, p.18-38(1996)
- [5] 新莊清和, "플라즈 마디스플레이의 新展開", TRC Research Center, p.1-32(1996)
- [6] "Flat Panel Display", PDP Technology, p.202-207(1997)
- [7] 阪本 進, "Technology & Materials of Color Plasma Display Panel", Shiomusi, p. 88-95(1996)
- [8] 佐野 康, "最新 플라즈 마디스플레이 製造技術", Press Journal, p.108-110, p.173-180(1997)
- [9] 阪本 進, "패널 製造技術と 스크린 印刷", ptonics, No.6, p.135-142(1997)
- [10] 小石 川淳, "Technology & Materials of Color Plasma Display Panel", Shiomusi, p.97-102(1996)
- [11] 律田 國臣, "最新 플라즈 마디스플레이 製造技術", Press Journal, p. 248-251(1997)
- [12] "PDP의 브러시벨트 形成 프로세스", 月刊 LCD Intelligence 8월, p. 52-55(1997)
- [13] 出水 可, "最新 플라즈 마디스플레이 製造技術", Press Journal, p.252-254(1997)
- [14] L.S.Park, "Plasma Display용 신 부품·재료", Prospectives of Industrial Chemistry, Vol.2, No.2(1999)
- [15] 坂井 徹男, "最新 플라즈 마디스플레이 製造技術", Press Journal, p.30-32(1997)
- [16] W. S. DeForest, "Photoresist", p.19-62(1975)
- [17] George A. Agoston, "Color Theory and Its Application in Art and Design", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p57(1979)
- [18] John Watkinson, "Television Fundamentals", Focal Press, p.51(1996)
- [19] Armost Resist, "Photoreactive Ploymer" John Wiley & Sons, p.102-177(1989)
- [20] Armost Resist, "Photoreactive Ploymer" John Wiley & Sons, p.14-16(1989)
- [21] H. S. Oh, L. S. Park, Proc. ASIA Display 98, p.523(1998)
- [22] Armost Resist, "Photoreactive Ploymer" John Wiley & Sons, p.102-177(1989)
- [23] 律田 國臣, "最新 플라즈 마디스플레이 製造技術", Press Journal, p. 248-251(1997)
- [24] J.M.Bae, K.M.Kim, K.N.Kim, H.C. Kim, "Effects of Curing Mode on the Degree of Conversion of Composite Resins and Components Using FT-IR", J. Korean Res. Soc. Dent. Mater. 25(I), 119-123(1998)
- [25] Christian Decker, Khalil Moussa, "Light-induced co-polymerization with difunctional oligomers", Makromol. Chem. 192, 507-522(1991)

- [26] Christian Decker, Khalil Moussa, "Light-induced polymerization", Makromol. Chem. 11, 519-167(1990)
- [27] Elena Selli, "Radiation Curing in Polymer Science and Technology", elsevier Applied Science, Vol.Ⅲ, p.1-11(1993)
- [28] C.Decker. B.Elzaouk, "Laser-Induced Crosslinking Polymerization of Acrylic Photoresists", J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed., 21, 1451(1983)
- [29] 浜田 康夫, "最新 プラズ マディスプレイ 製造技術", Press Journal, p.277-281 (1997)
- [30] "저온소성이 가능한 플라즈마 디스플레이 패널용 인쇄용 페이스트 조성물", 박이순, 오현식, 김순학, 대한민국특허 등록번호 제 301134호 (등록일자: 2001. 06. 21)