

Sn-8mass%Zn-3mass%Bi 무연 솔더의 신뢰성과 Zn의 거동

Reliability of Sn-8mass%Zn-3mass%Bi Lead-Free Solder and Zn Behavior

조선연*, 이영우*, 김규석*, 정재필*, 문영준**, 이지원**, 한현주**, 김미진**

*서울시립대학교 공과대학 신소재공학과

**삼성전자 메카트로닉스 센터

1. 서 론

전 세계적으로 유해물질 사용을 규제하려는 움직임 속에서 유럽에서는 전기·전자 기기의 폐기물 처리지침(WEEE) 및 유해물질 사용금지 지침(RoHS Directive)이 2006년 7월부터 시행 예정에 있다. 이에 국내에서도 무연솔더에 관한 많은 연구가 행해지고 있다.¹⁾

현재 리플로우용 솔더를 대체할 후보 중 Sn-8Zn-3Bi 솔더는 고상선의 온도가 189°C로 무연 솔더와 가까워²⁾ 기존의 생산 공정의 큰 변화 없이 적용이 가능하다. 또 강도가 양호하며 솔더의 가격이 저렴한 장점도 있다.³⁾

Zn상의 형태 변화는 이전 연구들을 살펴보면 -40/125°C 조건에서 열 충격 시험 1000 사이클 후나 100°C에서 1000시간 고온 시효 후에 구상으로 변화하였다. 이러한 연구들을 종합해볼 때 Zn상은 침상으로 존재하다가 열처리 후 구상으로 변한다는 것을 알 수 있다.⁴⁻⁵⁾

강도는 이전 연구들을 살펴보면 -40/125°C 조건에서 열 충격 시험 및 125°C에서 고온 시효 후에도 강도가 Sn-37Pb보다 높아 신뢰성이 높은 것으로 알려져 있다.⁶⁻⁷⁾ 그러나 고온 고습 시험 시 신뢰성에 관해서는 연구가 많이 보고되어 있지 않고 특히 고온고습 시험 시 Zn상의 변화에 관한 보고는 찾기 힘들다.

따라서 본 연구에서 Sn-8Zn-3Bi 솔더의 신뢰성과 관련하여 고온 고습 시험 후 Zn상의 변화와 강도를 조사함으로써 Sn-8Zn-3Bi계 솔더의 신뢰성을 평가하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 재료 및 접합방법

사용된 PCB의 표면처리는 OSP(플럭스 0.3~0.4 μ m도포), Sn도금(0.45 μ m도금), Ni/Au도금(Ni 3 μ m, Au 0.03 μ m도금)으로 하였다.

사용한 부품으로는 208pin 0.5mm Pitch Cu 재질의 리드(Sn-3Bi 7.6 μ m도금)를 갖는 QFP를 사용하였다. 실험에 사용된 솔더로는 Sn-8Zn-3Bi 조성의 페이스트 솔더를 사용하였다.

PCB에 QFP를 접합하기 위해 Sn-8Zn-3Bi 페이스트 솔더를 스크린 프린트법으로 인쇄한 후 QFP부품을 탑재하고 리플로우 솔더링을 하였다. 리플로우 솔더링은 피크 온도 230~235°C에서 시행하였다.

2.2 평가방법

솔더링 접합부의 신뢰성을 평가하기 위하여 열 충격 시험과 고온 고습 시험 후 접합강도와 미세 조직을 관찰하였다.

열 충격 시험은 -40°C/+85°C의 조건에서 1000 사이클까지 시행하였고 고온 고습 시험은 85°C/85RH 조건에서 1000시간까지 행하였다.

인장 접합 강도는 45°방향에서 리드를 팁 속도 200 μ m/s로 당겨서 측정하였고 각 실험 조건 당 총 80개의 리드에 대해 강도를 측정하였다.

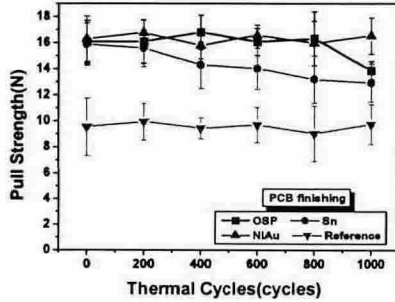
접합부의 미세 조직을 관찰하기 위해 FESEM을 사용하였으며 솔더링 후의 금속간화합물층의 성분을 조사하기 위해 EDS를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

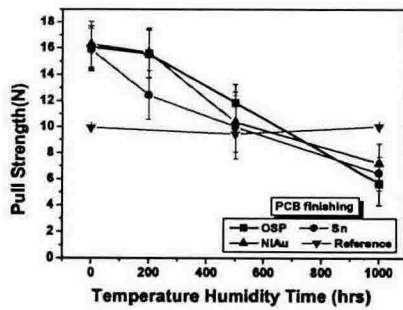
3.1 접합강도

그림 1는 열 충격 시험(-40/85°C) 및 고온 고

습 시험 후(85°C/85RH)의 인장 강도를 나타낸 것이다. 레퍼런스는 OSP PCB에 Sn-10Pb 도금된 QFP를 Sn-37Pb 솔더 페이스트로 접합한 시편의 접합 강도를 나타낸 것이다.



