

광경화성 페이스트를 이용한 PDP 격벽 형성 연구

김유성 · 고태금 · 김용석*
홍익대학교 신소재 공학과

Processing of Barrier Ribs of PDP Using an UV-curable Paste

Yoo-Seong Kim, Tae-gum Koh and Yong-Seog Kim*

Department of Information Display Engineering, Hongik University, 72-1, Seoul, Korea

(Received May 23 2006; Accepted June 17, 2006)

Abstract In an attempt to reduce processing cost and to improve resolution of PDPs, micro mold transfer processing route for barrier ribs of plasma display panel was attempted. In this study, the parameters that may cause defects during the process were identified, which include the shrinkage during UV curing process, stress due to evaporation of organic components, and sintering shrinkage. Considering such parameters, UV curable paste was developed and barrier ribs of PDPs were successfully processed via the process. This work demonstrated the possibility of build-up route in manufacturing barrier ribs of PDP.

Keywords : PDP, Barrier rib, Paste, Sintering, Ores

1. 서 론

최근 PDP의 화질, 휘도, 전력소모량, 대비비(contrast ratio), 해상도 등이 현저하게 개선됨에 따라, PDP의 시장 규모가 급격하게 성장하고 있다. 또한 제조 공정의 단순화, 대량 생산 체계의 확립에 따라 PDP의 가격이 지속적으로 인하됨에 따라 판매량은 매년 70%씩 증가하여, 대형 평판 디스플레이 시장에서 PDP의 시장 점유율이 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 TFT-LCD 등의 경쟁 디스플레이 소자들이 대형 평판 디스플레이 시장에 진입함에 따라, PDP가 경쟁력을 유지하기 위해서는 제조 원가의 절감, 해상도, 대비비, 전력소모량 등의 특성을 지속적으로 개선해야 한다.

PDP 격벽(barrier rib) 제조공정은 제조 원가, 해상도, 대비비, 전력 소모량 등의 특성에 중요한 영향을 미친다. PDP 격벽은 글로우 방전이 발생하는 방전 공간과, 형광체가 코팅될 수 있는 면적을 제공하기 때문에, 제조 공정에 따라 픽셀 해상도와 제조 원가

가 좌우되며, 제조 가능한 격벽 형상도 결정되게 된다. 또한 이와 같은 격벽 형상의 변화는 PDP의 발광 효율에 영향을 미치며, 궁극적으로는 소자의 전력 소모량에 영향을 미치게 된다. 기존의 PDP 격벽은 미 소성된 후막을 sandblasting하는 방법에 의하여 제조되어 왔는데, 이 공정을 통하여 제조된 격벽의 형상 및 해상도가 떨어지기 때문에, SD(standard definition)급 또는 HD(high definition)급 해상도를 가진 PDP를 제조하는데 이용되어 왔다. 그러나 최근 그의 시장 규모가 급격히 증가하는 고 해상도 즉 HD 및 FHD(Full High Definition) 급의 PDP를 제조하기 위해서는 소성된 후막을 수용액으로 에칭하는 방법¹과 감광성 페이스트를 이용하는 방법²이 새로이 개발되어 사용되고 있다. 그러나 이들 방법은 먼저 후막을 형성하고, 이를 화학적으로 에칭하거나, 현상(developing)하여 격벽 패턴을 제조하는 공정으로 재료 손실이 70% 이상이기 때문에 제조 원가를 상승시키는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 연구에서는

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

격벽 형상을 build-up 공법으로 제조할 수 있는 마이크로 몰딩 공정을 시도하였다. 본 공정은 처음부터 격벽을 원래의 형상으로 제조하기 때문에 재료의 손실을 최소화 할 수 있을 뿐만 아니라, 공정 단계가 단순하여 제조 원가를 감소시키는 것이 가능하며, 정밀 몰드를 이용하기 때문에 고해상도의 격벽을 제조하는 것이 가능하다^{3,6)}. 이러한 마이크로 몰딩 공정은 격벽 형상을 가진 마스터 몰드(master mold)와 이를 복제한 워킹 몰드(working mold), 그리고 감광성 격벽 페이스트로 구성되어 있다. 감광성 페이스트는 glass frit, 광경화성 유기물, 분산제등을 포함한다. 즉 이 공정은 워킹 몰드의 패턴에 감광성 페이스트를 채운 후, UV 노광 및 소성 과정을 통하여 격벽을 제조하게 되는 것이다.

