

## Thermal cycle하에서의 OSP 표면 처리된 BGA 패키지의 신뢰성 연구

### Reliability of BGA Package with OSP Surface Finish under Thermal Cycle

이종범\*, 노보인\*, 이영호\*, 정승부\*<sup>1,2</sup>

\*성균관대학교 신소재공학부

**ABSTRACT** The reliability of BGA (ball grid array) package with OSP (organic surface preservative) surface finish under thermal cycle was investigated by using SEM (scanning electron microscopy), EDS (energy dispersive spectroscopy), image tool and ball shear test. The IMCs (intermetallic compounds) were increased with increasing number of thermal cycles. However, the shear strengths of solder ball were decreased with increasing number of thermal cycles. The order of solders which had the highest shear strength as follow: Sn-3.5wt%Ag-0.7wt%Cu, Sn-0.7wt%Cu, Sn-37wt%Pb.

## 1. 서 론

솔더는 전자 패키징에서 칩과 기판 사이에 위치하여 전기적·기계적 결합을 하는 중간 매개체로써 널리 사용되어 왔으며, 특히 Sn-Pb 솔더는 전자 패키징 분야에서 50여 년 동안 널리 사용되어 왔다. 그러나 납의 유해성에 의한 환경적인 규제에 의해 납이 함유된 솔더의 사용이 규제되어 왔다. 따라서, 최근 수년 동안 친환경적인 무연 솔더의 개발이 진행되어왔다. 이미 NCMS (National Center for Manufacturing Science) 프로젝트 (US), IDEALS 프로젝트 (EU), NEDO 프로젝트 (일본)에 의해 무연 솔더 개발이 많이 진행되어왔다.<sup>1-6)</sup> 2000년도에 NEMI (The National Electronics Manufacturing Initiative, USA)에서 리플로우 공정 솔더로 Sn-Ag-Cu계 합금을, 플로우 솔더링에서는 Sn-Cu계 합금을 권장하기도 하였다.<sup>7-8)</sup>

솔더링성은 전자 패키징의 신뢰성에 영향을 미치는 중요한 특성으로 솔더링성을 향상시키는 방법 중 하나로 표면 처리가 있다. 유기물 코팅은 표면실장에서 회로 기판의 평면성을 향상시키고 Cu의 표면에 형성되는 산화물의 재생성을 방지

할 목적으로 bare Cu 위에 도포된다. 현재 전해 도금 (electro-plating)과 HASL (hot-air solder leveling)의 방법은 OSP (organic surface preservative) 처리보다 경제적인 부담이 크고 평면성이 상대적으로 좋지 않은 문제점을 가지고 있다. 그러나, OSP 처리는 OSP의 수명이 제한적이고 리플로우시 표면에 처리된 OSP 양의 감소로 인해 전자 패키징의 신뢰성에 문제가 발생할 수도 있다.

따라서, 본 연구에서는 열 사이클 하에서의 솔더에 따른 OSP 표면 처리된 BGA (ball grid array) 패키지의 신뢰성을 금속간 화합물의 성장, 전단 강도, 전단 시험 후 파면을 관찰하여 확인하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 BGA 솔더볼은 직경 500  $\mu\text{m}$ 이며, 솔더는 Sn-0.7wt%Cu, Sn-3.5wt%Ag-0.7wt%Cu, Sn-37wt%Pb 세 종류를 사용하였다. 기판 재질은 FR-4이고 개구부 직경은 460  $\mu\text{m}$ 이다. 고형분이 15% 함유된 RMA (resin mildly active) 타입의 플럭스를 사용하여 리플로우를

실시하였다.

-45~120℃ 온도 구간에서 각각 30분의 유지 시간과 승온 시간 5분을 실시하여 한 사이클당 70분씩 1000 사이클까지 열 사이클 시험을 실시하였다.

열 사이클 시험 후, SEM (scanning electron microscopy)와 EDS (energy dispersive spectroscopy)를 이용하여 금속간 화합물을 분석하였고 image tool을 이용하여 금속간 화합물의 두께를 측정하였다. 솔더볼의 전단 강도는 ball shear test를 이용하여 측정하였다. 시험 조건은 probe 높이 50 μm, 속도 200 μm/s이었다. 각 솔더당 10개를 측정하고 최대, 최소값을 제외한 평균값으로 전단 강도값을 구하였다. 또한, 전단 시험 후 솔더볼의 파면을 SEM을 이용하여 관찰하였다.