(a) Pull strength after thermal cycle test



(b) Pull strength after temperature humidity test

Fig 1. Pull strength of QFP after thermal cycle test and temperature humidity test

열 충격 시험 1000 사이클 후 인장강도는 레퍼런스보다 각각 4N, 3N, 6N 높았다. 따라서 열 충격에 대한 강도 특성은 기존의 연구들⁶⁻⁷⁾의 결과같이 유연 솔더보다 양호하다고 할 수 있다.

고온 고습 시험 1000시간 후 인장강도는 레퍼런스보다 각각 4.4N, 3.6N, 2.8N 작기 때문

에 고온 고습에 대한 강도 특성은 기존의 유연 솔더보다 취약한 특성을 갖는다고 할 수 있다.

3.2 금속간화합물

Sn-8Zn-3Bi 솔더와 OSP PCB, Sn 도금 PCB, Lead의 Cu가 접하는 경우에 생성된 금속간화합물을 EDS로 분석하였다. 분석 결과 Cu와 Zn의 비율이 약 36 : 64로 Cu-Zn 계 금속간 화합물인 Cu_5Zn_8 이 생성되는 것을 확인하였다. 또 Ni/Au 도금 PCB pad와 Sn-8Zn-3Bi솔더의 접합계면에서도 분석 결과 Ni-Zn 계 금속간 화합물인 Ni_5Zn_{21} 이 생성된 것을 확인하였다.⁸⁻⁹⁾

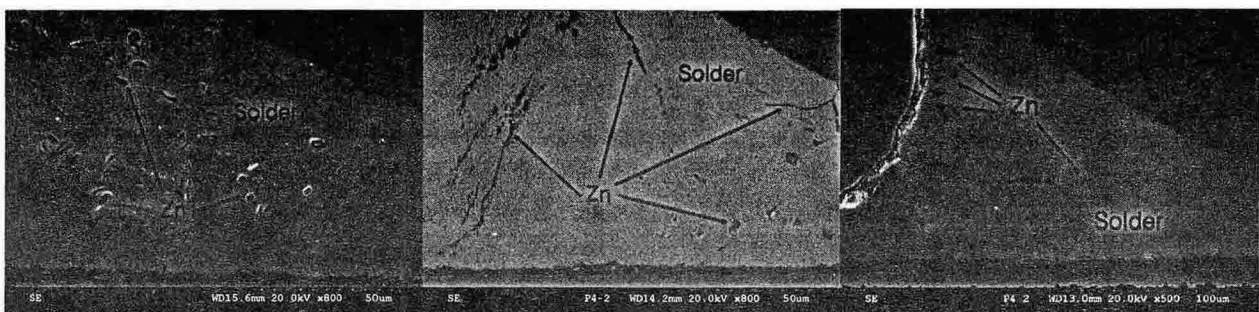
3.3 솔더조직의 변화

일반적으로 Zn상은 초기 침상으로 존재하다가 열처리 시 구상으로 변화한다고 알려져 있다. 본 실험에서도 열충격 시험 1000 사이클 후에 침상인 Zn이 구상으로 변화한 것을 확인하였다.

반면에 고온 고습 1000시간 후에는 Zn상의 변화는 열 충격 후와 상당히 다르게 나타났는데 Zn상이 등근형태가 아닌 길게 이어진 모양으로 변화하였다. 이는 열충격 시험에는 없는 수증기의 영향으로 생각된다.

3.4 Zn상의 규명

Zn상의 규명하기 위해하여 EDS를 사용하여 성분분석을 행하였으며 필렛 내부('a'지점)와 리드부('b'지점) 두 지점에서 Zn상의 성분을 분석하였다. 분석결과 두 지점 모두 Zn, Sn, O로 구성되어있는 것을 확인하였다. 'a' 지점에서는



(a) after 200hrs

(b) after 500hrs

(c) after 1000hrs

Fig. 2 Growth of Zn phase under High temperature humidity test

산소가 44.35%, Zn가 47.40%, 'b' 지점에서 산소가 41.54%, Zn가 40.71%로 약 1 : 1로 결합되어있는 것을 확인하였다. 따라서 고온 고습 시험 시에 나타나는 Zn상은 Zn와 O가 1 : 1로 결합된 ZnO로 생각된다.