이 공정이 성공적으로 적용되기 위해서는 격벽 패턴이 소성과정에서 변형되거나(distortion), 균열이 발생하는 등의 문제점이 해결되어야 한다. 이러한 결함 발생에 영향을 미치는 인자들로서는 UV 노광에 의한 유기물의 경화 과정에서 발생하는 수축 응력, 유기물들이 burn-out될 때 발생하는 응력, 소성 수축에 의하여 발생하는 소성 수축 응력 등이 있을 것이다. 따라서, 본 연구에서는 격벽에 발생하는 왜곡, 균열 발생에 미치는 이들 인자들의 영향에 대해서 연구하여, 적정 페이스트 조성을 개발하기 위한 기초 연구를 실시하였다.

2. 실험방법

그림 1은 마이크로 몰딩 공정을 통해서 PDP용 격벽을 제조하는 공정의 모식도이다. 이 공정은 마스터 몰드로부터 복제된 워킹 몰드 패턴에 광경화성 격벽 페이스트를 채워넣고, 유리 기판 표면에 라미네이션(lamination) 공정을 이용하여 접합시킨 후, UV 노광을 통해서 페이스트를 경화시키고 워킹 몰드를 이형시킨 후, 가열 소성하여 격벽을 제조하는 공정이다. 본 과정에서 워킹 몰드는 아크릴계 폴리머를 사용하였고, 광 경화성 격벽 페이스트로는 아크릴레이트 올

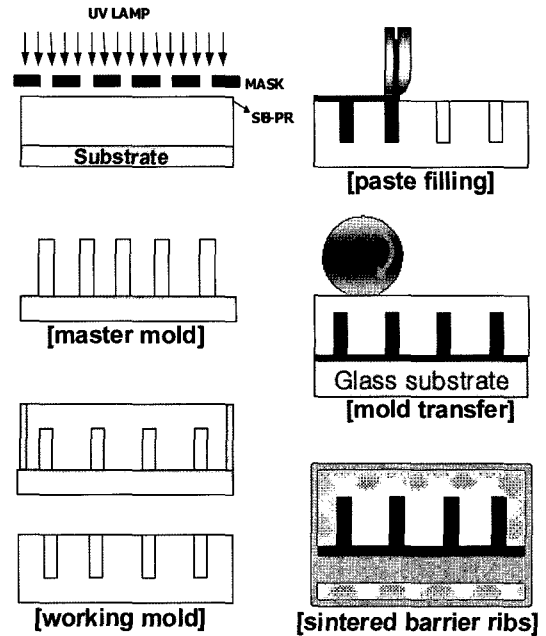


Fig. 1. A schematic illustration of processing steps of barrier ribs via micro mold transfer process.

리고머, 모노머를 함유한 비이클을 제조하여 사용하였으며, 벤조일 계열의 광개시제를 첨가하여 가교 반응을 유도하였다. 격벽 분말로서는 $PbO-SiO_2-B_2O_3$ 계열의 glass frit이 사용되었고, Al_2O_3 및 TiO_2 가 filler로서 첨가되었다. 표 1에 본 연구에서 사용된 paste의 조성을 나타내었다. 광 경화된 격벽 패턴은 $5^\circ C/min$ 의 승온 속도로 $580^\circ C$ 까지 가열하여, 30분간 유지 시킨 후, 노냉 단계를 거쳐 소성을 실시하였다.

본 연구에서 워킹 몰드 패턴 내로 광 경화성 페이스트를 주입하기 위해서 특별히 고안된 몰딩 장비를 사용하였다. 대부분의 마이크로 몰딩 공정에서 몰드 패턴내로 높은 점도를 가진 페이스트를 채우는 과정에서 기공이 포집되는 문제점이 발생하였다. 이러한 문제는 워킹 몰드 패턴내로의 페이스트 유동이 적절하게 이루어지지 않기 때문인데, 본 연구에서는 페이스트가 몰드 패턴내로 적절하게 유동이 발생하도록 하는 장비를 사용하여 패턴내에 기포가 포집되지 않

Table 1. Chemical compositions of UV paste used in this study

(wt.%)

acrylate oligomer	acrylate monomer	photo initiator	solvent	defoamer	dispersant	glass frit
5.7	5.7	0.1	5.7	0.1	0.6	82.2