### 3. 실험 결과

Fig.1은 upper side와 lower side의 솔더별 금속간 화합물 성장을 관찰한 결과이다. 사이클 횟수의 증가에 따라 솔더의 upper side와 lower side 모두에서 금속간 화합물이 성장하는 것을 확인할 수 있었다. Sn-37Pb 솔더가 금속간 화합물의 성장이 다른 두 솔더에 비해 느리고, Sn-0.7Cu 솔더가 금속간 화합물의 성장이 가장 빠른 것을 확인할 수 있었다. EDS 분석 결과, 세 종류의 솔더와 Cu 패드 사이에 생성된 금속간 화합물의 조성은 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 Cu 원소를 함유하고 있는 무연 솔더가 솔더내 Cu와 Sn이 반응하기 용이하므로 Sn-37Pb 솔더보다 금속간 화합물의 성장이 빠르기 때문이라 사료된다. 또한, Sn-0.7Cu 솔더가 Sn-3.5Ag-0.7Cu 솔더보다 금속간 화합물의 성장이 빠른 것은 Sn-3.5Ag-0.7Cu 솔더내에 분포한 Ag<sub>3</sub>Sn 상이 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>의 금속간 화합물의 성장을 방해하기 때문이라 사료된다.

Fig.2는 각각의 솔더에 대한 전단 강도를 측정 한 결과이다. 사이클 횟수의 증가에 따라 전단 강도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 세 솔더를 비교한 결과, 사이클 횟수의 증가와 무관하게 Sn-3.5Ag-0.7Cu 솔더의 전단 강도가 가장 높

은 결과를 나타내었고 Sn-37Pb 솔더의 전단 강도가 가장 낮은 것을 확인할 수 있었다. 솔더내에 분포되어 있는 Ag<sub>3</sub>Sn상의 분산강화 효과로 인해 Sn-3.5Ag-0.7Cu 솔더의 전단 강도가 Sn-0.7Cu 솔더보다 높은 것이라 사료된다.

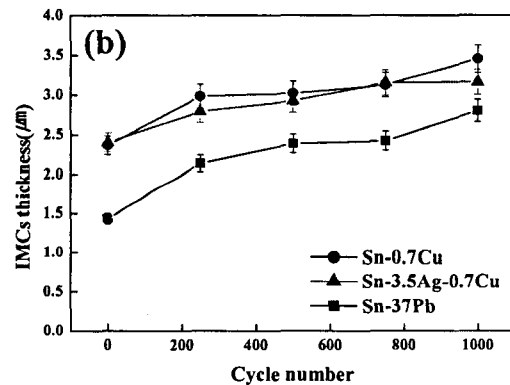
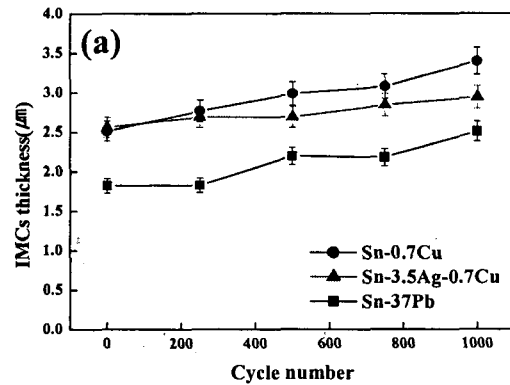


