

마이크로 비아 형성을 위한 감광성 유전체 페이스트의 개발

박성대, 유명재, 조현민, 임진규*, 박종철
전자부품연구원 고주파재료연구센터, 한양대학교 화학과*

Development of photosensitive dielectric paste for micro-via formation

Seong-Dae Park, Myong-Jae Yoo, Hyun-Min Cho, Jin-Kyu Lim*, and Jong-Chul Park
Korea Electronics Technology Institute, HanYang University*

Abstract

후막 리소그래피 기술은 기판 위에 감광성 페이스트를 도포한 후, 자외선과 패턴마스크를 사용하는 광식각(photolithography) 방법을 이용하여 세부 패턴을 형성시키는 기술이다. 이 기술은 후막기술로서는 높은 해상도인 선폭 $30\mu\text{m}$ 이하의 미세도선을 구현할 수 있어, 후막기술을 이용한 고주파 모듈의 제조에 있어서 새로운 대안으로 주목받고 있다.

본 연구에서는 알루미늄 기판 상에 수십 μm 이하의 마이크로 비아를 가지는 유전체 층을 형성시킬 수 있는 저온소결용 감광성 유전체 페이스트를 개발하였다. 저온소결용 유전체 파우더와 폴리머, 모노머, 광개시제 등의 양을 조절하여 마이크로 비아를 형성할 수 있는 최적 페이스트 조성을 연구하였으며, 노광량 및 현상시간과 같은 공정변수가 마이크로 비아의 해상도에 미치는 영향을 평가하였다. 알루미늄 기판에 전면 프린팅 한 후 건조, 노광, 현상, 소성 과정을 거쳐 소결전 $37\mu\text{m}$, 소결후 $49\mu\text{m}$ 의 해상도를 가지는 마이크로 비아를 형성할 수 있었다.

Key Words : photolithography, photosensitive paste, micro-via, dielectric, low-temperature sintering

1. 서론

최근 부품업체의 동향은 부품의 고집적화를 통한 제품의 소형화를 추구하는 추세이다. 이러한 경향에 반하여 현재 적층공정에서 일반적으로 사용되는 편층공정으로는 형성할 수 있는 비아의 사이즈에 한계가 있어, 이에 대응하기 위한 방법으로 유전체 페이스트를 이용한 후막 광식각 기술로 마이크로 비아를 형성하는 기술이 선진업체들에 의하여 활발히 연구 중에 있다.

후막 광식각 기술은 박막 공정을 후막에 적용한 기술로서 기판 위에 감광성 페이스트를 도포한 후 포토마스크를 통하여 자외선에 의한 경화를 시키

고, 현상용액을 스프레이하여 경화되지 않은 부분을 제거함으로써 패턴을 형성하는 공정이다. 그림 1은 후막 리소그래피 공정의 흐름을 잘 보여주는 개략도이다.

본 실험에서는 위와 같은 후막 광식각 공정에 적용 가능한 감광성 유전체 페이스트의 최적 조성을 연구하였으며, 각 조성에 대한 현상특성 및 소결 특성을 비교, 분석하였다.

2. 실험

본 연구에서는 감광성 유전체 페이스트의 최적 조성을 찾기 위하여 폴리머와 모노머, 광개시제 등

3. 결과 및 고찰

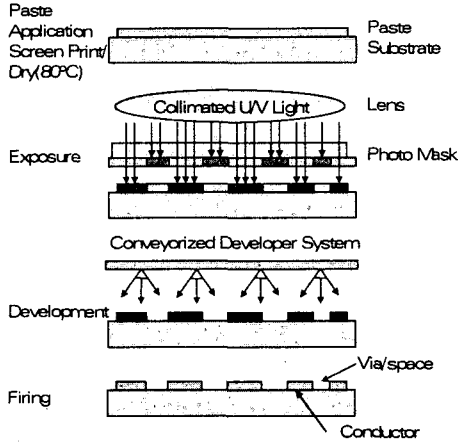


그림 1. 후막 리소그래피 기술

의 첨가량을 조절하며 실험을 진행하였다. 실험 재료로는 유전체(DuPont 9599) 분말, 착색제, 분산제(KD-1), binder polymer resin (미원상사, AR-10), monomer (미원상사, M310), 광개시제(TPO), 용매(α -terpineol/BCA=2/1), 그리고 기판재료로 96% 알루미늄이 사용되었다.

