

Sn3Ag0.5Cu 솔더를 이용한 QFP 솔더링부의 열충격 신뢰성 평가 (Reliability evaluation of QFP lead joint using Sn3Ag0.5Cu solder under thermal shock)

손명진*, 김미진*, 정재필*, 문영준**, 이지원**, 한현주**, 김미진**

* 서울시립대학교 신소재공학과

** (주)삼성전자 메카트로닉 센터

1. 서 론

최근까지, SnPb솔더(solder)는 전자전도도, 젖음성, 열 전도도, 기계적 성질, 낮은 용점과 낮은 가격 때문에 전자산업에서 광범위하게 사용되어지고 있다. 그러나 최근 친환경적인 전자제품을 생산하기 위해 각국들은 2004에서 2008년까지 납 규제에 따른 무연솔더를 사용하도록 하였다. 이들 무연솔더 중 가장 유력시 되고 있는 솔더는 SnAgCu계이다.¹⁾ 그러나 유연솔더에서 무연솔더(SnAgCu계)로 대처하기 위해서는 기존에 사용하고 있는 기판 표면처리와 부품도금 종류에 따른 신뢰성에 관한 연구가 필요하다. 본 연구는 Sn3Ag0.5Cu솔더와 다양한 QFP 도금을 이용하여 열충격 신뢰성에 관한 연구를 하였고, 또한 Sn3Ag0.5Cu솔더에 적합한 QFP 도금에 대해서도 알아보았다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용된 솔더 페이스트 조성은 Sn-3.0wt.%Ag-0.5wt.%Cu(이하 Sn-3Ag-0.5Cu)를 사용하였다. 기판은 FR-4 PCB를 사용하였고, 기판 도금은 OSP, Sn을 사용하였다. 부품은 0.5mm pitch QFP를 사용하였고, 부품도금은 Cu lead위에 Sn, Sn-3wt.%Bi, Sn-15wt.%Pb(이하 Sn, Sn-3Bi, Sn-15Pb) 3종류로 도금을 각각 하였다. 그리고 본 연구에서는 위의 각 도금에 따른 비교 자료를 위해 기존(convention)에 사용되고 있는 Sn37Pb솔더에서의 OSP/Sn-15Pb (기판표면처리/QFP 도금)에 대한 결과도 알아보았다.

QFP 솔더링부의 신뢰성 평가를 위하여 열충격 시험을 실시하였다. 열충격 조건은 -40℃/+85℃로 유지시간은 각 온도에서 30분씩, 1cycle 당 1시간을 소요시켜 1000cycle까지 실험을 실시하였

다. 시편 강도 측정은 매 200cycle 마다 총 80개의 리드에 대하여 강도를 실시하였다.

QFP 솔더링부의 미세조직과 금속간 화합물을 관찰하기 위해 SEM (Scanning electron microscope) 및 EDS(Energy dispersive spectrometer)를 사용하여 분석을 실시하였다.

3. 실험결과

3.1 기계적 특성

Fig. 1과 2는 1000cycle 열충격 후의 부품 도금별 접합강도 값을 나타낸 결과이다. Fig.1에서 QFP 리플로우 후 초기 인장 접합강도를 조사한 결과, Sn도금 부품의 접합강도는 약 1300gf로 가장 높은 접합강도를 보였다. 또한 Sn3Bi 도금 부품은 약 1100gf, Sn15Pb 도금 부품의 경우에는 약 1050gf의 접합강도를 보였다. 열충격 1000cycle에서의 접합강도는 Sn 도금 부품과 Sn3Bi 도금 부품의 경우 초기대비 약 10%의 강도저하를 나타냈을 뿐, 급격한 강도 저하는 나타나지 않았다.

