

BGA 패키징에서 공정 Sn-Ag 솔더 접합부의 금속간화합물 성장과 기계적 특성에 관한 연구

(The growth of IMC and mechanical property at Sn-Ag solder joint in BGA)

이인영*, 이창배*, 정승부*, 서창재*

*성균관대학교 금속재료 공학부

1. 서론

현재 널리 사용되고 있는 Sn-Pb계 솔더는 Pb로 인한 환경문제, 특히 인체에 유해하므로 전세계적으로 그 사용을 규제하고 있는 실정이다. 따라서 새로운 솔더의 개발이 시급한 실정이다. Sn-Pb솔더를 대체할 만한 솔더로서는 Sn-Ag계, Sn-Bi계, Sn-Zn계 솔더 등이 있으나 그 중 Sn-Ag솔더 합금은 고온용 솔더로서 Sn-Pb솔더보다 기계적 특성이 우수한 것으로 알려져 있다. BGA(Ball Grid Array)는 일반적으로 Cu/Ni/Au 3종류의 layer 구조로 이루어져 있으며 Au layer는 wetting성 향상과 산화방지를 위해 사용되며 Ni layer는 확산 barrier로 Cu-Sn 금속간화합물의 성장을 억제시키지만 Ni-Sn계 금속간 화합물을 계면에서 성장시킨다. 이러한 금속간 화합물은 접합부 계면에서 등온 시효 동안 점차 성장하여 접합부의 신뢰성을 감소시킨다. 따라서 등온시효에 따른 금속간화합물의 성장과 기계적 특성을 관찰하였다.

2. 실험방법

2.1 Reflow 공정

본 연구에서 사용된 BGA substrater의 pad는 bare Cu와 Cu/electrolessNi/electrolessAu 2종류를 사용하였으며 각 pad의 직경은 $640\mu\text{m}$ 이다. Au와 Ni layer는 무전해 도금으로 deposit 되었고 두께는 $0.7\mu\text{m}$ Ni 와 $0.15\mu\text{m}$ Au 이다. 사용된 솔더는 Sn-3.5Ag solder ball이고 직경이 $760\mu\text{m}$ 이다. BGA substrate는 solder ball을 실장하기 전 pad의 오염물을 제거하기 위해 10% H_2SO_4 으로 산세처리 하였으며 flux 도포 후 solder ball을 실장 하였다. Reflow 공정은 393K에서 flux를 활성화 시켰으며 최고 온도는 523K로 60초동안 reflow 하였다.

2.2 등온 시효 실험

등온시효에 따른 금속간 화합물의 성장을 관찰하기 위하여 343K, 393K, 423K, 443K에서 등온시효 처리를 하였다. 시효시간은 1일, 3일, 6일, 15일, 30일, 60일, 100일 동안 등온시효 후 epoxy로 mounting 한 다음 polishing을 하여 전자주사현미경(Scanning Electron Microscopy)으로 미세조직을 관찰하였고 image analysis software를 사용하여 두께를 측정하였으며 EDS(Energy Dispersive spectroscopy)을 사용하여 상 분석을 하였다.

2.3 Ball shear test

등온 시효에 따른 접합부의 기계적 특성을 관찰하기 위하여 Ball shear test를 실시하였다. PTR shear test기기를 사용하였으며 시험조건은 하중 5000gf, speed 0.2mm/s이다. 각각의 시효시간에 따른 전단강도를 측정하였으며 파면은 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy)으로 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

공정 Sn-Ag 솔더의 용점은 494K로 Sn matrix에 rod-like 형태의 Ag_3Sn (ϵ -phase)이 석출된 공정조직을 가지고 있으며 등온시효에 따라 Ag_3Sn 이 조대화 되었다.

솔더와 substrate의 계면반응을 관찰한 결과 bare Cu 위에서는 Cu-Sn 금속간 화합물이 시효시간의 증가에 따라 parabolic 하게 성장하였으며 고온에서는 $\text{Cu}_3\text{Sn}/\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 두 금속간화합물 층이 형성됨을 알 수 있었다.

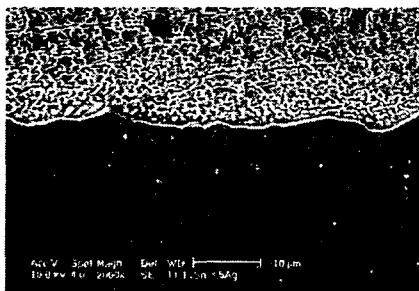
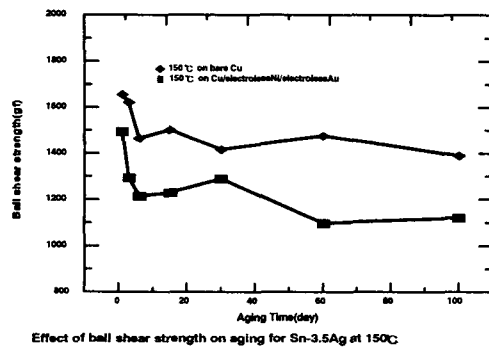
Cu/electrolessNi/electrolessAu 위에서 reflow시 Au layer는 용해속도가 매우 빨라 solder 내로 완전히 고용되어 존재하며 계면에서 Ni-Sn 금속간화합물인 Ni₃Sn₄가 관찰되었다. 그러나 Ni는 diffusion barrier로 작용하여 그 성장속도가 Cu-Sn 금속간화합물 보다 낮음을 알 수 있었다.

Ball shear test시 bare Cu 에서는 파괴 mode가 솔더 내에서 파괴되는 연성파괴가 발생하였으나 장시간 등온시효시 부분적으로 파괴가 계면에서 발생하는 취성파괴 현상이 발생함을 관찰할 수 있었다. Cu/electrolessNi/electrolessAu 위에는 파괴 mode가 초기에 솔더내에서 파괴되는 연성파괴가 일어나며 그후 취성파괴로 파괴모드가 변함을 관찰할 수 있었다.

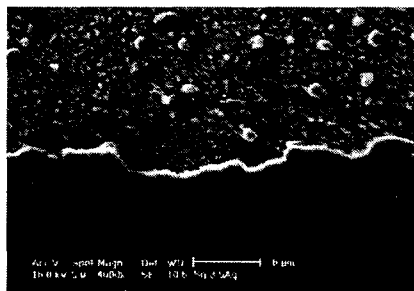
본 실험에서 금속간화합물의 성장은 솔더 접합부의 신뢰성에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

1. Solid state intermetallic compound growth between Copper and high temperature, Tin-rich solders-Part 1 P.T Vianco : Journal of Electronic Materials, Vol.23, No.8. 1994
2. Shear testing and failure mode analysis for evaluation of BGA Ball attachment : 1999 IEEE international symposium
3. The influence of Nickel/Gold surface finish on the assembly Quality and long term reliability of thermally enhanced BGA packages : 1999 IEEE international symposium



Microstructure of Sn-3.5Ag solder joint on Cu at 150°C for 30day



Microstructure of Sn-3.5Ag solder joint on Au at 150°C for 30day