

Sn-Zn 무연솔더를 사용한 BGA 패키지의 계면반응 및 신뢰성 평가

Reliability Investigation and Interfacial Reaction of BGA packages Using the Pb-free Sn-Zn Solder

전현석, 윤정원, 정승부
성균관대학교 신소재공학과

ABSTRACT

Sn-9Zn solder balls were bonded to Cu and ENIG (Electroless Nickel/Immersion Gold) pads, and the effect of aging on their joint reliability was investigated. The interfacial products were different from the general reaction layer formed in a Sn-base solder. The intermetallic compounds formed in the solder/Cu joint were Cu_5Zn_8 and Cu_6Sn_5 . After aging treatment, voids formed irregularly at the bottom side of the solder because of Sn diffusion into the Cu_5Zn_8 IMC. In the case of the solder/ENIG joint, $AuZn_3$ IMCs were formed at the interface. In the case of the Sn-9Zn/ENIG, the shear strength remained nearly constant in spite of aging for 1000 hours at 150°C. On the other hand, in the case of the Sn-9Zn/Cu, the shear strength significantly decreased after aging at 150°C for 100 hours and then remained constant by further prolonged aging. Therefore, the protective plating layer such as ENIG must be used to ensure the mechanical reliability of the Sn-9Zn/Cu joint.

1. 서 론

오랜기간 동안 aircraft, electronics, automobile, 그리고 telecommunication 산업 전반에 걸쳐 Sn-Pb 솔더는 전자부품들을 subassembly로 효율적으로 연결해주는 역할을 하여왔다. 하지만 솔더의 주 성분으로 사용되어 왔던 Pb성분의 유해성이 대두됨에 따라 유럽을 비롯한 해외 선진국에서는 Pb와 같은 인체·환경 유해성 물질에 대한 전자부품으로의 사용 규제를 언급하고 있으며, 2006년 7월부터는 RoHS / WEEE와 같은 법 규제로 일정 양 이하의 Pb성분이 들어가 있는 전자부품은 100% Pb-free 솔더로 대체하기로 규정하고 있다. 따라서 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국에서는 벌써 몇 해 전부터 Pb-free 솔더 개발을 위하여 노력해 왔고, 우리나라에서도 그 노력에 동참하고 있다. 기존 솔더로 주로 사용되어져 왔던 Sn-37Pb의 경우 낮은 가격, 좋은 젖음 특성, 피로저항 특성과 같은 적절한 물리적, 기계적, 금속학적 특성 등으로 인하여 우수한 접합 신뢰성을 나타내었다. 현재 Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Zn계의 이원계 합금이

나 Sn-Ag-Cu계의 삼원계 합금이 대표적인 Pb-free 솔더로 각광을 받고 있다. 하지만 오늘날 전기·전자제품의 경박단소화 경향으로 인한 제품 내부의 미세피치화 경향으로 실장되는 부품들간의 열피로특성은 솔더를 선택하는데 있어 무엇보다도 중요한 조건 중 하나가 된다. Sn-37Pb(183°C)에 가장 근접한 용융온도를 가지고 있는 Pb-free 솔더가 바로 Sn-9Zn 솔더(198°C)이다. 이러한 이유로 기존의 생산라인이나 전자부품의 교체없이 사용이 가능하고, Zn가 저가의 금속이므로 경제적인 측면에서도 우위를 차지한다고 볼 수 있다. 단 Zn가 활성금속이므로 다른 Pb-free 솔더에 비하여 reflow시 낮은 젖음성, 산화, 그리고 많은 void 생성 등의 문제점이 발견되고 있다. 따라서 본 고에서는 OSP 처리된 Cu기판과 무전해 처리된 Au/Ni/Cu기판에 Sn-9Zn 솔더를 reflow시킨 후 시효처리에 따른 계면반응과 기계적 성질을 관찰하였다.

2. 실험방법

2.1 리플로

본 실험에서는 피치 간격이 2mm이며, pad직경이 460um인 BGA기판을 사용하였다. 먼저 OSP 처리된 Cu기판에 확산방지층의 역할을 해주는 Ni를 무전해도금 해주었고, 그 위에 산화방지 및 젖음성 향상을 위하여 Au를 약 90°C에서 0.15um로 치환도금 해주었다. 솔더는 볼의 직경이 500um인 Sn-9Zn를 사용하였으며, 솔더볼을 flux를 매개로 ENIG기판에 올려놓은 후, IR 4zone리플로 장치를 이용하여 질소가스 분위기 하에서 접합하였다.