Fig. 2에서는 Sn 기판 도금을 사용한 부품 도금별 접합강도 값을 나타낸 결과이다. 초기 인장 접합강도를 조사한 결과, Sn도금 부품의 접합강도는 약 1400gf, Sn3Bi 도금 부품 약 1300gf, Sn15Pb 도금 부품의 경우에는 약 1100gf의 접합강도를 보여 Sn도금 부품이 가장 우수한 접합강도를 나타내었다. 열충격 1000cycle후의 접합강도의 변화는 거의 관찰되지 않았다.

기판 표면처리 OSP, Sn의 변화에 따른 접합강도는 Sn15P도금 부품을 제외한 Sn3Bi, Sn도금의 경우 OSP표면처리보다 Sn도금 기판이 약 5~10%의 접합강도 값이 더 높음을 알 수 있었다.

기존(convention)에 범용적으로 사용하고 있는 조건인 Sn-37Pb 솔더 (OSP 표면처리, Sn15Pb 도금 부품)의 강도값과 비교할 경우, Sn-3Ag-0.5Cu

솔더와 각 부품 도금들(Sn-15Pb, Sn-3Bi, Sn,)을 사용한 접합강도 값이 약 100~400gf가 높은 강도를 나타내어 기계적 특성이 우수함을 알 수 있었다.

3.2 미세조직

3.2.1 솔더/리드 금속간화합물

QFP 도금 부품에 따른 솔더/리드 계면간 금속간 화합물을 SEM과 EDS로 관찰해 보았다. Fig. 3과 4에서 보는 바와 같이, 기판과 부품도금 종류에 관계없이 1000cycle에서 솔더/리드 계면간 금속간 화합물은 column 및 scallop 형태의 Cu_6Sn_5 가 관찰되었다.²⁾

3.2.2 솔더내 미세구조

QFP 도금 부품별 솔더 내에서의 미세구조를 관찰하였다. 기판 도금 및 부품도금에 관계없이 솔더 내에서는 입자형태의 Ag_3Sn 과 Cu_6Sn_5 금속간 화합물이 관찰되었다. 부품 도금별에 대한 솔더내 미세조직 관찰에서 Sn-15도금 부품의 경우, 계면 가까이에 Pb상이 관찰되었다. 여기서 Pb상은 Cu-Sn계 화합물에 대해 매우 낮은 고용도 때문에 솔더 내에서 관찰되어졌다. 이 Pb상의 존재는 강도저하에 따른 원인이 될 수 있다. Sn3Bi와 Sn 도금 부품의 경우, Ag_3Sn 와 Cu_6Sn_5 금속간 화합물이 솔더 내에서 관찰되어졌다. 특히 Sn3Bi 도금 부품에서는 Bi의 석출 유무를 알아보기 위해 Fig. 4와 같이 EPMA 분석을 한 결과, 1000cycle에서 Bi의 석출은 관찰되지 않았다. 이것은 일반적으로 고용도 이상 Bi가 솔더에 첨가되면 Bi는 미세하고 불균일한 상으로 석출된다. 이러한 석출은 기계적 성질과 연성을 떨어뜨리는 요인이 된다. 5%의 Bi가 함유되어도, Bi상이 석출되기도 한다.³⁾ 본 실험에서는 도금층의 Bi 함량이 3%이어서 솔더링부에 Bi상이 석출되지 않은 것으로 판단된다.

3.2.3 금속간 화합물 두께

Fig. 5는 각 솔더/리드 계면간 금속간 화합물의 두께 측정 결과를 나타낸 것이다. Sn-15Pb 도금 부품에서의 접합부 계면간에 대한 금속간 화합물 초기두께는 약 $1.75\sim 2.25\mu m$, 1000cycle에서는 약 $2.45\sim 2.95\mu m$ 까지 성장하였다. Sn-3Bi 도금 부품일 때의 금속간 화합물 초기두께는 약 $1.65\sim 2.15$