먼저 밀폐용기에 polymer resin, monomer, 광개시제를 넣고 paste mixer에서 혼합한 후, 유전체 분말, 윤활제, 용매를 넣고 다시 혼합한다. 사용된 유전체 분말의 양은 전체 페이스트의 양의 70wt%로 고정하였다. 이후 3-roll milling을 이용하여 응집체를 분쇄, 분산시키고, 이 때 용매 첨가량의 조절로 점도를 60,000cp 정도로 일정하게 하였다.

전면인쇄용 스크린을 사용하여 96% 알루미늄 기판 위에 제조된 감광성 유전체 페이스트를 인쇄하였다. 일정수준의 두께를 만족시키기 위하여 인쇄 ⇒ 건조 ⇒ 인쇄 ⇒ 건조의 순으로 2회 인쇄하였다. 페이스트의 평탄화를 위하여 10분간 상온에서 유지한 후, 80°C에서 10분간 건조하였다. 노광공정은 유전체의 투과율을 고려하여 5mJ/cm² 이하로 작게 하였으며, 현상은 30°C, 1wt% Na₂CO₃ 수용액을 스프레이하는 방식으로 실시하였다. 소성공정은 850°C까지 10°C/min으로 승온하였고, 850°C에서 10분간 유지한 후 로냉하였다. 현미경으로 소결 전후 비아 패턴의 형상과 크기 등을 관찰하고 각 조성별로 비교, 분석하였다.

3.1. 폴리머:모노머 비율의 변화에 따른 현상특성 변화

광개시제를 1wt%로 고정된 후 폴리머:모노머의 비율을 변화시키면서, 기판과의 부착력 등을 살펴 보았고, 최종적으로 현상된 비아를 관찰하였다. 폴리머:모노머의 비율은 25:05, 23:07, 20:10, 19:11, 18:12로 각각 변화하여 실험하였다. 각 조성에 첨가된 용매의 양은 모노머의 저점도로 인하여 18:12의 조성으로 갈수록 적게 첨가되었다.

현상공정에서는 각 조성에 따라 현상시간의 차이를 보였다. 그림 2는 폴리머:모노머의 변화에 따른 TTC의 변화를 나타낸 그래프이다. 여기서 TTC란 노광되지 않은 페이스트가 현상액에 의하여 기판으로부터 완전히 씻겨 나가는데 걸리는 시간을 말한다. 상대적으로 폴리머가 많이 첨가된 25:05 조성으로 갈수록 TTC가 길어짐을 볼 수 있었다. 이는 분자량이 월등히 높은 폴리머가 전체량에서 차지하는 비율이 상대적으로 높아 기판과의 부착력이 커짐으로 인해 나타나는 현상이라고 해석할 수 있다.

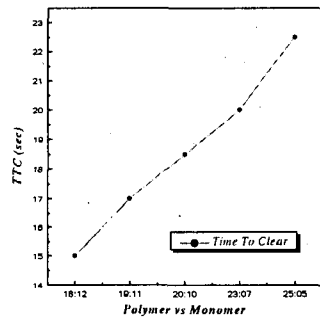


그림 2. 폴리머:모노머 비에 따른 TTC의 변화

각 조성에 따라 현상시간은 TTC에 1.2, 1.5, 1.8, 2.0을 곱하여 각각 실험하였고, 그 결과 TTC에 1.5를 곱하였을 경우 가장 우수한 현상특성을 나타냄을 확인하였다. 그림 3은 각 조성의 150µm 비아 패턴의 현상후 현미경 사진이다. 폴리머:모노머의 비율이 19:11일 경우에 가장 선명한 비아를 얻을 수 있었다. 모노머의 양이 상대적으로 적은 25:05와 23:07 조성의 경우에는 페이스트가 기판으로부터

터 상당히 분리되고 비아의 형상이 매우 불량한 것을 알 수 있다. 이는 광개시제의 양에 비하여 모노머의 양이 상대적으로 너무 적어서 경화된 부분이 적어 나타난 현상으로 판단되었다.