도록 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. UV 경화 페이스트의 특성

낮은 압력하에서 워킹 몰드 패턴내로 광 경화성 격벽 페이스트를 주입하기 위해서는 주입하는 조건 (high shear rate)에서 페이스트의 점도가 낮을 것이 요구된다. 즉 페이스트의 점도가 높아서 주입 압력이 높을 경우, 이 압력에 의하여 워킹 몰드의 변형이 발

생하게 되고, 이에 따라 제조된 격벽이 변형될 것이다. 이에 비하여 페이스트가 정지된 상태에서 점도가 낮으면, 밀도가 높은 glass frit이 페이스트 내에서 침전 되고, 이에 따라 glass frit과 유기물이 분리되는 문제점이 발생한다. 따라서, 광경화성 격벽 페이스트는 pseudoplastic 특성을 가져야 한다. 그림 2는 shear rate에 따른 광경화성 격벽 페이스트의 점도 측정 결과를 나타내고 있다. 그림 2에서 점도가 shear rate가 증가함에 따라 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉 본 실험에서 사용되는 페이스트가 요구되는

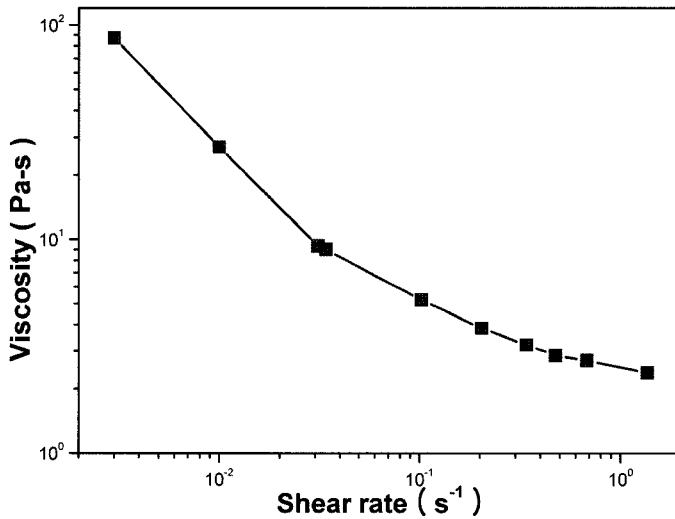


Fig. 2. Rheology of UV curable barrier rib paste used in this study.

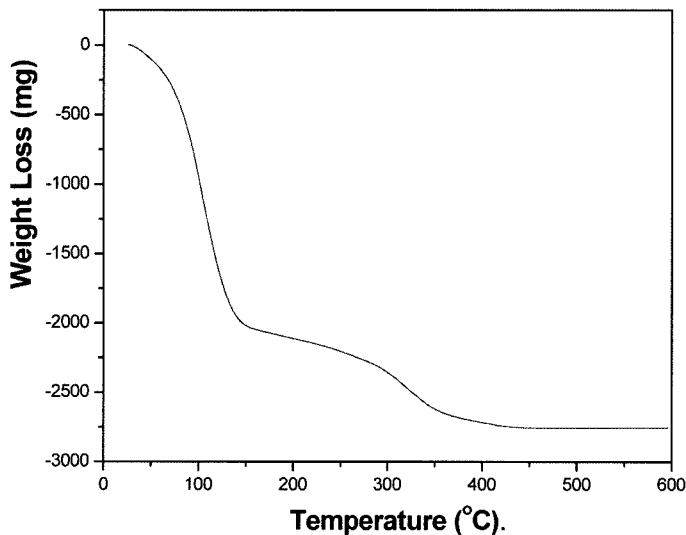


Fig. 3. TG curve of UV Curable Paste.

조건을 만족시키는 것을 알 수 있다.

광경화성 페이스트의 분해 특성을 평가하기 위해서 열 중량 분석을 실시하여 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보면, 150°C 이하의 온도에서 무게 감소가 현저하게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이것은 페이스트에 포함된 솔벤트가 증발되어 나타나는 것이다. 온도가 증가함에 따라서 무게가 지속적으로 감소하여 350°C 이하의 온도에서 대부분의 유기물이 증발하는 것을 알 수 있는데, 이 두 번째 단계의 무게 감소는 올리고머와 가교된 모노머가 분해, 증발되는 것으로 생각된다.

