

## 무연 솔더가 적용된 자동차 전장부품 접합부의 열적·기계적 신뢰성 평가

하상수\* · 김종웅\* · 채종혁\*\* · 문원철\*\*\* · 홍태환\*\*\*\* · 유충식\*\*\*\*\* · 문정훈\*\*\*\*\* · 정승부\*

\*성균관대학교 신소재공학과

\*\*현대·기아 연구개발 본부 전자신뢰성 연구팀

\*\*\*성균관대학교 마이크로전자패키징 사업단

\*\*\*\*충주대학교 신소재공학과

\*\*\*\*\*삼성전기 WS모듈사업팀 제조기술 Group

\*\*\*\*\*수원과학대학 일렉트로닉스패키징과

### Thermo-Mechanical Reliability of Lead-Free Surface Mount Assemblies for Auto-Mobile Application

Sang-Su Ha\*, Jong-Woong Kim\*, Jong-Hyuck Chae\*\*, Won-Chul Moon\*\*\*, Tae-Hwan Hong\*\*\*\*,  
Choong-Sik Yoo\*\*\*\*\*, Jeong-Hoon Moon\*\*\*\*\* and Seung-Boo Jung\*

\*School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

\*\*Research & Development Division for Hyundai Motor Company & Kia Motors Corporation

\*\*\*Sungkyunkwan University, Micro Electro Packaging Consortium, Suwon 440-746, Korea

\*\*\*\*School of Advanced Materials Science and Engineering, Chungju National University, Chungju  
380-702, Korea

\*\*\*\*\*Manufacturing Technology Group, WS Module Business Team, Samsung Electro-Mechanics,  
Suwon 443-743, Korea

\*\*\*\*\*Department of Electronics Packaging, Suwon Science College, Hwasung 445-742. Korea

#### Abstract

This study was focused on the evaluation of the thermo-mechanical board-level reliability of Pb-bearing and Pb-free surface mount assemblies. The composition of Pb-bearing solder was a typical Sn-37Pb and that of Pb-free solder used in this study was a representative Sn-3.0Ag-0.5Cu in mass %. Thermal shock test was chosen for the reliability evaluation of the solder joints. Typical Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> intermetallic compound (IMC) layer was formed between both solders and Cu lead frame at the as-reflowed state, while a layer of Cu<sub>3</sub>Sn was additionally formed between the Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> and Cu lead frame during the thermal shock testing. Thickness of the IMC layers increased with increasing thermal shock cycles, and this is very similar result with that of isothermal aging study of solder joints. Shear test of the multi layer ceramic capacitor (MLCC) joints was also performed to investigate the degradation of mechanical bonding strength of solder joints during the thermal shock testing. Failure mode of the joints after shear testing revealed that the degradation was mainly due to the excessive growth of the IMC layers during the thermal shock testing.

\*Corresponding author : sbjung@skku.ac.kr

(Received August 18, 2006)

Key Words : Lead free, Thermal shock, Intermetallic compound, Shear strength

## 1. 서 론

최근 전자 패키지 분야에서 몇 년간 가장 크게 이슈화되고 있는 것으로 Sn-Pb계 솔더를 대체 할 무연 솔더(lead-free solder)의 개발을 들 수 있다. 현재까지 전자 부품 실장에 사용되고 있는 주석-납 (Sn-Pb)계 솔더는 취급이 용이하고 낮은 가격 및 솔더 재료로써의 우수한 특성(기계적 및 전기적인 특성, 접합성) 때문에 전기·전자 업계에서 가장 널리 이용되어 왔다. 그러나 Pb의 인체에 대한 유해성과 환경 보존적인 관점에서 Pb의 사용을 제한하는 분위기가 범세계적으로 일어나고 있다. 이에 대응하여 무연 솔더에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있고, 현재까지의 연구를 통해 Sn-Cu계 및 Sn-Ag-Cu계 솔더가 가장 널리 추천되고 있다<sup>1-3)</sup>.