Fig.1 The results of IMCs thickness: (a) upper side and (b) lower side

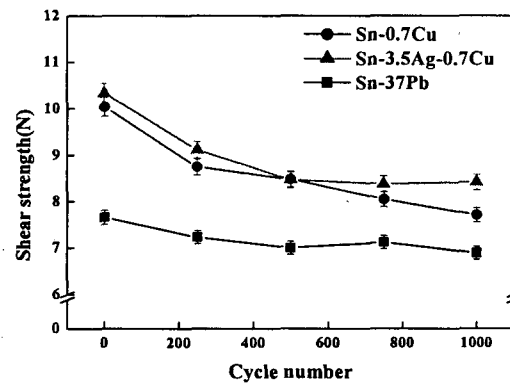


Fig.2 The results of shear strength

Fig.3은 Sn-0.7Cu 솔더의 전단 시험 후, 파면 사진을 SEM을 이용하여 관찰한 결과이다. 파면을 관찰한 결과, 싸이클 횟수에 무관하게 모두 솔더내 연성 파괴 모드임을 확인할 수 있었다. 싸이클 횟수가 증가함에 따라 파면의 딥플 형상이 조대해지는 것을 확인할 수 있었고 이와 같은 현상에 의해 싸이클 횟수가 증가함에 따라 솔더의 전단 강도가 저하되며 싸이클 횟수가 증가함에 따른 결정립의 조대화로 인해 전단 강도가 저하되는 것이라 사료된다.

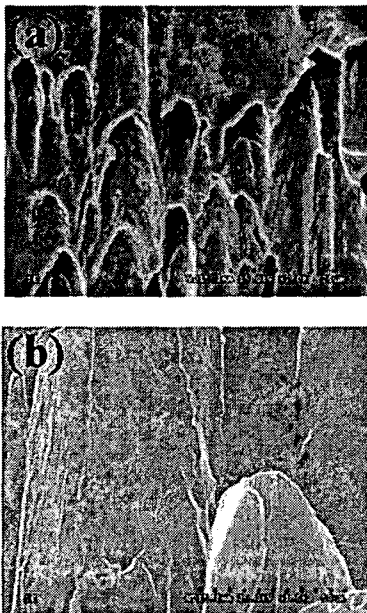


Fig.3 The fracture mode of Sn-0.7Cu solder:  
(a) 0 cycle and (b) 1000 cycles

#### 4. 결 론

본 연구에서는 열 싸이클 시험 하에서 OSP 표면 처리된 BGA 패키지의 신뢰성을 Sn-0.7Cu, Sn-3.5Ag-0.7Cu, Sn-37Pb 솔더를 이용하여 관찰하였다. 솔더와 Cu 패드 사이에 형성된 금속간 화합물은  $Cu_6Sn_5$ 임을 확인할 수 있었고, 싸이클 횟수가 증가함에 따라 금속간 화합물은 Sn-0.7Cu, Sn-3.5Ag-0.7Cu, Sn-37Pb 솔더 순서로 빠르게 성장하였다. 솔더의 전단 강도는 Sn-3.5Ag-0.7Cu 솔더가 가장 높은 값을 나타내었으며 Sn-37Pb 솔더가 가장 낮은 값을 나타내었다. 세 솔더 모두 싸이클 횟수의 증가와 무관

하게 솔더내 연성 파괴 모드를 나타내었다.

#### 후 기

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

#### 참 고 문 헌

1. Yi. He, Brian E. Moreira, Alan Overson, Stacy H. Nakamura, Christine Bider, John F. Briscoe : Thermal characterization of an epoxy-based underfill material flip chip packaging, *Thermochimica Acta*, 1-8 (2000). 357-358.
2. S.Gordeev, V. Heinzl, V. Slobodtechouk: Features of convective heat transfer in heated helium channel flow, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48 (2005). 3363-3380.
3. Y.C. Chan, P. L. Tu, K. C. Hung : Study of the self-alignment of no-flow underfill for micro-BGA assembly, *Microelectronics Reliability* (2001). 1867-1875.
4. De-Shin Liu, Chin-Yu Ni : A study on the electrical resistance of solder joint interconnections, *Microelectronic Engineering* (2002). 363-372.
5. J. H. Lau : *Flip Chip Technologies*, McGraw-Hill (1996). 123-153 .
6. Jurgen Stabel, Mingmin Ren : Fluid-structure-interaction for the analysis of the dynamics of fuel storage racks in the case of seismic loads, *Nuclear Engineering and Design*, 206 (2001). 167-176.
7. K. Schroder, H. Gelbe : Two- and three-dimensional CED-simulation of flow-induced vibration excitation in tube bundles, *Chemical Engineering and Processing*, 38 (1999). 621-629.
8. Yi He : DSC and DEA studies of underfill curing kinetics, *Thermochimica Acta*, 367-368 (2001). 101-106.