

BGA에서 Sn-3.5Ag solder와 무전해 Ni-B, Ni-P substrate간 reflow 시간에 따른 계면반응

A study on interface reaction between BGA joints with Sn-3.5Ag solder and electroless Ni-B, Ni-P deposits as reflow time

이규하*, 박종현*, 김봉균*, 이창열**, 서창제*

* 성균관대학교 신소재공학과

** 한국 전자 부품 연구소

1. 서 론

현재까지 전자부품 실장에 사용되는 솔더 합금들 중에서 Sn-Pb계 솔더는 취급이 용이하고 낮은 가격 및 솔더 재료로서의 우수한 특성(기계적 및 전기적 특성, 접합성 등) 때문에 전자산업계에서 가장 널리 사용되고 있다. 그러나 Pb의 인체에 대한 유해성과 환경 보존적인 관점에서 Pb의 사용을 제한하는 분위기가 점차 확산되고 있으며 유럽의 경우 전자/전기 장치로부터의 폐기물에 관한 EU지침(WEEE)지도부는 2004년 1월까지 자동차 등을 제외한 모든 전자제품에서의 Pb 사용에 관한 금지를 요구하고 있다.

Cu는 실장기술에서 널리 사용되는 전극 재료이나 무연솔더는 Sn을 주원소로 하는데 솔더링 공정중 Cu층과 반응을 하여 금속간화합물(IMC)을 형성하게 되며 이러한 금속간화합물은 취성이 강하고 성장이 급속함으로 솔더 접합부의 기계적인 강도를 저하시키는 것으로 보고되고 있다. 따라서 Cu와 Sn원자들의 확산을 방지하기 위한 무전해 Ni도금은 최근 Micro-electronic 실장기술에서 많이 적용되고 있는 추세이다. 무전해 도금은 마스크없이 선택적으로 도금이 가능하고 저비용 프로세스이며 솔더 접합성의 향상과 솔더의 diffusion barrier로서 우수한 성능을 가지고 있다. 무전해 Ni의 도금은 전해 도금과는 달리 도금속의 온도, pH와 환원제의 의해 도금이 좌우되며, 실용적인 이용도가 높은 것은 산성 무전해 Ni-P로서 차아인산염을 환원제로 사용하여, 비정질 합금으로 된 균일한 표면을 얻을 수 있는 특징 때문에 내식성, 내마모성이 우수하다. 이에 수소화 붕소화합물을 환원제로 사용하는 Ni-B도금은

저온에서의 석출이 차아인산염을 사용한 것 보다 유리하므로 플라스틱상에 유도성을 부여하는 무전해 도금으로서 장래성이 기대된다고 알려져 있다. 일반적으로 Sn-base 솔더와 Ni도금층간 계면에서 형성되는 금속간화합물은 대표적으로 Ni₃Sn₄이다. 이 금속간화합물은 열적 환경하에서 성장함에 따라 계면에 형성도 변화하여 전기적 기계적 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 Ni-P, Ni-B도금층과 Sn-3.5Ag 무연 솔더의 젖음 특성, 리플로우 시 생성되는 금속간 화합물의 성장 거동 및 계면 현상을 시간의 변화에 따라 살펴 보았으며 Ball Shear Strength Test를 통하여 BGA 접합부의 신뢰성을 평가하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 젖음성 평가

젖음성 시험은 IPC(The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits Standard)-TM 650규격에 의한 메니스코그래프 젖음성 실험을 기초로 하여 구리시편을 7.0x30.0x0.2(mm)크기로 가공하였다. 가공된 시편은 10% H₂SO₄-90%CH₃OH 용액으로 산세처리 하여 표면의 산화피막을 제거하였으며 도금층이 젖음성에 미치는 영향을 고찰하기 위해 Cu표면에 Ni-P(7%P) 및 Ni-B(<1wt%B)를 도금하였다. 젖음성 시험은 Wetting balance tester (Rhesca Co. Ltd., SAT-5100)를 사용하였으며, flux는

R-type, RMA-type 두 종류의 flux를 사용하였다. 실험 조건은 Table1에 나타내었다.

Specimen size	7×30×0.2(mm)
Atmosphere	Air
Immersion time	10(sec)
Immersion depth	5(mm)
Immersion speed	10(mm/s)
Sensor	20(mN)

Table1 Wetting balance test conditions used in the experiment.

2.2 리플로우 실험

본 실험에서 사용된 BGA기판은 pitch간격이 1.27mm이며 pad직경은 0.64mm이다. 기판으로서는 무전해 Ni-P(7wt%P)가 도금된 기판, Ni-B(<1wt%B)가 도금된 기판 위에 산화방지 및 젖음성 향상을 위하여 무전해 Au도금을 90℃에서 약 0.15 μ m의 두께로 도금하였다. 솔더볼은 Sn-3.5wt%Ag이며, 볼의 직경은 0.76mm이다. 준비된 두 종류의 기판위에 RMA type의 flux를 도포 후 솔더볼을 패턴 위에 올린 후 Sn-3.5Ag솔더의 melting point보다 약 40℃ 높은 260℃에서 리플로우 하였으며 시간은 0.5, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30분간 행하였다. 이후 계면 반응 및 금속간화합물 두께측정을 위하여 각 리플로우 단계에서의 시편을 마운팅한후 폴리싱, 에칭하였다. SEM(Scanning Electron Microscope)로 미세조직을 관찰하였으며 각 상의 분석은 EDS(Energy Dispersive Spectroscope)로 분석하였다. 또한 Image Analysis software를 사용하여 금속간화합물의 두께를 측정하였다.

