

가스압력을 이용한 형광막 프린팅 공정에 관한 연구

A Study on Phosphor Printing Process of Plasma Display Panel using Gas Pressure

*#이재학¹, 이창우¹, 하태호¹, 송준엽¹, 유중돈²

*#J. H. Lee(jaehak76@kimm.re.kr)¹, C. W. Lee¹, T. H. Ha¹, J. Y. Song¹, C. D. Yoo²

¹ 한국기계연구원, ² 한국과학기술원

Key words : phosphor printing, plasma display panel, flow rate, gas pressure

1. 서론

PDP는 LCD에 비해 시야각이 넓고 구조가 간단하여 대형화가 유리 하며 수명이 길고 응답 성능이 매우 빠르다는 장점이 있지만, LCD의 발광 효율이 2~3.5lm/W 인데 반해 PDP는 1.2lm/W로 효율이 낮은 단점이 있다. 따라서 PDP의 고효율화, 저가격화, 고정세화를 이루기 위한 많은 연구가 진행되고 있다[1].

PDP의 구조 및 발광 원리는 Fig.1과 같다. PDP는 크게 상판과 하판으로 나뉘고 상판의 버스 전극에 높은 전압을 인가하면 방전에 의해 진공 플라즈마가 발생한다. 이때 발생하는 진공 자외선이 하판의 격벽에 도포 되어 있는 RGB 형광체에 조사되어 가시광선을 발생시켜 화상을 구현한다.

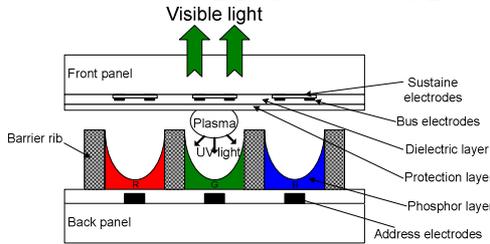


Fig.1 Schematic of plasma display panel

기존 형광막 패터닝 공정으로는 스크린 프린팅[8,9], 잉크젯 프린팅[2], 감광성 페이스트법 등이 있다. 스크린 프린팅 방법은 공정이 매우 빠르고 장비가 간단한 장점이 있어 가장 널리 사용되고 있는 방법이다. 그러나 형광막을 패터닝하기 위해서 여러번 프린팅 공정을 수행하여야 하므로 고가인 형광체의 손실이 많고 RGB 형광막의 혼색이 발생기 쉬우며 형광막의 두께가 불균일한 단점이 있다.

이러한 단점을 해결하기 위해 본 연구에서는 가스의 압력 및 형광체 페이스트의 표면 장력을 이용하여 형광막을 형성하는 비접촉식 프린팅 방법을 새롭게 제안하였고 CFD (Computational fluid dynamic) 수치 해석을 통해 공정변수의 영향을 분석하였으며 실험을 통해 공정의 타당성을 검증하였다.

2. 가스압력을 이용한 프린팅 공정 개요

본 공정은 가스의 압력을 이용하여 형광체 페이스트를 팽창시키고 PDP 하부 기판의 격벽 내부에 접촉시켜 형광체를 이행시키는 공정으로 공정 순서는 Fig.2와 같다. 먼저 관통 홀이 가공된 분사 기판에 형광체 페이스트를 채운 후, 분사 기판을 PDP의 격벽과 정렬하고 분사 기판의 홀과 같은 형태와 배열을 갖는 가스 노즐을 분사 기판 위에 일정한 간격을 두고 정렬한다. 가스의 유량을 제어하여 형광체 페이스트를 팽창시켜 격벽 내부와 접촉시킴으로써 가스 압력과 격벽이 있는 하부기판과 접촉하는 형광체 페이스트의 표면 장력이 이탈력으로 작용하여 페이스트가 격벽 내부로 이행된다. 동일한 공정을 RGB 세 번의 공정을 수행함으로써 픽셀의 형광막 도포 공정이 마무리 된다.

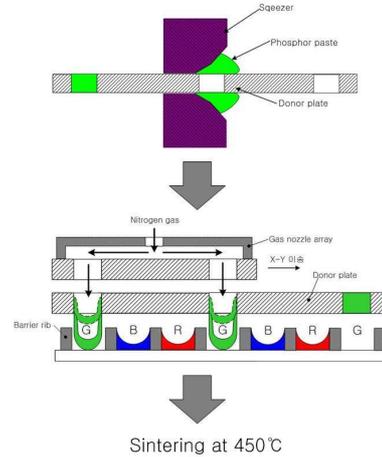


Fig.2 Schematic of printing process using gas pressure

본 공정은 가스의 압력을 이용하여 형광체 페이스트를 팽창시켜 격벽 내부와 접촉시켜 페이스트를 이행시키는 방법이므로 형광체 페이스트 내부에 버블을 형성시킬 필요가 없어 형광체 페이스트의 설계 및 제조가 쉽고 장비와 공정이 간단하며 분사 기관 재료의 제한이 적다. 또한, 다수의 서브 픽셀을 한번에 프린팅 가능하므로 생산성이 높은 장점이 있다.