μm , 1000cycle에서는 약 $2.47\sim 2.87\mu m$ 까지 성장하였다. 그리고 Sn 도금 부품일 때의 금속간 화합물 초기두께는 약 $1.70\sim 2.00\mu m$, 1000cycle에서는 약 $2.40\sim 2.65\mu m$ 까지 성장하였다. 이 결과에서 Sn-15Pb와 Sn-3Bi 도금 부품이 Sn 도금에 비해 비교적 금속간 화합물의 두께가 높게 관찰되었다. 이것은 Bi 및 Pb원소의 첨가로 인해 솔더 내에 용점 저하가 이루어져, 솔더와의 빠른 반응으로 인해 금속간 화합물이 더 두터워진 것으로 사료된다.⁴⁾

4. 결 론

Sn3Ag0.5Cu 솔더와 다양한 리드도금(Sn-15Pb, Sn-3Bi, Sn)을 이용하여 QFP 솔더링부의 열충격 신뢰성 평가에 대한 결과는 다음과 같다.

1) Sn3Ag0.5Cu솔더와 PCB/QFP리드 도금에 따른 접합강도는 1000cycle까지 뚜렷한 강도저하가 관찰되지 않았다. 기판 표면처리 OSP와 Sn의 변화에 따른 접합강도는 Sn15P도금을 제외한 Sn3Bi, Sn도금의 경우 OSP표면처리보다 Sn도금 기판이 약 5~10%의 접합강도 값이 더 높음을 알 수 있었다.

2) 기존조건(convention)과 PCB-Sn도금을 사용하였을 때의 조건을 비교한 경우, PCB-Sn도금과 각 리드도금에 따른 접합강도가 기존조건보다 약 100~400gf가 높은 강도결과가 관찰되었다. 또한, QFP부품 도금층에 따른 강도값을 비교할 경우, Sn 도금 부품이 가장 높은 약 1400gf의 접합강도를 나타내었다.

3) 부품 도금층에 관계없이 기판 표면처리 OSP 및 Sn도금을 사용하였을 때, QFP 부품도금에 따른 솔더/리드 계면에서 형성된 금속간 화합물은 부품 도금층에 관계없이 column형태 및 scallop형태를 지닌 Cu_6Sn_5 가 관찰되었다. 솔더링부 계면 가까이에 입자 모양의 Ag_3Sn 및 Cu_6Sn_5 의 금속간 화합물이 관찰되어졌다.

4) 열충격 진행에 따른 솔더/부품 계면에서의 금속간 화합물 두께는 Sn-15Pb > Sn-3Bi > Sn도금 순으로 두꺼웠다.

후 기

본 연구결과는 산·학 협동에 의한 성과의 일부이며 삼성 메카트로닉 지능시스템 연구소 팀원

의 적극적인 협조에 감사드립니다.

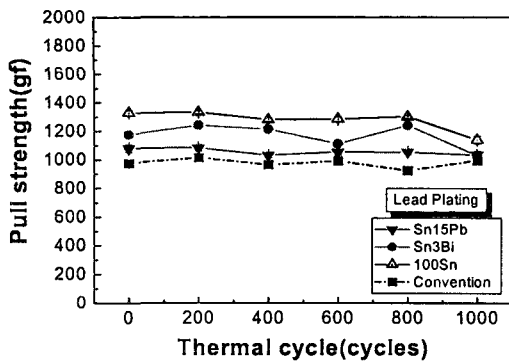


Fig.1 Tensile strength of QFP lead using PCB-OSP surface finish under thermal shock test (-40/+85°C)

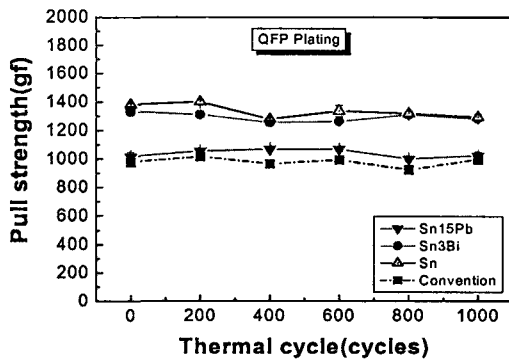


Fig.2 Tensile strength of QFP lead using PCB-Sn plating under thermal shock test (-40/+85°C)