본 실험에서는 Fig 2에 나타났듯이 고온 고습 시험 시 시간에 따라 Zn상이 성장하는 모습이 관찰되었다.

이는 Zn의 산화가 더 잘 일어나기 때문에¹⁰⁾ Sn과 Cu 대신에 Zn가 먼저 산화가 일어나 ZnO가 생성되며 성장하는 것으로 생각된다. 또 ZnO상 중간에서 균열이 발견되었는데 산화의 시작점으로부터 균열을 통해 계속 H₂O가 공급되어 안쪽으로 ZnO가 성장하는 것으로 생각된다.

4. 결 론

Sn-8Zn-3Bi 솔더를 사용하여 Sn-3Bi도금된 QFP를 각각 OSP, Sn도금, Ni/Au 도금 PCB에 리플로우 솔더링을 통해 접합하였다. 또한 열충격 시험과 고온고습시험 후 신뢰성을 평가하는 연구를 수행하였다. 본 연구에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

① Sn-8Zn-3Bi 솔더를 이용한 접합에서 열 충격 시험 1000사이클 후 강도는 기존의 Sn-37Pb보다 약 40% 높았다. 반면에 고온 고습 시험 1000시간 후 강도는 Sn-37Pb보다 약 36% 낮아 고온고습 특성이 매우 취약하였다.

② Zn은 초기 침상에서 열 충격 시험 시 점차 구상으로 변화하였다. 반면에 고온고습 시에는 긴 가지 형상으로 변화했는데 이는 수증기의 영향인 것으로 생각된다. 가지형상은 ZnO로 추정되고 ZnO 중에서 발견된 다수의 균열이 고온고습 시험 시 강도 저하에 영향을 미친 것이라 생각된다.

③ 생성된 금속간화합물은 열 충격과 고온고습 시험에서 공통적으로 리드와 OSP, Sn 처리 기판에서는 Cu₅Zn₈가 관찰되었으며 Ni/Au 기판에서는 Ni₅Zn₂₁가 관찰되었다.

후 기

본 연구는 삼성전자 위탁연구과제 및 과학재단(R0120040001057202004)의 연구비지원으로

수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Sustainable Industrial Development, Korea Institute of Industrial Technology, Vol.7 No.1, 2004
2. R.A. Islam, B.Y. Wu, M.O. Alam, Y.C. Chan and W. Jillek, Investigations on microhardness of Sn-Zn based lead-free solder alloys as replacement of Sn-Pb solder, Journal of Alloys and Compounds 392 (2005) 149-158
3. Chung-Hee Yu, Kyung-Seob Kim, Hyung-II Kim and Hyo-Joeng Jeon, Influence of Interfacial Reaction Layer on Reliability of Chip-Scale Package Joint from Using Sn-37Pb and Sn-8Zn-3Bi Solder, JEM, Vol. 34, No. 2, 2005
4. Yuji. Hisazato, Masamitsu. Kato, Kazuto. Kawakami and Yuji. Saito, Reliability Assessment of Sn-Ag and Sn-Zn Lead Free Solder Joints by Thermal Fatigue, 9th Symposium on MATE Feb. 6~7 (2003)
5. C.S. Kang and J.P. Jung, Micro joining, Samsung Books (2002)
6. Motoji Suzuki, Hiroshi Matsuoka, Eiichi Kono, Hiroshi Sakai. Makoto Igarashi and Kiyoo Onodera, Application of Sn-Zn System Lead-Free Solder for Reflow Soldering, 6th Symposium on MATE Feb. 3~4 (2000)
7. Hitoshi Amita, Noriko Murase, Yoshinori Sibuya, Shunsuke Nagasaki and Takashi Shoji, Development of Pb-free Solder Paste in Sn-Zn Alloy System for the Air Reflow, 6th Symposium on MATE Feb. 3~4 (2000)
8. Ikuo Shohji, Takao Nakamura, Fuminari Mori and Shinichi Fujiuchi, Interface Reaction and Mechanical Properties of Lead-free Sn-Zn Alloy/Cu Joints, Material Transaction Vol 43(2002) pp. 1797~1801
9. M.Y. Chiu, S.S.Wang, and T.H. Chuang, Intermetallic Compounds Formed during Interfacial Reactions between Liquid Sn-8Zn-3Bi Solders and Ni Substrates, Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 31, No. 5, 2002
10. David R.Gaskell, Introduction to the Thermodynamics of Materials, Taylor & Francis (1995).