2.2 시효처리 및 미세조직 관찰

등온시효처리에 따른 계면반응 및 전단강도 값의 변화를 관찰하기 위하여 각각의 시편들을 70, 100, 120, 150°C에서 1~1000시간까지 시효처리 하였다. 본 실험에서 사용된 시효장비는 ±1°C의 오차 범위를 가지는 오븐(oven)을 사용하였다. 열처리된 시편은 주사전자 현미경(SEM)으로 24, 100, 250, 500, 1000시간 간격으로 조직 관찰, EDX로 화학적 조성분석, XRD로 상분석이 이루어 졌다.

2.3 전단 테스트

전단강도 측정은 전단 테스터를 사용하여, 틀 높이를 50um, 틀 속도를 200um/s, 하중을 5kgf로 하여 측정하였다. 각 시편 당 총 20개의 전단값을 측정하였으며, 평균값으로 전단강도 값을 나타내었다. 전단테스트를 마친 시편은 SEM으로 파면을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 계면 미세조직

Fig.1은 Sn-9Zn 솔더와 OSP처리된 Cu 기판 간의 계면SEM 사진으로 150°C에서 각각 250시간과 1000시간 동안 열처리한 시편을 보여준다. Cu 기판의 경우 Fig.1과 같이 초기에는 솔더와 기판 간에 Zn와 Cu가 반응하여 Cu_5Zn_8 금속간 화합물이 불규칙적으로 성장하는 모습을 볼 수가 있었으나 시간이 흐를수록 솔더 내의 적은 양의 Zn가 모두 고갈되면서, Sn이 기판쪽으로 확산되고 기판의 Cu와 반응하여 Cu_6Sn_5 금속간 화합물이 형성됨을 관찰할 수가 있었다. 하지만 일반적

인 다른 솔더들과의 차이점은 금속간 화합물의 성장모습이 굉장히 불규칙적이며 시효처리에 따라 계면에서 심각한 void 성장모습이 관찰된다는 점이다.

이와 같은 문제점을 보완하기 위해 기판에 diffusion barrier 역할을 하는 Ni(P)을 약 7um정도, 그리고 그 위에 솔더와의 젖음성을 개선해 주고 산화를 방지해 주기위한 Au를 약 0.15um두께로 무전해 도금해 주었다.

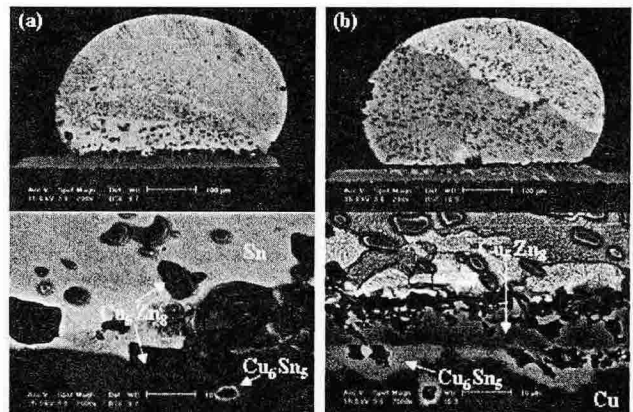


Fig.1 SEM micrographs of the Sn-9Zn solder/Cu interfaces after aging at 150°C for (a) 250hr and (b) 1000hr

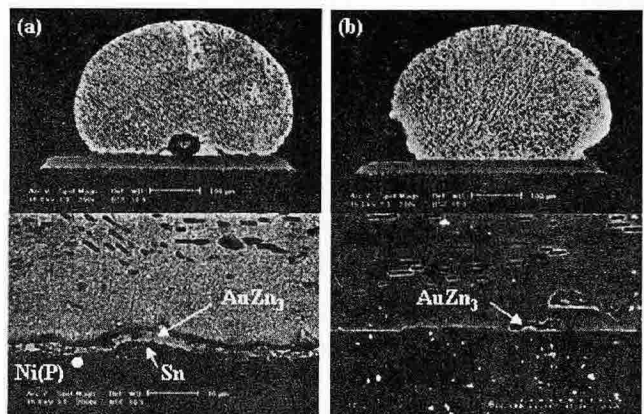


Fig.2 SEM micrographs of the Sn-9Zn solder/ENIG interfaces after aging at 150°C for (a) 500hr and (b) 1000hr

그 결과 Fig. 2와 같이 시효처리 시간이 지남에 따라 무전해 도금된 Au가 솔더 내의 Zn와 반응하여 $AuZn_3$ 금속간 화합물을 형성하였고 diffusion barrier 역할을 하는 Ni(P)층의 영향으로 150°C에서 1000시간동안의 시효처리에 불구하고 기판의 Cu는 솔더와 반응을 하지 않고, Ni(P)층 역시 솔더와 반응을 하지 않았다.

