

## 플라즈마 처리에 따른 언더필과 기판 사이의 접착 강도에 관한 연구

### Effect of Plasma Treatment on Adhesion Strength between Underfill and Substrate

노보인\*, 정승부<sup>1</sup>

\*성균관대학교 신소재공학부

**ABSTRACT** The effects of plasma treatment on the surfaces of the FR-4 (Flame Resistant-4) and copper substrates are investigated in terms of X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), contact angle, and atomic force microscopy (AFM). The adhesion strengths of the underfills/FR-4 substrate and underfills/copper substrate are also studied. As experimental results, the plasma treatments of FR-4 and copper substrate surfaces yield several oxygen complexes in hydrophilic surfaces, which can play an important role in increasing the surface polarity, wettability, and adhesion characteristics of the underfills/substrates.

#### 1. 서 론

플립칩 (flip chip)과 ball grid array (이하 BGA)와 같은 고밀도 면실장 패키지는 많은 수의 핀 카운트 (pin count)로 구성되어 있고, 동시에 빠른 전기적 동작 신호의 이동이 가능하므로 전자 부품의 패키지 기술로서 그 사용 빈도수가 증가되고 있다. 특히 클럭 주파수 (clock frequency)가 증가하게 되면 고주파 신호의 지연, 노이즈의 발생과 같은 문제도 발생할 가능성이 매우 높으므로 플립칩과 BGA를 패키지 기술에 적용하기 위해서 솔더 접합부의 신뢰성이 중요한 관심사가 되었다.<sup>1)</sup> 동시에 솔더 접합부 신뢰성의 감소는 리플로우 후의 자기 정렬 현상 또는 열팽창 계수 차이에 의한 혼합 변형 (응력, 압축, 전단 등)으로 인하여 발생되며 그 대책으로 언더필 (underfill)이 사용되고 있다. 언더필은 전자 패키지에서 실리콘 칩 (silicon chip : Si의 CTE = 2.8ppm/°C)과 유기체 기판 (organic substrate : FR-4의 CTE = 20~30ppm/°C) 사이에 위치하여 칩과 기판 사이의 열팽창 계수 차이로 발생하는 응력과 변형을 재분배하는 역할은 물론 습기나 다른 모듈에

끼치는 전기적, 자기적 환경의 영향을 최소화하는 역할을 한다.<sup>2-3)</sup>

전자 패키징에서 솔더볼/언더필, 실리콘 칩/언더필, 기판/언더필 사이의 접착력은 환경적인 충격에 의해 인가된 하중 하에서 층간 분리 (delamination)를 방지하는 중요한 역할을 하는 인자이다. 따라서, 언더필의 적절한 접착성은 패키지의 기계적 열적 거동을 결정하는 가장 중요한 요소이다.

플라즈마 처리는 기판의 표면에 형성된 얇은 피막을 제거하는데 효과적이다. 이와 같은 이유로, 플라즈마 처리 적용은 전자 패키지에서 내부 접착과 와이어 접착을 향상시키는데 널리 사용되고 있다. 플라즈마 처리는 각각의 가스 특성에 맞추어 시간, power, 압력과 flow rate를 최적화해야 최상의 효과를 얻을 수 있다.

일반적으로 젖음각 측정 방법은 플라즈마 처리의 특성뿐만 아니라 전자 패키지에서의 내부 접착 현상을 관찰하는데 사용되어 왔다.<sup>6)</sup> 접착 강도를 측정하는 방법으로는 die shear, lap shear, stud-pull 등의 방법이 있다.<sup>7-8)</sup>

비록 플라즈마 효과에 대한 많은 연구가 진행되어 왔지만, 언더필과 패키지 기판사이의 플라

즈마 효과에 대한 연구는 그리 많지 않다. 따라서, 본 연구에서는 플라즈마 처리에 따른 언더필/FR-4 기판과 언더필/Cu 기판 사이의 접착 강도에 대한 변화를 연구할 것이다.

### 2. 실험 방법

시차주사열량계 (Differential Scanning Calorimetry : Seiko Exstar 6000, Japan)를 이용하여 언더필의 열 특성을 분석하였다. 실험은 질소 분위기하에서 승온 속도 5°C/min으로 25°C에서 250°C까지 실시하였다.

