

표면실장 적용을 위한 Sn-Zn 무연 솔더의 신뢰성 연구

Reliability study of Sn-Zn lead-free solder for SMT application

윤정원, 정승부

성균관대학교 신소재공학부

ABSTRACT

Sn-9Zn solder balls were bonded to Cu, ENIG (Electroless Nickel/Immersion Gold) and electrolytic Au/Ni 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 Au/Ni/Cu substrate, an $AuZn_3$ IMC layer formed at the interface due to the fast reaction between Au and Zn. In addition, the $AuZn_3$ IMC layer became detached from the interface after reflow. When the aging time was extended to 100 h, Ni_5Zn_{21} IMC was observed on the Ni substrate.

1. 서 론

오랜 기간 동안 aircraft, electronics, automobile, 그리고 telecommunication 산업 전반에 걸쳐 Sn-Pb 솔더는 전자부품들을 subassembly로 효율적으로 연결해주는 역할을 하여왔다. 하지만 솔더의 주 성분으로 사용되어 왔던 납(Pb)성분의 유해성이 대두됨에 따라 유럽을 비롯한 해외 선진국에서는 Pb와 같은 인체·환경 유해성 물질에 대한 전자부품으로의 사용 규제를 언급하고 있으며, 2006년 7월부터는 RoHS와 같은 법 규제로 일정 양 이하의 Pb성분이 들어가 있는 전자부품은 100% Pb-free 솔더로 대체하기로 규정하고 있다. 따라서 유럽, 미국, 일본과 같은 선진국에서는 몇 해 전부터 무연솔더(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 합금이나 Sn-Ag-Cu계의 삼원계 합금이 대표적인 Pb-free 솔더로 각광을 받고 있다. 하지만 오늘날 전기·전자제품의 경박단소화 경향으로 인한 제품 내부

의 미세피치화 경향으로, 실장되는 부품들간의 열피로 특성은 솔더를 선택하는데 있어서 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 void생성 등의 문제점을 안고 있다. 따라서 본 고에서는 OSP처리된 Cu기판, ENIG 기판 및 전해 처리된 Au/Ni/Cu기판에 Sn-9Zn솔더를 reflow시킨 후 시효처리에 따른 계면반응과 기계적 성질을 관찰하였다. 또한 시효처리에 따른 금속조직학적인 특성과 접합부 신뢰성 사이의 관계가 고찰되었다.

2. 실험방법

2.1 리플로

본 실험에서는 패드(pad)직경이 $460\mu m$ 인 BGA 기판을 사용하였다. 무전해 기판의 경우, Cu기판에 확산방지층의 역할을 해주는 Ni을 무전해도금 하였고, 그 위에 산화방지 및 젖음성 향상을

목적으로 Au를 약 90°C에서 0.15 μ m로 치환도금 하였다. 또한 전해 기판의 경우에는, Ni과 Au가 각각 8.5 μ m와 0.5 μ m의 두께로 도금처리 되었다. 솔더는 볼의 직경이 500 μ m인 Sn-9wt.%Zn를 사용하였으며, 솔더볼을 flux를 매개로 각 기판의 패드에 위치시킨 후, 리플로 장치를 이용하여 질소가스 분위기 하에서 접합하였다.

2.2 시효처리 및 미세조직 관찰

등온시효처리에 따른 계면반응 및 전단강도 값의 변화를 관찰하기 위하여 각각의 시편을 70, 100, 120, 150°C에서 0~1000시간까지 등온시효처리 하였다. 본 실험에서 사용된 시효장비는 $\pm 1^\circ\text{C}$ 의 오차범위를 가지는 오븐(oven)을 사용하였다. 열처리된 시편의 계면조직은 주사전자 현미경(SEM) 및 투과전자 현미경(TEM)으로 관찰되었으며, EDX 및 EPMA를 이용하여 계면 화합물의 화학적 조성분석이 수행되었다.

2.3 전단 테스트

솔더볼의 전단강도 측정은 전단 테스터(shear tester)를 사용하였다. 이 때, 툴 높이는 50 μ m, 툴 속도는 200 μ m/s, 하중은 5kgf하에서 측정되었다. 각 시편 당 총 20개의 전단 강도값을 측정하였으며, 최대값과 최소값이 제외된 평균값으로 전단 강도값을 나타내었다. SEM을 이용하여 전단 테스트 후 시편의 파면이 관찰되었다.