3. 해석 및 실험

FRCP 공정의 형광체 페이스트 이행과 관련된 주요 공정 변수로는 페이스트의 점도, 분사 기관과 하부 기관의 간격, 유량, 시간이 있으며 이에 따른 페이스트의 이행을 분석하기 위해 유동 해석을 수행하였다. 유동 해석을 수행하기 위하여 가스 노즐, 분사 기관, 하부 기관을 2차원 축대칭 모델로 모델링 하였으며 상용 CFD 소프트웨어 FLOW3D를 이용하여 계산하였다[3]. 본 연구의 실험에 사용한 형광체 페이스트의 물성치와 속도 조건을 이용하여 Reynold's number를 계산해보면 4.7이하로 천이값(transition value) 2300보다 작으므로 유체는 비압축성, Newtonian 유체, 층류로 가정하였다.

유동해석 경계조건은 가스 노즐의 윗면에 질소 가스가 일정 속도로 계속해서 유입되도록 속도 경계 조건과 F=0의 조건을 부여하였으며 계산 영역의 반경 방향의 최 외각은 대기압 조건을 주었다. 또한 각도 θ 방향으로의 축대칭을 표현하기 위해 대칭 조건을 부여하였다.

형광막 패터닝 공정에 사용된 실험 장치를 Fig.3에 나타내었다. 실험 장치는 크게 분사 기관, 가스 노즐 어레이(array), 가스의 유량을 제어하기 위한 MFC (mass flow controller) 및 PC, 분사 기관과 노즐 어레이를 고정하기 위한 지그, 형광막 패터닝을 수행할 하부 기판으로 구성된다.

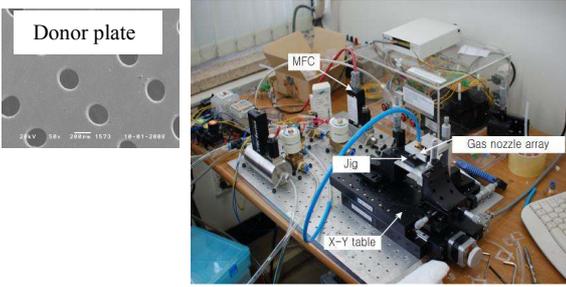


Fig.3 Experimental system for printing process

분사 기관은 두께 0.15t의 STS 304에 직경 300 μ m의 관통 홀을 에칭하여 제작하였고 피치는 350 μ m이다. 관통 홀의 직경과 분사 기관의 두께는 이행될 형광체 페이스트의 양에 영향을 미치므로 PDP 격벽이 있는 방전 셀의 부피와 크기를 고려하여 결정하여야 한다. 따라서 PDP 서브 픽셀 크기와 서브 픽셀의 부피를 고려하여 형광막 도포 후 형광막 두께가 10~15 μ m가 되도록 분사 기관을 제작하였다. 가스는 질소 가스를 이용하였으며 지그는 가스 노즐 어레이와 분사 기관을 정렬하고 분사 기관과 하부 기관 사이의 간격을 조절하는 역할을 한다.

3. 결과 및 토의

Fig.4는 분사 기관과 하부 유리 기관의 간격이 형광체 페이스트 이행에 미치는 영향을 분석하기 간격을 변화시키며 해석한 결과이다. 간격이 작은 경우 가스의 압력에 의해 형광체 페이스트가 팽창하여 하부 유리 기관과 접촉하고 가스 압력과 하부 유리 기관과 접촉한 형광체 페이스트의 표면 장력이 이탈력으로 작용하여 부착력으로 작용하는 분사 기관과 접촉하고 있는 형광체 페이스트의 표면 장력보다 커져 형광체 페이스트가 이행된다. 간격이 0.25mm로 큰 경우 팽창한 형광체 페이스트와 하부 유리 기관과의 접촉 면적이 작아 하부 유리 기관과 접촉하는 형광체 페이스트의 표면 장력이 작기 때문에 페이스트 이행 시 안정적으로 이행하지 못하고 가스의 유동에 의해 공중에서 비산되는 것을 볼 수 있다.

