

BGA 패키지에서의 다양한 언더필의 신뢰성 평가

Reliability of Various Underfills on BGA package

노보인*, 정승부*

* 성균관대학교 신소재공학과

ABSTRACT

In this study, the interfacial reactions and electrical properties of the Sn-35(wt%)Pb-2(wt%)Ag/Cu BGA solder joints after the thermal shock test were investigated with three different kinds of the underfill used commercially. The microstructural evolutions of the solder joints were observed using a scanning electron microscopy (SEM) and the electrical resistance of the solder joints were evaluated with the numbers of thermal shock cycle using the four-probe method. The increase in the Cu₆Sn₅ IMC thickness led to the increase in the electrical resistance with increasing the numbers of the thermal shock cycle. The increase in the electrical resistance of the BGA packages with the underfill was smaller than that without the underfill. The silica contained underfill led to the higher electrical resistance.

1. 서 론

플립칩 (Flip chip)과 ball grid array (BGA)와 같은 고밀도 면실장 패키지는 솔더 접합부 (solder joint)의 높은 핀 카운트 (pin count)와 더 나은 전기적 수행이 가능하기에 전자 패키지 산업에서 널리 사용되어지고 있다.¹⁾ 솔더 접합부의 스탠드-오프 (stanf-off) 높이 차이는 리플로우 후의 자기 정렬 (self-alignment) 현상 또는 열팽창계수 (coefficient of thermal expansion : CTE) 차이에 의한 혼합 변형 (응력, 압축, 전단 등)에 의해 발생한다.²⁾ 이는 솔더 접합부의 신뢰성에 악영향을 끼치는 인자이고, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 언더필을 사용한다.

언더필 (Underfill)은 전자 패키지에서 실리콘 칩과 유기체 기판 사이에 위치하여 칩과 기판사이의 열팽창계수 차이를 감소시켜 솔더 접합부의 신뢰성 향상, 실리콘 칩에 가해진 응력과 변형의 재분배, 그리고 습기나 다른 악영향을 끼치는 환경으로부터 칩 보호 등의 역할을 한다.³⁾

본 실험에서는 열충격 시험(thermal shok test)하에서의 언더필을 이용한 BGA 패키지 솔더 접합 계면의 금속간 화합물 (intermetallic compounds : IMCs)의 성장과 열피로 특성을

관찰하였다.

2. 실험 방법

2.1 BGA 패키지 구성

본 실험에서는 400개의 솔더볼과 FR-4 기판으로 구성된 BGA 패키지를 사용하였다. 사용된 솔더는 Sn-35(wt%)Pb-2(wt%)Ag이며 솔더 볼 사이즈는 650 μ m, 패드의 개구부 사이즈는 500 μ m, 피치 사이즈는 1mm이다. Fig.1은 본 실험에서 사용된 BGA 패키지의 단면을 보여준다.

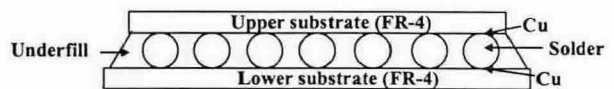


Fig.1 The cross-sectional structure of package

2.2 리플로어 및 언더필 경화

RMA 타입의 플럭스를 사용하여 220 $^{\circ}$ C의 온도 구간에서 솔더링을 실시하였으며 솔더링 후 플럭스 제거액을 이용하여 플럭스를 제거하였다. 언더필은 150 $^{\circ}$ C 온도 구간의 오븐에서 10분 동안 경

화시켰다.

2.3 열충격 시험

열충격 시험은 $-45^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 온도 구간에서 각각 6.5분씩(15분/cycle) 1000cycle을 실시하였다.

2.4 금속간 화합물 특성

열충격 시험 후 scanning electron microscopy (SEM)을 이용하여 계면 반응으로 생성된 금속간 화합물의 성장을 관찰하였다.

2.5 언더필의 물성 및 열피로 특성

Differential Scanning Calormetry (DSC), Thermal Gravity Analyzer (TGA), Thermo Mechanical Analyzer (TMA)와 Dynamic Mechanical Analyzer(DMA)를 이용하여 언더필의 기본 물성을 평가하였으며 four-prove method를 이용하여 전기 저항을 관찰하였다.

3. 실험 결과

3.1 금속간 화합물의 성장

열충격 시험에서 솔더 접합부는 칩 사이즈, 패드 설계, 기판 표면 처리, 기판 두께, 솔더 블 매트릭스, 언더필 이용 그리고 금속간 화합물 형성 등 많은 인자의 영향을 받는다.⁴⁾ 실험 결과 upper 기판과 lower 기판위에 scallop type의 Cu_6Sn_5 가 형성되었으며 Ag_3Sn 의 금속간 화합물이 계면과 솔더 내에 분포한 것을 관찰할 수 있었다. Fig.2에서 (A)와(B)는 언더필을 사용하지 않은 경우의 금속간 화합물 형상을 보여주고 있으며 (C)와 (D)는 언더필을 사용한 경우의 금속간 화합물 형상을 보여주고 있다.