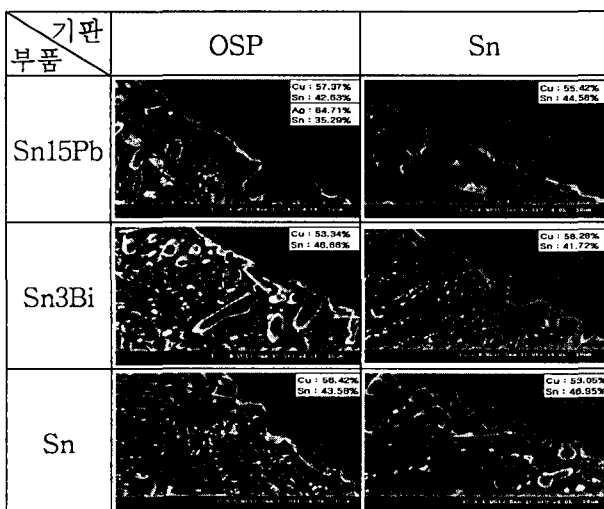


Fig. 3 Cross-sectional view of the interface between Sn3Ag0.5Cu solder and QFP lead plating after thermal shock 1000cycles

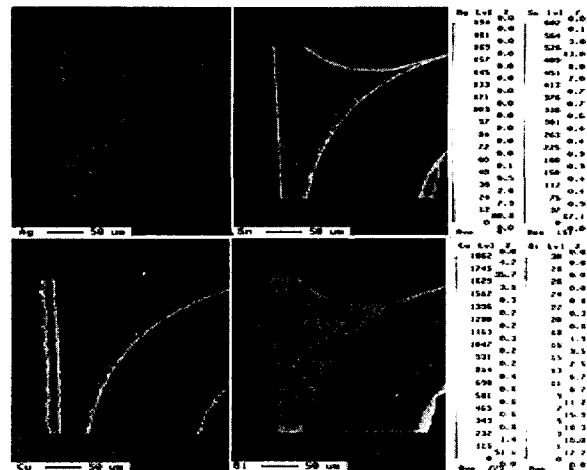


Fig. 4 Interfacial EPMA mapping results using Sn3Bi lead plating on thermal shock 1000cycle (solder : Sn3Ag0.5Cu)

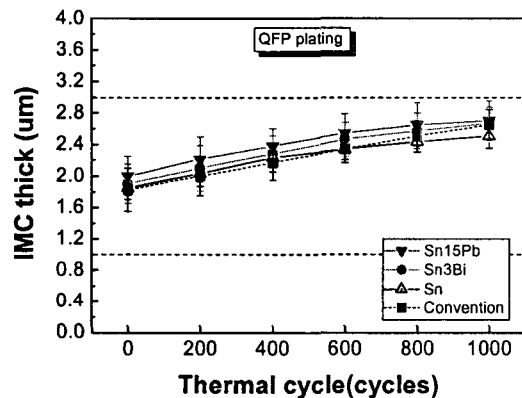


Fig. 5 Thickness of intermetallic compounds between Sn3Ag0.5Cu solder and QFP plating on thermal shock

참고문헌

1. K.S.Kim, S.H. Huh, K. Suganuma : Effects of intermetallic compounds on properties of Sn-Ag-Cu lead-free soldered joints, Journal of Alloys and Compounds, 352 (2003) 226-236
2. R. J. Klein wassink : Soldering in electronics (2nded.), Electrochemical Publication Ltd., (1989). 149
3. 정재필 외, 신소재공학, 삼성복스. 2003, p162
4. A. Hirose, T. Fujii, T. Imamura, and Kojiro F. Kobayashi : Influence of Interfacial Reaction on Reliability of QFP Joints with Sn-Ag Based Pb Free solders. Materials Transactions. Vol. 42, No. 5(2001) pp.794-802