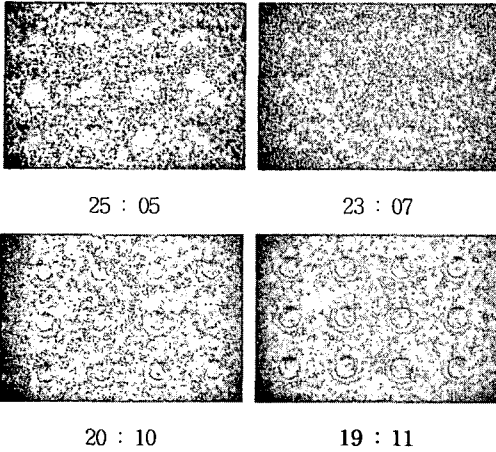


그림 3. 폴리머:모노머의 비에 따른 현상후 150µm 비아 패턴

3.2. 광개시제의 첨가량에 따른 현상특성 변화

앞서 얻어진 조성인 폴리머:모노머=19:11이 비아의 사이즈가 작아질수록 현상특성의 저하를 보임으로 인하여 모노머의 양에 비하여 광개시제의 양이 많은 것으로 판단, 광개시제의 첨가량을 줄이면서 현상특성을 살펴보았다. 그림 4는 동일한 공정 조건하에서 광개시제의 첨가량을 변화시킴으로 인하여 100µm 비아의 현상패턴이 어떻게 변화하는지를 현미경으로 관찰한 사진들이다.

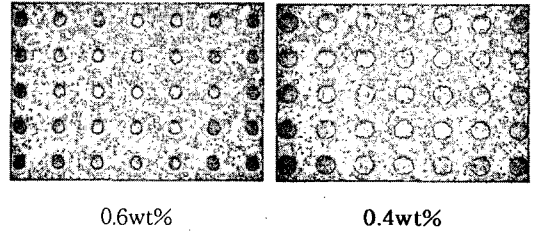
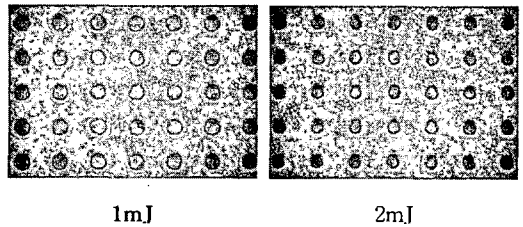
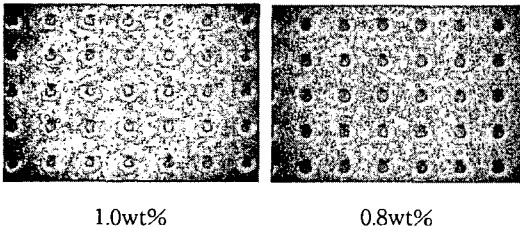


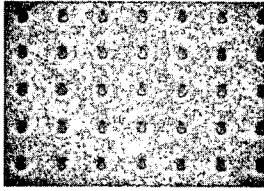
그림 4. 광개시제 첨가량 변화에 따른 100µm 비아의 현상특성 변화

광개시제의 첨가량이 적어질수록 작은 크기의 비아도 선명하게 현상되는 것을 알 수 있다. 첨가량 0.6wt%의 경우 0.4wt% 보다 단지 0.2wt%의 광개시제가 더 첨가된 것임에도 불구하고 현상력에 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이것은 유전체 재료가 glass 조성이어서 자외선이 많이 투과되기 때문에 약간의 첨가량 차이에 의해서도 큰 차이를 보이는 것으로 판단된다. 포토마스크의 패턴이 모두 100µm였음에도 불구하고 0.4wt%를 제외하고는 비아의 사이즈가 모두 100µm이하로 측정되었다.

3.3. 공정 변수에 따른 현상특성 변화

현상특성에 미치는 공정변수의 영향을 조사하기 위하여 노광량과 현상시간을 변수로 하여 테스트 패턴을 제작한 후 비아 패턴의 변화를 관찰하였다. 그림 5는 동일한 현상조건하에서 노광량을 변화시켰을 경우 비아 패턴의 변화를 보여주고 있다. 노광량이 증가하면서 급격히 현상특성이 저하되는데, 이도 역시 재료자체의 투광성 때문으로 판단된다.