열충격 시험 횟수에 따른 금속간 화합물 두께를 관찰한 결과 사이클 횟수가 증가할수록 금속간 화합물 두께가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 upper 기판보다 lower 기판에 형성된 금속간 화합물의 두께가 더 빨리 성장하였음을 확인할 수 있었다. Pang et al.은 열충격 시험에서의

Sn-Ag-Cu 솔더의 금속간 화합물 성장에 관한 실험을 하였으며 그 또한 열충격 시험 횟수가 증가할수록 금속간 화합물도 성장하였다고 발표하였다.⁵⁾ 그러나, 본 실험에서 언더필 유무에 따른 금속간 화합물 성장 영향은 확인할 수 없었다.

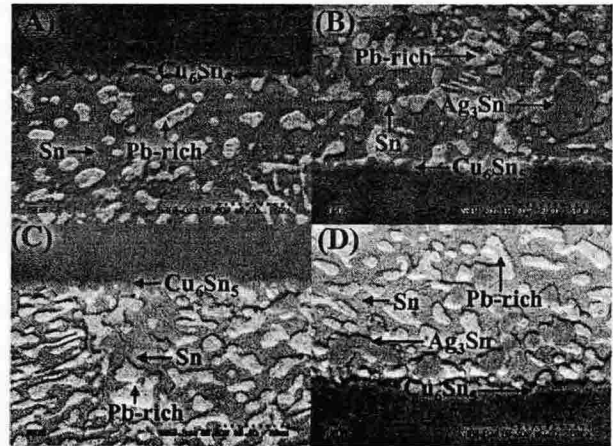


Fig.2 Microstructure of BGA

3.2 언더필의 물성 및 열피로 특성

Fig.3은 본 연구에서 사용된 언더필의 Dfferential Scanning Calormetry (DSC) 결과이다.

전기 저항을 측정한 결과 Cu trace의 길이가 길어질수록 전기 저항이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 언더필을 사용한 BGA 패키지의 전기 저항이 언더필을 사용하지 않은 BGA 패키지의 전기 저항보다 작은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 열충격 시험 횟수가 증가하더라도 동일한 결과를 확인할 수 있었다. Wang et al.은 열충격 시험에서 전기 저항이 증가한다고 발표하였다.⁶⁾ 본 실험에서도 열충격 시험 횟수가 증가할수록 전기 저항이 증가하는 것을 확인할 수 있었는데 이는 금속간 화합물의 성장 때문이라고 판단되어진다.

언더필의 특성에 의한 전기 저항의 변화를 관찰한 결과 실리카가 함유된 언더필이 실리카가 함유되지 않은 언더필보다 전기 저항이 높다는 것을 확인할 수 있었으며 전기 저항의 변화도 큰 것을 확인할 수 있었다. 600 사이클까지는 전기 저항의 변화가 뚜렷하지 않다가 600 사이클 후에 급격한 변화를 나타내었다. 또한 1000 사이클에서 언더필 유무에 따른 전기 저항의 차이를 나타내는 것으로 보아 언더필의 강성이 피로 파괴 (fatigue

failure)를 지연시키는 역할을 한다는 것을 확인할 수 있었다. Fig.4는 열충격 횟수에 따른 전기 저항의 변화에 대한 결과이다.

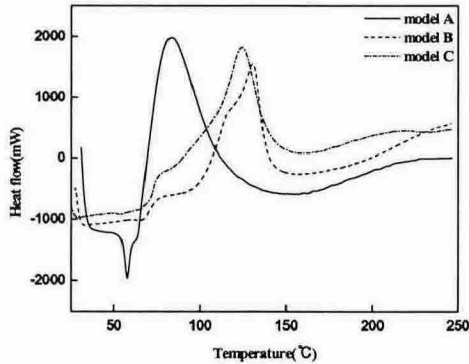


Fig.3 The results of DSC

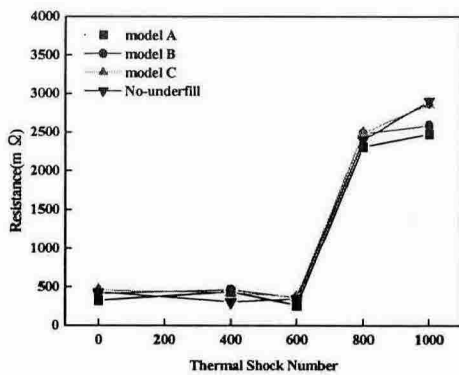


Fig.4 The electrical resistance variation according to the thermal shock number

4. 결 론

열충격 시험에서 금속간 화합물의 성장과 전기 저항의 측정 결과 사이클 횟수가 증가할수록 금속간 화합물이 성장하며 전기 저항도 증가하였다. 또한, 충전제가 함유된 언더필의 전기 저항이 충전제가 함유되지 않은 언더필의 전기 저항보다 높다는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 지역 기술 개발 프로그

램(MOCIE : No.RTI04-03-04)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 1.Y.C. Chan, P. L. Tu, K. C. Hung, Microelectronics Reliability (2001) 1867-1875
- 2.De-Shin Liu, Chin-Yu Ni, Microelectronic Engineering (2002) 363-373
- 3.J. H. Lau, Flip Chip Technologies, McGraw-Hill (1996) 123-153
4. S. C. Hung, P. J. Zheng, H. N. Chen, S.C. Lee, J.J. Lee, Proceedings of 1999 International Symposium on Microelectronics, Chicago (1999) 571-580
5. John H. L. Pang, T. H. Low, B. S. Xiong, Xu Luhua, C. C. Neo, Thin Solid Films (2004) 370-375
6. Z. P. Wang, Y. M. Tan, K. M. Chua, Microelectronics Reliability (1999) 1351- 1356