

플렉서블 전자회로를 위한 실리콘/에폭시/폴리이미드 계면 접합 신뢰성 향상에 관한 연구

Adhesion Enhancement Research of Silicon/Epoxy/Polyimide Interfaces for Flexible Electronics

김산위, *#김택수

Sanwi Kim, *#Taek-Soo (tskim1@kaist.ac.kr)

KAIST 기계공학과

Key words : Adhesion, reliability, flexible electronics, UV/Ozone treatment, sol-gel derived hybrid layer.

1. 서론

최근 플렉서블 전자회로는 차세대 기술로써 얇고 가벼운 디스플레이, RFID, 태양 전지, 배터리 등 여러 분야에서 각광을 받고 있다.^(1,2) 하지만 이런 플렉서블 전자회로는 폴리머 기판들이 주로 쓰이기 때문에 고온접합 과정에서 높은 열팽창계수의 차이 때문에 열응력 증가가 나타나고 이는 기계적 신뢰성을 저하 시키는 여러 요인 중 하나로 지목되고 있다. 본 연구는 이러한 플렉서블 전자회로의 기계적 신뢰성을 높이면서 온도, 습도, 표면처리 등 여러 환경적 요인들의 영향을 정량적으로 평가하기 위해 파괴역학적 측면에서 Si chip / epoxy / polyimide (PI) 의 계면들의 접합강도 측정 및 개선에 관한 실험을 수행하였다.

2. 실험

본 연구에서는 플렉서블 전자회로의 접합력과 신뢰성 증가를 목표로 잡았고, 이를 달성하는 방법으로 UV/Ozone treatment 와 sol-gel derived hybrid layer 를 선택하였다. 실험 시편은 Fig. 1(a)와 같은 double cantilever beam (DCB) 구조로 되어있으며, 시편 계면들의 구조는 Fig. 1(b)와 같이 silicon / epoxy / PI 가 대칭으로 설계되었다. UV/Ozone treatment 는 silicon 과 PI 에 모두 적용되었고, sol-gel derived hybrid layer 가 적용된 후의 시편 계면들은 Fig. 1(c)와 같은 구조이다. 접합계면의 접합 강도를 측정하기 위하여 high-precision micromechanical test system (Delaminator Adhesion Test System; DTS

company, Menlo Park, CA, USA)를 이용하여 DCB testing 을 진행하였다. 그리고 환경적 요인 중 온도와 습도의 영향을 알아보기 위하여 항온항습 챔버에서 온도 30℃와 습도 85%의 환경으로 subcritical test 를 진행하였다.

3. 결과

접합강도를 알아보기 위한 DCB testing 은 Fig. 2 와 같은 결과를 얻었다. Fig. 2 는 UV/Ozone treatment 만 적용 한 시편과 UV/Ozone treatment 와 sol-gel derived hybrid layer 를 적용한 시편들의 접합강도를 비교한 결과이다. 이 실험의 경우 UV/Ozone treatment 의 시간은 두 시편 똑같이 1 분씩 적용되었기 때문에 sol-gel derived hybrid layer 를 적용하였을 경우 접합강도가 더욱 증가했다는 결과를 얻을 수 있었다. 온도와 습기의 영향을 알아본 subcritical test 의 결과는 Fig. 3 에 표시되어 있다. 첫 번째 subcritical test 에서는 UV/Ozone treatment 의 영향을 살펴보았다. 온도 30℃와 습도 85%의 고습도 환경에서 silicon / epoxy / PI 시편의 threshold strain energy release rate 는 UV/Ozone treatment 를 적용 안 했을 경우 12 J m⁻² 였고, UV/Ozone treatment 가 1 분

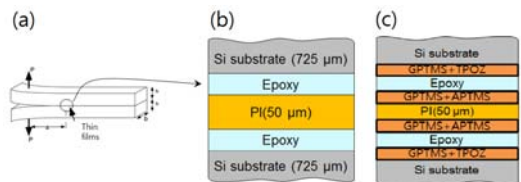


Fig. 1 Schematic illustrations of the DCB specimens with its interfaces.