또한 최근 전기·전자 제품에 사용되는 소자들이 다기능화, 고집적화 및 경박단소화 됨에 따라 지금까지 크게 문제되지 않았던 기계적인 신뢰성 문제들이 많이 노출되게 되었다. 전자패키지의 경우에는 패키지 열 변형에 의한 접합부의 층간분리 (package delamination), 솔더 조인트의 피로파손 (fatigue failure) 등이 대표적으로 거론되고 있다. 패키지의 기계적인 파손은 전자소자의 전기적 기능 수행에 직접적인 영향을 주기 때문에, 전자소자 자체의 신뢰성뿐만 아니라 다양한 패키지 방법에 따른 기계적 신뢰성 확보가 요구된다.<sup>4-7)</sup> 특히 자동차 전장 부품의 경우 다른 전기·전자 제품에 비해 훨씬 가혹한 환경에 노출되어 있기 때문에 신뢰성 시험 또한 다른 제품들보다 가혹한 조건이 요구된다. 대표적인 환경 시험법, 예를 들어 온도 사이클 시험 (temperature cycling test), 열충격 시험 (thermal shock test) 및 진동 시험 (vibration test) 등은 이미 대다수 국제 규격에 그 스펙이 명시되어 있고, 대부분의 부품업체 및 완성품 업체에서 자체 시험법 및 규격을 가지고 자사 제품의 신뢰성 확보를 위해 상당한 노력을 기울이고 있다.

따라서 본 실험에서는 가속 환경 시험법의 한가지인 열사이클 시험을 통해 무연 솔더가 적용된 자동차 전장 부품의 몇 가지 부품을 선정하여 신뢰성 시험을 수행한 후, 유연 솔더 베이스의 시험 결과와 비교, 분석하여 최종적으로 무연 솔더가 적용된 자동차 부품의 신뢰성 평가를 검토하고자 하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 기판 제작

본 실험에서는 무연 솔더가 적용된 표면실장 부품이

접합된 기판의 신뢰성 평가를 하였고, 솔더는 기존의 Sn-37Pb와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 무연 솔더를 비교하여 무연 솔더의 신뢰성 문제를 분석하고자 하였다. 샘플링 시편은 불량요인이 가장 많은 것으로 판단되는 IC package 시편들로 하였다. 리플로우는 Sn-37Pb는 220℃에서 60초, Sn3.0Ag-0.5Cu는 255℃에서 60초 동안 리플로우를 실시하였다. Package는 대표적인 표면실장용인 SOP (Small Outline Package)로 하였고, Sn이 도금된 솔더가 젖어있는 리드의 단면을 관찰하고자 하였다. 이때 기판 내에서도 위치에 따른 차이가 있을 수도 있으므로 비슷한 형태의 시편 일지라도 두 개 이상 추출하여 분석하였다. 그림 1은 본 실험에서 사용한 부품들의 사진을 나타낸 것이다.

### 2.2 열충격 시험

열충격에 따른 솔더 접합부의 특성을 평가하기 위해 리플로우 (reflow)가 완료된 시편을 가지고 Fig. 2과 같이 -40~125℃의 온도 조건에서 열충격 시험을 수행하였다. 저온(-40℃)과 고온(125℃)에서의 유지시간은 각각 29min으로 하였으며, 램핑(ramping) 시간은 1min으로 하였다. 이러한 열사이클 조건에서 700, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 사이클의 열충격 시험 후, 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy)