3. 결과 및 고찰

Fig.1은 Sn-9Zn 솔더와 OSP처리된 Cu 기판 간의 계면 SEM 사진으로 150°C에서 각각 250시간과 1000시간 동안 시효 처리한 시편을 보여준다. Cu기판의 경우 Fig.1과 같이 초기에는 솔더와 기판 간에 Zn와 Cu가 반응하여 Cu_5Zn_8 금속간 화합물이 불규칙적으로 성장하는 모습을 볼 수가 있었으나 시효 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 일반적인 다른 솔더들과의 차이점은 금속간 화합물의 성장모습이 굉장히 불규칙적이며 시효처리에 따라 계면에서 심각한 void 성장모습이 관찰

된다는 점이다.

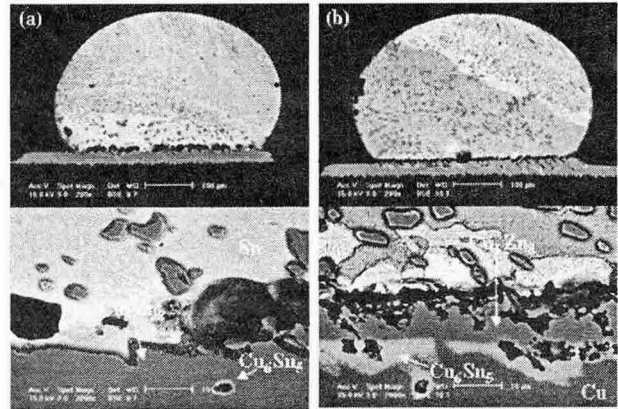


Fig.1 SEM micrographs of the Sn-9Zn solder/Cu interfaces after aging at 150°C for (a) 250hr and (b) 1000hr

이와 같은 문제점을 보완하기 위해 기판에 확산 방지층(diffusion barrier layer)의 역할을 하는 Ni(P)을 약 7 μ m정도, 그리고 그 위에 솔더와의 젖음성을 개선해 주고 산화를 방지해 주기위한 Au를 약 0.15 μ m두께로 무전해 도금하였다.

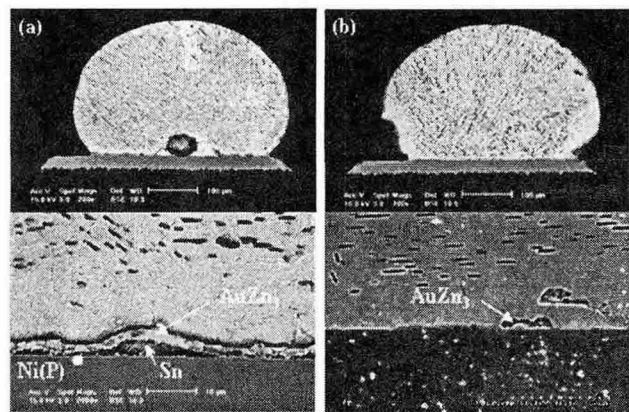


Fig.2 SEM micrographs of the Sn-9Zn solder/ENIG interfaces after aging at 150°C for (a) 500hr and (b) 1000hr

Fig. 2는 Sn-9Zn 솔더와 ENIG도금 처리된 Cu 기판 간의 계면 SEM 사진으로 150°C에서 각각 500시간과 1000시간 동안 시효 처리한 시편을 보여준다. 무전해 도금된 Au가 솔더 내의 Zn와 반응하여 AuZn_3 금속간화합물을 계면에 형성하였다. 그러나, 어떠한 Ni-Zn 및 Ni-Sn 화합물도 계면에서 생성되지 않았다.