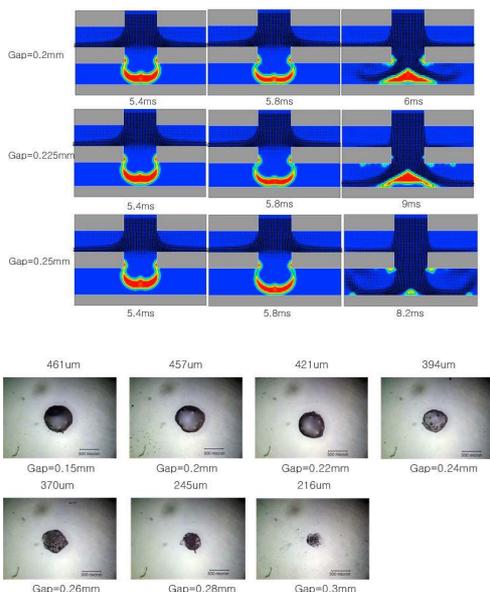


Fig.4 Effect of distance between donor plate and substrate on paste transfer

실험 결과 간격이 0.15~ 0.22mm 이내에서는 형광체 페이스트가 팽창하여 하부 유리 기관과의 접촉 면적이 증가하므로 이탈력으로 작용하는 표면 장력이 크다. 이 표면 장력에 의해 형광체 페이스트는 가스 유동의 영향을 받지

않고 안정적으로 하부 유리 기관에 이행된다.

Fig.5는 유량이 형광체 페이스트 이행에 미치는 영향을 분석하기 위하여 분사 기관과 하부 유리 기관의 간격을 0.22mm로 고정하고 유량을 변화시키며 해석한 결과 및 실험 결과이다. 유량이 175sccm으로 작은 경우 페이스트 이행 시간이 95ms로 길고 형광체 페이스트가 이행되기 전에 분사 기관 관통 홀 주위로 젖음이 발생하여 분사 기관 관통 홀과 접촉하는 형광체 페이스트의 접촉 면적이 커서 표면 장력에 의한 부착력이 커진다. 부착력이 커짐에 따라서 분사 기관 관통 홀 주위에 형광체 페이스트가 유량이 클 때와 비교하여 더 많이 남게 되며 팽창한 형광체 페이스트 막의 두께가 일정하고 얇게 유지 된다. 따라서 하부 유리 기관과 접촉하면서 이행되는 페이스트의 양이 감소하고 분사 기관 관통 홀 주위에 남는 형광체 페이스트의 양이 많아져 페이스트의 이행 효율이 작다.

유량이 300sccm으로 증가함에 따라서 페이스트 이행 시간이 짧아지고 분사 기관 관통 홀 주위의 젖음이 감소하여 분사 기관 관통 홀 주위의 페이스트 막이 얇고 하부 유리 기관과 접촉하는 곳의 형광체 페이스트 막의 두께가 증가한다. 따라서 분사 기관 관통 홀 주위에 남는 형광체 페이스트의 양이 감소하고 이행되는 페이스트의 양이 증가하여 이행 효율이 증가한다. 유량은 300~500sccm/hole 정도가 적절할 것으로 판단된다.

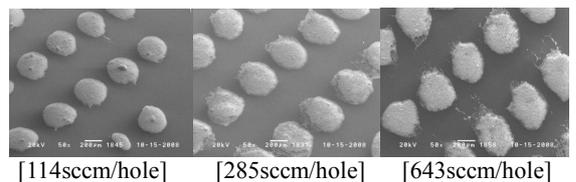
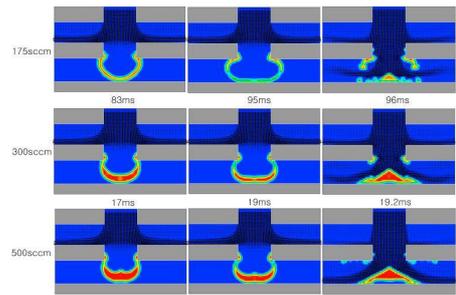


Fig.5 Effect of flow rate on paste transfer

4. 결론

PDP의 형광막 형성을 위해 가스 압력을 이용한 형광막 프린팅 공정을 새롭게 제안하였고 유동 해석과 실험을 통하여 공정 변수의 영향과 본 공정의 타당성을 검증하였다. 해석 및 실험 결과 분사 기관과 하부 유리 기관의 간격이 0.24mm 이상이면 형광체 페이스트가 완전히 이행되지 못하여 이행 효율이 감소함을 알 수 있었고, 가스의 유량이 200sccm/hole 이상이어야 형광체 페이스트가 부착력으로 작용하는 표면 장력보다 커져 안정적으로 이행됨을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Boeuf J. P., "Plasma display panels: physics, recent developments and key issues", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **36**, R53-R79, 2003.
2. Lee S. P. and Moo S. I., "Phosphor paste properties in ink-jet patterning of phosphors for high resolution PDP", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **425**, 41-46, 2004.
3. FLOW3D manual V.9.2, Flow Science, inc.