따라서 이러한 유기물의 증발 및 분해 특성이 소성 과정에서 격벽 패턴의 결합 발생에 미치는 영향을 관찰하기 위해서, 격벽 패턴을 260°C와 400°C까지 각각 가열한 후 균열 발생 여부를 관찰하였다. 그림 3(a)는 260°C까지 가열된 격벽의 형상을 보여주고 있는 것으로, 그림에서 볼 수 있듯이 격벽에 균열

이 다량 형성되어 있는 것을 알 수 있다. 즉 paste 내에 함유되어 있는 솔벤트가 증발되는 과정에서 격벽 내에 수축 응력이 발생하고, 이들이 격벽에 균열을 유발시키는 것이다. 반면 솔벤트를 포함하지 않은 페이스트의 경우에는 400°C(그림 4(b))까지 가열하여도 격벽에 균열이 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 즉 마이크로 몰딩 공정으로 제조된 격벽을 소성하는 과정에서 격벽의 파단을 방지하기 위해서는 솔벤트를 포함하지 않는 페이스트를 사용해야 하는 것을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 아크릴계 모노머, 광개시제, 분산제, glass frit으로 구성된 광경화형 격벽 페이스트를 제조하여 사용하였다. 즉 기존 페이스트에 사용된 솔벤트와 올리고머를 모노머로 대체하였다. 이 페이스트에 포함된 모노머의 관능기는 경화 수축, 경화 시간, 경화된 격벽 패턴의 기계적 성질에 매우 큰 영향을 미치기 때문에, 본 연구에서는 관능기의 숫자가

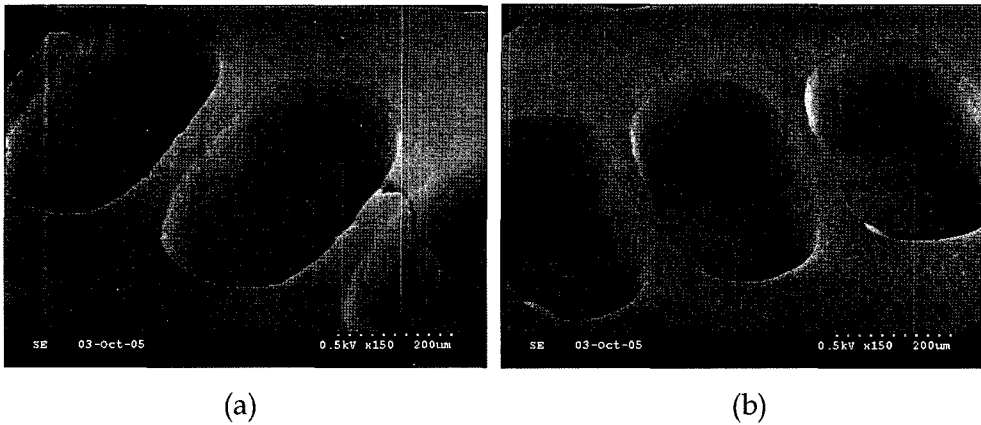


Fig. 4. SEM micrographs of barrier ribs after heating to (a) 260°C and (b) 400°C.

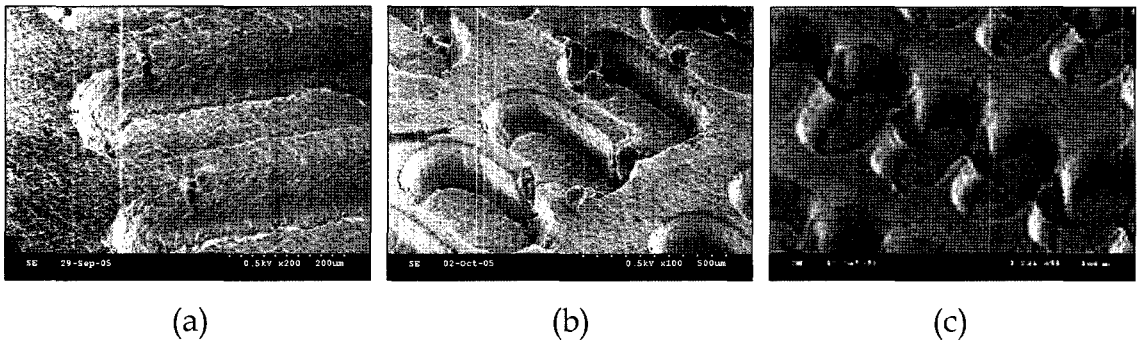


Fig. 5. SEM micrographs of barrier ribs produced using acrylate monomers with different functionality after heating to 580°C. (a) 1-functionality, (b) 2-functionality, and (c) 3-functionality