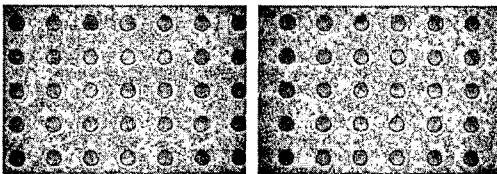




3mJ

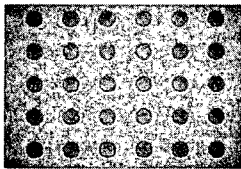
그림 5. 노광량에 따른 100 μ m 비아의 현상특성 변화

노광량 변화와 달리 현상시간에 따른 현상특성의 변화는 확연히 나타나지는 않았다. 그림 6은 동일한 노광 조건하에서 현상시간을 변화(TTC×a, a=1.5, 1.8, 2.0)시킴으로써 비아의 현상특성이 어떻게 변화하는지를 보여주고 있다. 눈에 떨 정도의 큰 차이는 아니지만, TTC×2.0의 경우에는 현상시간이 길어짐으로 인하여 비아의 edge 부분이 다소 떨어져나가 비아의 크기가 조금 커지는 것으로 확인되었다.



TTC×1.5

TTC×1.8

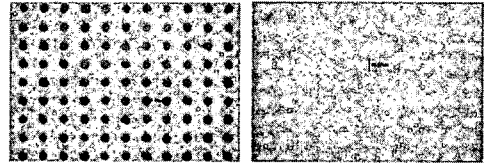


TTC×2.0

그림 6. 현상시간 변화에 따른 100 μ m 비아의 현상특성 변화

본 연구를 통하여 얻은 최적의 조성은 폴리머:모노머:광개시제=19:11:0.4였으며, 노광 1mJ/cm², 현상 TTC×1.5로 실험하였을 때 40 μ m 패턴까지 현상할 수 있었다. 관찰된 비아의 실제 크기는 약 37 μ m 정도이고, 소결 후에는 49 μ m 정도로 약 32% 정도 확장하였다. 이는 알루미늄 기판상에서는 glass만 수축을 하기 때문으로 판단된다. 유전체의 현상 후

두께를 측정해본 결과 약 23~24 μ m 정도였으며, 소결 후에는 약 15~16 μ m 정도의 두께로 약 35% 정도 수축하였다. 그림 7은 최적 조성과 최적 공정변수 적용을 통하여 얻어진 가장 미세한 40 μ m 비아의 소결 전후의 변화를 나타낸다.



소결전 37 μ m

소결후 49 μ m

그림 7. 소결 전후의 40 μ m 비아 패턴

4. 결론

후막 광식각 기술을 이용하여 소결후 약 50 μ m의 마이크로 비아를 형성할 수 있는 저온소결용 감광성 유전체 페이스트를 개발하였다. 감광성 페이스트의 현상특성에 미치는 유기물 조성 및 공정변수의 영향을 본 연구를 통하여 명확히 확인할 수 있었다.

본 실험을 통하여 개발된 유전체 페이스트는 기존 적층공정으로 구현하기 어려운 미세패턴을 가진 초소형 고주파 대역 모듈, 부품 제작을 위한 새로운 재료, 공정 기술을 제공할 것이다.

감사의 글

본 연구결과에 큰 도움을 주신 김영기 군에게 깊은 감사의 뜻을 전합니다.

참고 문헌

- [1] Y. L. Wang, P. J. Ollivier and M.A.Skurski, "Photoformed Thick Film Materials and Their Application to Fine Feature Circuitry." Proceedings of 2000 International Conference on High-Density Interconnect and Systems Packaging, 579-584, Denver, Colorado (2000)
- [2] J.Wood et al., "Processing of Photoimageable Thick Film Materials," 1998 International Symposium on Microelectronics, San Diego,

California (1998)

- [3] C. R. S. Needes et al., "Cost Effective Solutions for High Density Interconnect and RF Modules Using Low Temperature Cofired Ceramic Materials," 2000 IEMT/IMC Symposium, Omiya, Tokyo, Japan (2000)
- [4] www.dupont.com/mcm/product/fodel.html