플라즈마 처리 전, 모든 시편은 에탄올에 담근 후 초음파 세척을 실시하고 건조시켰다. 플라즈마 처리는 RF power 450 W, flow rate 30 sccm, 시간 300초의 조건으로 실시하였다. FR-4 시편의 경우는 Ar/O<sub>2</sub> 가스를 사용하였고, 구리 시편의 경우는 Ar/H<sub>2</sub> 가스를 사용하였다.

X-ray photoelectron spectroscopy (XPS, ESCA 2000 LAB MK- II, England)를 이용하여 기판의 표면 성분 분석을 하였고 atomic force microscopy (AFM, Thermo-Microscopes, USA)를 이용하여 기판의 표면 조도를 분석하였다. 표면의 플라즈마 처리에 따른 젖음각도 측정하였다.

접착 강도 시험은 ASTM 1002 규격에 따라 시편을 제작하였고 언더필과 기판 사이의 접착 면적은 12.7 mm × 25.7 mm이다. 언더필의 경화 조건은 150°C에서 30분의 시간을 유지하였다. 또한, 시험에 사용된 인장 속도는 0.3 mm/min이다.

### 3. 실험 결과

Fig.1은 증류수와 언더필을 이용하여 젖음각을 측정한 결과이다. FR-4 기판과 Cu 기판 모두 플라즈마 처리 후 젖음각이 감소한 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 젖음성은 고체 표면과 액체의 점착성과 퍼짐성의 특성을 의미한다. 이 결과로부터, 플라즈마 처리로 인해 두 기판의 표면의 총 표면 에너지를 향상시켜 표면 양극성과 젖음

성을 증가시킬 수 있는 친수성 특성으로 변환된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 젖음각의 감소 현상은 플라즈마 처리에 의해 기판의 표면에 새로운 결합 상태가 형성된 것을 의미한다.

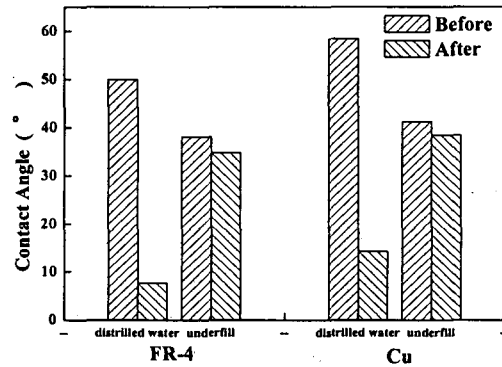


Fig.1 The results of contact angle

표면 형태학은 기판의 젖음성에 많은 영향을 끼친다. Fig.2는 FR-4 기판과 Cu 기판의 AFM 이미지를 측정한 결과이다. 표면 거칠기에 의해 접착력이 변화한다는 많은 연구들이 진행되어 왔다.<sup>8)</sup> FR-4 기판의 경우, 플라즈마 처리 후 RMS 거칠기가 3.8 nm에서 0.13 nm로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. Cu 기판의 경우, 플라즈마 처리 후 63.1 nm에서 50.9 nm로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이 결과로부터, 플라즈마 처리에 의해 FR-4 기판과 Cu 기판 표면이 스퍼터링 되었다는 것을 확인할 수 있었다.

폴리머 재질과 금속의 접합은 복잡한 금속-산소-탄소 복합체의 특성을 가지고 있기에 전자 패키지에서 중요한 관심사이다. 폴리머 재질과 금속의 우수한 접착력은 기계적 결합뿐만 아니라 내부의 화학적 결합에 의해 형성된다. 일반적으로 산소기를 함유하고 있는 플라즈마가 표면에 많은 극성을 제공하여 접착력을 향상시킨다고 알려져 있다. Fig.3은 플라즈마 처리에 따른 언더필/FR-4 기판/과 언더필/Cu 기판 사이의 접착 강도를 측정한 결과이다. 플라즈마 처리 후, FR-4 기판/언더필과 Cu 기판/언더필 접착 강도가 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 플라즈마 처리에 의해 기판 표면에 새로운 결합 에너지가 형성되었다는 것을 확인할 수 있으며, 이런 반응기에 의해 접착 강도가 증가한

것으로 사료된다.