2.3 Ball Shear Test 및 파면관찰

솔더 접합부의 접합강도의 측정은 bonding tester를 이용하여 평가하였다. Ball shear test는 솔더 접합부의 접합강도를 측정하기 위해 가장 널리 사용되는 방법으로 본 실험에서는 각각의 기판 위에 20개의 솔더볼을 ball shear test 하였으며 그 평균값을 계산하였다. 시험조건은 하중 5000gf, 전단속도는 0.2mm/s로 고정하여 실험을 하였으며 전단 시험후 파면의 관찰은 SEM, XRD를 이용하여 관찰을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

젖음성 실험을 통하여 온도 및 flux 종류에 따른 젖음성의 변화는 솔더의 젖음성에 영향을 받는

것으로 관찰 되었다. R-type보다는 RMA-type flux를 사용한 경우, 즉 고형분이 상대적으로 많은 flux를 사용한 경우에 젖음성이 좋다는 것이 관찰되었다. 또한 솔더와의 반응성이 더 높은 Ni-B(<1wt%B)가 Ni-P(7wt%P) 보다 wetting force는 높고, wetting time은 더 작게 측정된 결과 젖음성이 더 좋음을 알 수 있었다. SEM과 EDS분석에 의한 계면반응 관찰에서는, 두 조건에서 관찰된 대표적인 금속간 화합물은 Ni₃Sn₄였으며, 리플로우 시간이 증가함에 따라서 Ni-P와 Ni-B의 금속간화합물 모두 증가함을 알 수 있었다. 초기의 성장속도는 리플로우 시간이 지남에 따른, 후반부의 성장속도 보다 훨씬 빨랐으며, 시간에 따라 성장되는 금속간화합물의 두께는 포물선적으로 증가하였다.

Ni-P의 경우 리플로우 시간이 5분이 경과함에 따라 Ni₃Sn₄가 Ni 도금 층으로부터 spalling됨이 관찰되었다. 그리고, 시간이 증가함에 따라서 Solder 쪽으로 계속적인 Ni원자의 확산 때문에 Ni₃Sn₄ IMC가 증가하므로, original Ni-P층은 점차 감소하다가 결국 리플로우 시간이 25분정도 경과한 후에는 완전히 고갈되었다. 계면에서 Ni-Sn원자들의 반응으로 IMC가 형성되는 것에 비해, 반응에 참여하지 않는 P는 original Ni-P층쪽으로 확산하여 P-rich layer (Ni₃P)결정화층이 생성되었고, 이 결정화층 또한 리플로우 시간이 증가함에 증가한다. Ni₃P층의 열팽창 계수값 차이로 구성 원자들의 응집때문에 리플로우 시간이 약 15분 후부터 결정화 층에 channel이 형성되었다. 그 channel 사이로 Sn 원자들이 흐르게 되어 리플로우 시간이 30분이 경과한 후에는 결정화층과 Cu사이에 Cu-Sn간 IMC가 형성되었음을 알 수 있었다. 또한, Ni₃P 층과 솔더사이의 얇은 층은 EDS 분석결과 Sn-Ni-P성분의 3원계 화합물로 밝혀졌다.

반면, Ni-B의 경우에는 Ni-P처럼 여러 층의 복잡한 금속간 화합물의 생성은 나타나지 않았지만, 마찬가지로 리플로우 시간이 증가함에 따라 금속간화합물은 포물선적으로 성장하였다. 리플로우 시간이 약 15분 정도 지난후에는 Ni₃Sn₄ IMC와 Ni 도금층 사이에 박리현상이 나타났으며, 이는 리플로우 이후 용해된 솔더의 응고시 Ni₃Sn₄의 큰 volume shrinkage때문에 이러한 현상이 나타났다고 사료된다.

리플로우 시간에 따른 Ball Shear Test 결과에 따르면 Ni-P에서는 리플로우 시간이 증가함에 따라 강도값이 감소하나, 30분이후 급격히 증가함이 관찰되었다. 반면, Ni-B에서는 리플로우 시간이 15분에서부터 전단강도값이 급격히 감소 됨이 나타났다. 파면 관찰에 의하면 리플로우 시간초반에서는 솔더부에서 파단이 일어나는 연성 파괴 모드가 두드러졌으나,

강도값이 급격히 저하되는 시점부터 EDS분석 결과 솔더부의 면적이 감소하는 반면, Ni층의 면적이 증가하는 연성과 취성과괴 모드가 혼합된 형태로 파단이 일어났음을 알 수 있었다. 특히, Ni-P의 리플로우 시간이 30분에서는 Cu-Sn간 화합물도 드러났다.

참고문헌

1. M.O. Alam, Y.C Chan and K.C. Hung : Electronic Component and Technology conference(2002)
2. Young-Doo Jeon and Kyung-Wook Paik : Electronic Component and Technology conference(2001) 1650-1657
3. Hexing Li, Hui Li, Weilin Dai, Minghua Qiao : Applied Catalysis A : General 238 (2003) 119-130
4. Deepak Goyal, Tim Lane, Patrick Kinzie, Chris Panichas : Electronic Component and Technology conference(2002) 732-739