3.2 전단강도

Fig.3은 Sn-9Zn솔더와 ENIG기판에 있어서 열처리 온도와 시간에 따른 전단강도 값의 변화를 나타낸 그래프이다. Fig.3에 나타낸 바와 같이 전단 강도값은 온도와 시효처리 시간에 거의 무관하게 일정하다는 것이 관찰된다. 전단시험 후 파면의 관찰결과, 파괴는 모두 솔더 내에서 일어났다.

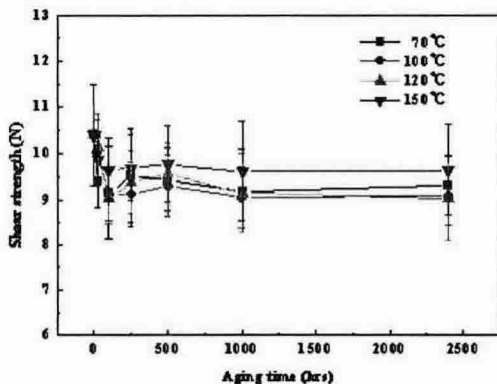


Fig.3 Variation of the shear strength of the Sn-9Zn/ENIG joints with aging treatment

Fig.4은 Sn-9Zn솔더와 OSP처리된 Cu기판에 있어서 열처리 온도와 시간에 따른 전단강도의 변화를 나타낸 그래프로, 150°C의 일정한 온도에서 1000시간 동안 시효처리하면 전단강도 값은 시효 초기에 급격하게 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 계면에서의 Cu_5Zn_8 금속간화합물의 초기성장이 전단강도 값에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

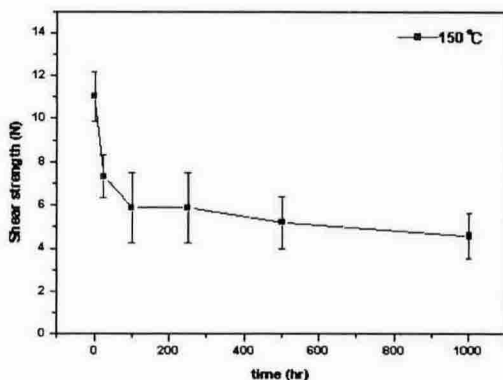


Fig.4 Variation of the shear strength of the Sn-9Zn/Cu joints with aging treatment

4. 결 론

Sn-9Zn 솔더와 Cu 그리고 ENIG BGA기판 사이의 등온시효를 통한 실험을 수행함으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) Sn-9Zn/Cu의 경우, 등온시효처리에 따라 계면에 Cu_5Zn_8 , Cu_6Sn_5 금속간 화합물을 형성하며, Sn-9Zn/ENIG의 경우 도금층인 Au가 솔더내의 Zn와 반응하여 $AuZn_3$ 의 금속간 화합물을 형성하였다. 후자의 경우 확산방지층으로 사용된 Ni은 솔더 내의 어떤 성분과도 반응을 하지 않았다.
- 2) 전단시험을 실시한 결과, Sn-9Zn/Cu의 경우, Cu_5Zn_8 금속간 화합물의 생성으로 인하여 전단강도 값이 시효초기에 급격하게 감소하는 경향을 보였으며, Sn-9Zn/ENIG의 경우 비록 $AuZn_3$ 금속간 화합물이 생성되긴 하였으나 전단강도 값에는 그다지 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.
- 3) Sn-9Zn/Cu계면의 기계적 신뢰성을 향상시키기 위하여, ENIG와 같은 보호도금층의 사용이 요구되어 진다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술 혁신사업 (RTI04-03-04) 지원으로 수행되었음

참고문헌

1. M.DATE, K.N. Tu, T. Shoji, M. Fujiyoshi and K. Sato : Interfacial reactions and impact reliability of Sn-Zn solder joints on Cu or electroless Au/Ni(P) bond-pads, J.Mater.Res., vol19, No10, 2004, 2887-2896
2. SHAN-PU YU, HSIU-JU LIN, MIN-HSIUNG HON, MOO-CHIN WANG : Effect of process parameters on the soldering behavior of the eutectic Sn-Zn solder on Cu substrate, J.Material.Science, No.11, 2000, 461-471
3. Kyung-Seob Kim, Jun-Mo Yang, Chong-Hee Yu, In-Ok Jung, Heon-Hee Kim : Analysis on interfacial reactions between Sn-Zn solders and the Au/Ni electrolytic-plated Cu pad, J.Alloys and compounds, 379, 2004, 314-318
4. G.S.Al-Ganainy and M.S.Sakr : New multicomponent solder alloys of low melting point for low-cost commercial electronic assembly, phys.stat.sol., 199, No2, 177-185