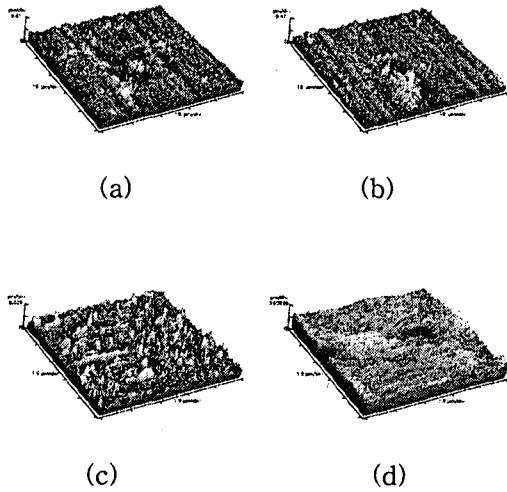


Fig.2 AFM images: (a) non-plasma treated FR-4 substrate, (b) plasma treated FR-4 substrate, (c) non-plasma treated copper substrate and (d) plasma treated copper substrate

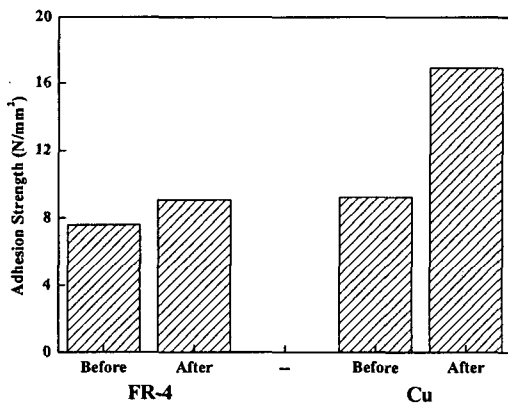


Fig.3 The results of adhesion strength

#### 4. 결 론

플라즈마 처리된 FR-4 기판과 Cu 기판의 표면 특성과 접착성을 XPS, 젖음각과 AFM을 이용하여 관찰하였다. 플라즈마 처리에 의해 FR-4 기판과 Cu 기판 표면에 새로운 반응기가 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이러한 반응기에 의해

언더필/FR-4 기판과 언더필/Cu 기판 사이의 젖음각이 감소하는 것으로 사료되며 접착 강도도 증가하는 것으로 사료된다. 또한, 플라즈마의 스퍼터링 효과에 의해 FR-4 기판과 Cu 기판의 표면이 평평해지는 현상을 확인할 수 있었다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부의 지역 기술 개발 프로그램(MOCIE : No.RTI04-03-04)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. John H. Lau : Flip Chip Technologies. New York. McGraw-Hill (1996).
2. Paul S. Ho, Guotao Wang, Min Ding, Jie-Hua Zhao, Xiang Dai : Microelectronic Reliability. 44 (2004). 719-737
3. De-Shin Liu, Chin-Yu Ni : Microelectronic Engineering. 42 (2002). 363-373
4. Djenna F, Prack E, Matsusuda Y. : Proceedings of the 43rd Electronics and Computer Technology Conferences. (1993). 348-355
5. C. Lee, R. Gopalakrishnan, K. Nyunt, A. Wong, R. C.- E. Tan, J. W.- L. Ong. : Microelectronic Reliability. 39 (1999). 97-105  
Wong CP, McBride R. : Proceedings of the 44th Electronics and Computer Technology Conference. (1994). 121-133
7. J. H. Kim, B. J. Park, Y. W. Han : Composite Structure. 66 (2004). 69-75
8. Markus P. K. Turunen, Pekka Marjamaki, Matti Paajanen, Jouko Lahtinen, Jorma K. Kivilahyi : Microelectronic Reliability. 44 (2004). 993-1007
9. Liston EM, Martinu L, Wertheimer MR. : Journal of Adhesive Science Technology 7 (1993). 1091