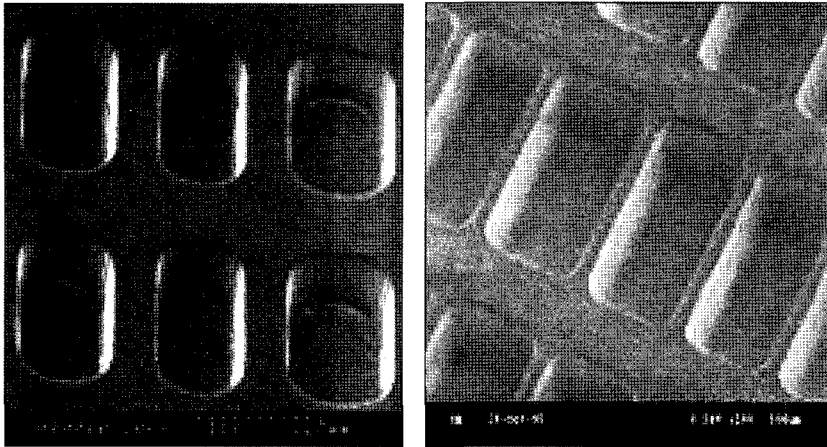


Fig. 6. Various barrier rib types via micro mold transfer process.

경화된 격벽의 균열 발생 특성에 미치는 영향을 평가하였다. 그림 5는 관능기가 다른 모노머를 이용하여 제조된 격벽을 580°C까지 가열한 후, 격벽 형상을 SEM으로 관찰하여 나타낸 것이다. 그림에서 보면 관능기가 1에서 3까지 증가함에 따라, 격벽에 발생하는 균열의 발생 정도가 현격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 관능기가 증가할수록 UV경화 수축이 증가하는 현상⁷⁾과 관련이 있을 것으로 판단된다. 즉 UV 경화 반응시 경화 수축 응력이 관능기가 증가함에 따라 증가하여 격벽 결합의 발생 빈도가 증가하는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 1관능기를 가진 아크릴계 모노머를 이용하여 광경화성 격벽 페이스트를 제조하여 사용하였다.

3.2. Effects of solid loading

1관능기의 모노머를 포함하는 광경화성 격벽 페이스트를 이용하여 제조된 격벽 패턴 형상을 그림 6에 나타내었다. 580°C 온도까지 가열하여 소성된 격벽에 균열이 형성되지 않는 것을 볼 수 있다. 즉 광경화성 격벽 페이스트 내의 유기물의 종류가 제조되는 격벽의 결합 발생에 지대한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

그러나 이 광경화성 격벽 페이스트를 이용하여 제조된 격벽의 단면을 관찰한 결과, 격벽 기저면에 그림 7에 나타낸 것과 같은 트렌치(trench) 형상의 결합이 발생하는 것이 관찰되었다. 이러한 격벽 기저면에 발생하는 결합은 비대칭 소성 수축 현상에 의한

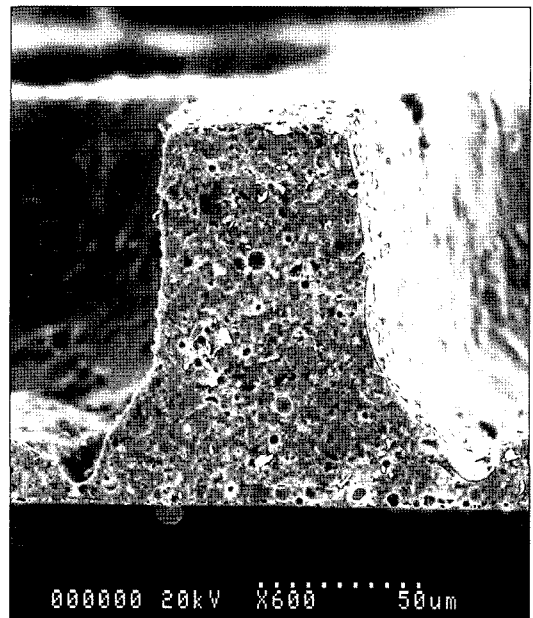


Fig. 7. SEM micrograph of cross section of barrier ribs.