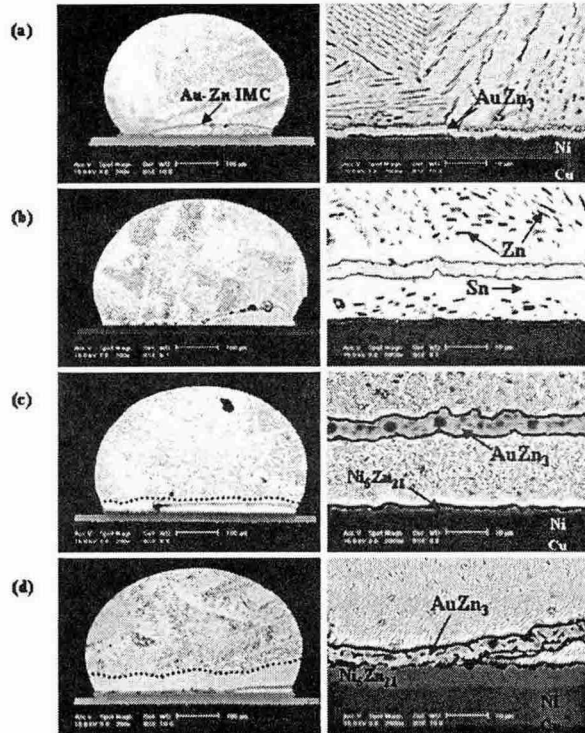


Fig.3 SEM micrographs of the Sn-9Zn solder/AuNiCu interfaces after aging at 150°C for (a) 0hr, (b) 24hr, (c) 100hr and (b) 1000hr

Fig. 3은 Sn-9Zn 솔더와 전해Au/Ni이 도금된 Cu 기판 간의 계면 SEM 사진으로 150°C에서 다양한 시간동안 시효 처리된 시편을 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 리플로우 동안에 Au와 Zn사이의 반응으로 인하여 Au-Zn 화합물 층이 계면에 생성되었다. 그러나, 이 계면화합물 층이 접합 계면에서 상당 부분이 떨어져 있음이 확인되었다. 그리고 그 떨어진 화합물 층과 계면사이에는 솔더로 채워져 있음을 확인할 수 있었다. 150°C의 온도에서 시효시간이 증가함에 따라 솔더와 Ni층과의 반응으로 인하여 Ni-Zn 화합물 층이 생성되었으며, 이 층의 두께는 시효시간의 증가와 함께 증가하는 경향을 보였다. 이러한 시효 처리에 따른 Sn-9Zn솔더와 다양한 기판 (Cu, ENIG 및 전해 Au/Ni)사이의 계면반응, 전단강도 및 접합부 신뢰성 사이의 관계가 학회에서 발표될 것이다.

4. 결 론

Sn-9Zn 솔더와 Cu, ENIG 그리고 전해 Au/Ni 도금 처리된 BGA기판 사이에서의 등온시효를 통한 계면반응 및 전단 강도 실험을 수행한 후

다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) Sn-9Zn/Cu의 경우, 등온시효처리에 따라 계면에 Cu_5Zn_8 및 Cu_6Sn_5 금속간 화합물을 형성하였으며, Sn-9Zn/ENIG의 경우 도금층인 Au가 솔더내의 Zn와 반응하여 $AuZn_3$ 의 금속간 화합물을 형성하였다. 후자의 경우 확산방지층으로 사용된 Ni층은 솔더와 반응하지 않았다.

2) 반면, 전해Au/Ni이 도금된 Cu 기판의 경우, 리플로우 동안에 Au와 Zn사이의 반응으로 인하여 Au-Zn 화합물 층이 계면에 생성되었다. 또한 이 Au-Zn 계면화합물 층이 접합 계면에서 상당 부분 떨어져 있음이 확인되었다. 150°C의 온도에서 시효시간이 증가함에 따라 솔더와 Ni층과의 반응으로 인하여 Ni-Zn 화합물 층이 생성되었으며, 이 층의 두께는 시효시간의 증가와 함께 증가하는 경향을 보였다.

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. Jeong-Won Yoon, Hyun-Suk Chun and Seung-Boo Jung : Interfacial Reaction and Mechanical Characterization of Eutectic Sn-Zn/ENIG Solder Joints during Reflow and Aging, Mater. Trans., No.11, 2005
3. Jeong-Won Yoon and Seung-Boo Jung : Reliability studies of Sn-9Zn/Cu solder joints with aging treatment, J. Alloys and compounds, (in-press)
4. Chang-Yong Lee, Jeong-Won Yoon, Young-Jig Kim and Seung-Boo Jung : Interfacial reactions and joint reliability of Sn-9Zn solder on Cu or electrolytic Au/Ni/Cu BGA substrate, Microelectronic Engineering, (in-press)