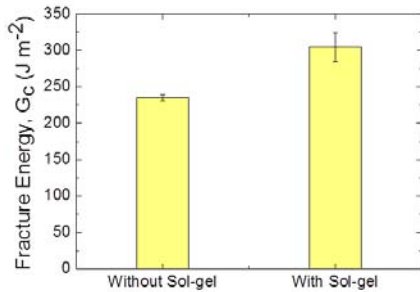


Fig. 2 Fracture energy values for sol-gel derived hybrid layer applied and non-applied specimens.

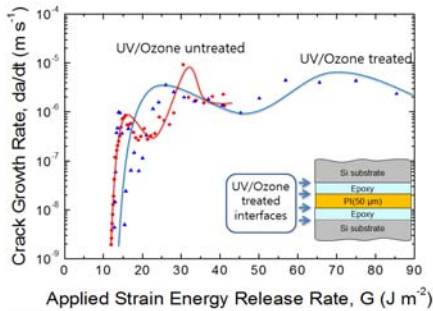


Fig. 3 Subcritical test graph for UV/Ozone untreated and UV/Ozone treated specimens.

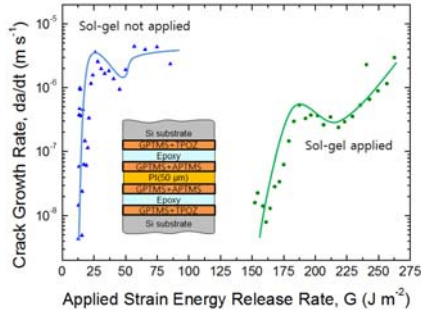


Fig. 4 Subcritical graph for sol-gel derived hybrid layer applied and sol-gel derived hybrid layer not applied specimens.

적용 되었을 경우 $14 J m^{-2}$ 였다. 이 실험 결과 UV/Ozone treatment 는 습기로부터의 crack propagation 을 억제하지 못한다는 결과를 얻었다. 다음 subcritical test 의 결과는 Fig. 4 에 나타나 있고, 이 실험은 UV/Ozone treatment 와 sol-gel derived hybrid layer 를 비교하였다. 이 실험 결과, sol-gel derived hybrid layer 를 적용하였을 경우 threshold strain energy release rate 가 $152 J m^{-2}$ 까지 증가한 매우 뛰어난 결과를 얻었다. 이 결과로부터 sol-gel derived

hybrid layer 를 적용하면 고습도의 환경에서도 뛰어난 기계적 신뢰성을 유지 할 수 있다는 결론을 얻었다.

4. 결론

본 연구에서는 플렉서블 전자회로의 접합강도와 신뢰성의 향상을 위하여 silicon /epoxy / PI 계면들에 대해 UV/Ozone treatment 와 sol-gel derived hybrid layer 를 이용하여 실험하였다. 그 결과, UV/Ozone treatment 는 습기로부터의 박리를 억제하지 못한다는 결과를 얻었다. 하지만 sol-gel derived hybrid layer 가 적용 될 경우 접합강도도 증가함과 동시에 습기로부터의 박리를 크게 억제한다는 결과를 얻을 수 있었다. 즉, UV/Ozone treatment 와 sol-gel derived hybrid layer 를 통하여 본 실험에서 연구하고자 하였던 접합강도 증가와 고습도의 환경에서 습기에 의한 박리현상을 억제하는 목표를 달성하였다.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업기술연구회의 협동 연구사업 일환인 "차세대 반도체 MCP핵심 기술개발사업"과 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업 (2012006072) 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. D. Huang, F. Liao, S. Molesa, D. Redinger, and V. Subramanian, "Plastic-compatible low resistance printable gold nanoparticle conductors for flexible electronics," Journal of the electrochemical society, Vol. 150, pp. G412, 2003.
2. S. Ju, A. Facchetti, Y. Xuan, J. Liu, F. Ishikawa, P. Ye, C. Zhou, T. J. Marks, and D. B. Janes, "Fabrication of fully transparent nanowire transistors for transparent and flexible electronics," Nature nanotechnology, Vol. 2, pp. 378-384, 2007.