것으로 판단된다. 즉 격벽 패턴이 소성 과정에서 수축될 경우, 격벽 패턴 상부는 구속되지 않았기 때문에 자유 수축이 발생하나, 유리 기판과 결합된 격벽 하부는 유리 기판에 의하여 구속되기 때문에 수평 방향의 수축이 억제되는 것이다. 이에 따라 격벽의 기저면에 응력 집중이 발생하고, 이에 따라 그림 7과 같은 결합이 발생하는 것으로 판단된다. 이러한 결합 발생을 억제하기 위해서는 소성시 격벽 패턴의 수축

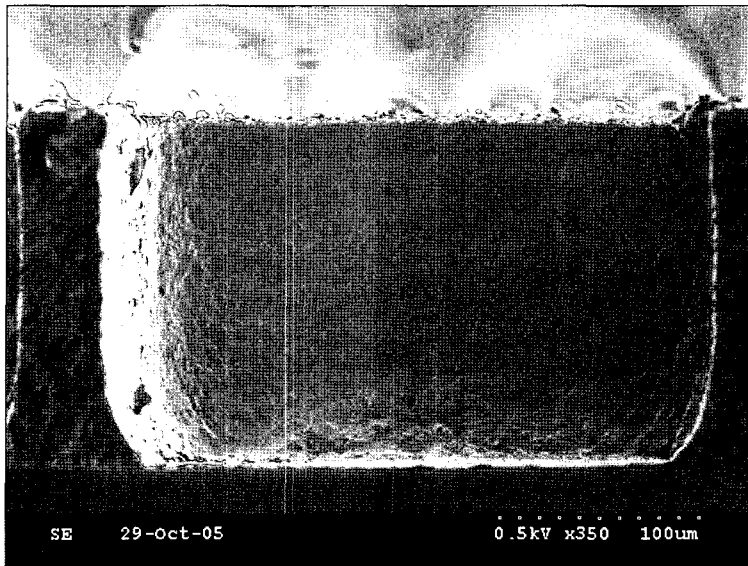


Fig. 8. SEM micrograph of cross section of barrier ribs prepared using a paste of 88% solid loading.

을 감소시키는 것이 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 광 경화성 페이스트 내의 glass frit의 함량을 기존의 82%에서 88%로 증가시킨 조성을 제조하여, 이를 이용하여 격벽을 제조한 후, 소성 시켜 격벽 단면 형상을 관찰하여 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 볼 수 있듯이 소성 후 격벽 기저면에서 소성 trench 결함이 발생되지 않았으며, 이것은 glass frit의 페이스트 내 함유량이 증가함에 따라 소성 수축 응력이 감소하였기 때문으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 마이크로 몰딩 공정을 이용하여 PDP 격벽을 제조시 격벽에 발생하는 결함의 원인을 규명하기 위한 연구를 수행하였다. 격벽에서의 결함은 유기물의 휘발 및 분해, 소성 공정 중에 발생하는 것으로 관찰되었다. 즉 광경화성 페이스트 내의 솔벤트 및 유기물의 휘발 및 분해시 발생하는 수축 응력 및 소성시 발생하는 소성 수축응력이 이러한 결함의 주요 원인이 되는 것으로 확인되었다. 이러한 결함의 발생을 억제하기 위해서, 광경화성 페이스트 내의 솔

벤트를 제거하고, glass frit의 함량을 증가시킴에 따라서 균열 및 trench의 발생이 없는 격벽을 마이크로 몰딩 공정에 의하여 제조하는 것이 가능하게 되었다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 사업 차세대 소재 성형 사업단의 연구비 지원에 의하여 이루어 졌으며, 저자는 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Patent NO. US 6, 197, 480 B1.
2. U.S. patent: 6, 507, 148 (2003).
3. H.-N. Choi, H.-S. Kim, S.-W. Joe and Y.-S. Kim: SID Tech. Digest, 33 (2002) 740.
4. Y.-H. Kim and Y.-S. Kim: IMID Tech. Digest (2002) 1088.
5. US patent: 6, 623, 325 (2003).
6. U.S. patent: 6, 632, 116 (2003).
7. Tzu. Hsuan. Chiang, T-E. Hsieh, International Journal of Adhesion & Adhesives, to be published (2005).