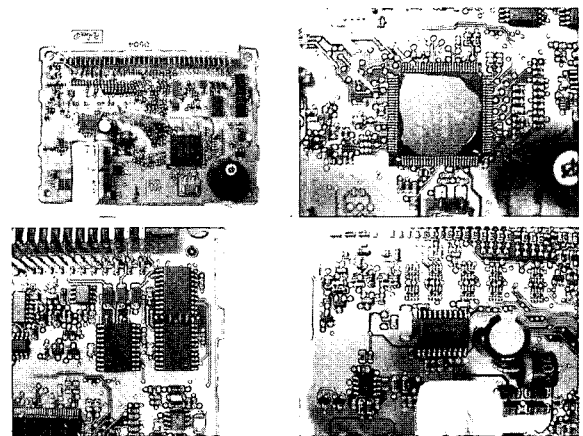


Fig. 1 Image of components

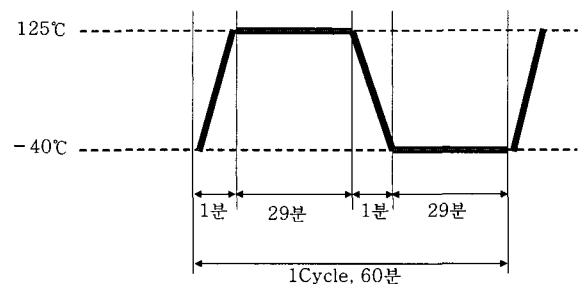


Fig. 2 Experiment condition of thermal shock

으로 접합부의 균열 (crack) 유무와 계면에 생성된 금속간 화합물의 두께를 조사하였다.

### 2.3 미세조직 관찰 및 두께 측정

Fig. 3는 본 실험에서 사용한 샘플의 단면모식도를 나타낸 것이다. 그림을 보면 알 수 있듯이 실험에서 사용한 샘플에서는 두 군데의 접합부에서 반응 층이 생성되는데, 본 연구에서는 리드와 기판의 Cu 패드에 적용된 표면처리가 동일함을 감안하여 솔더와 기판의 Cu 패드 계면을 분석하였다. 리드와 Cu 패드에는 Sn이 도금되어 있었다. 각 열충격 단계에서의 시편은 먼저 외형(솔더 필렛)의 균열 여부를 조사하기 위하여 접사현미경으로 관찰하였고, 미세조직 및 금속간 화합물의 두께 측정을 위해 열충격 시험이 완료된 후, 시편을 클립에 끼워 세우고 에폭시로 마운팅 (mounting) 하였다. 다음에는 계면관찰을 위하여 알루미나 파우더 (alumina powder) 1 μm와 0.3 μm를 사용하여 폴리싱 (polishing) 을 하였다. 열충격 시험 동안에 발생한 crack의 발생 및 전파와 접합부 계면의 금속간 화합물의 성장 거동을 조사하기 위하여 모든 시편의 단면을 주사전자현미경 (SEM, Scanning Electron Microscopy)으로 관찰하였다. 각각의 시편에서 Cu 패드와 솔더의 계면을 따라 형성된 금속간 화합물 층을 따라 서로 다른 몇몇 부분에서 미세조직 사진을 얻어 평균 두께를 얻었다. 또한 금속간화합물의 성분 분석에 있어서 EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometer) 및 EPMA (Electron Micro-Probe Analysis) 분석을 수행하였다.

### 2.4 전단강도 측정

무연 솔더가 적용된 표면실장 부품들의 열충격에 따른 접합부의 기계적인 특성 변화를 알아보기 위하여 각각의 조건에서 열충격이 실시된 기판의 전단 시험을 수행하였다. 한정된 시편의 수량 때문에 미세조직이 관찰된 동일한 시편의 평가는 하지 못하고, 같은 기판의 수동 소자들의 접합강도를 평가함으로써 간접적인 비교가 이루어지도록 하였다. 전단시험 대상 시편은 MLCC

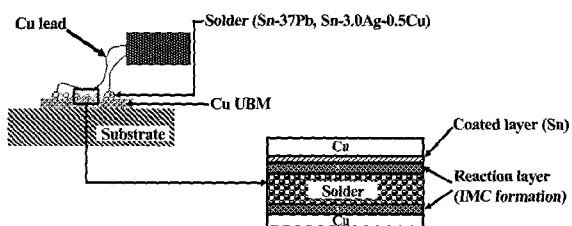


Fig. 3 Schematic diagram of solder joint showing a specimen

(Multi Layer Ceramic Capacitor) 로 하였으며 전단속도는 100μm/s, 전단 높이는 20μm 고정하고 각각의 전단시험 조건에서 10회의 전단시험을 실시한 다음 평균값을 구하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 미세조직 관찰

Fig. 4~5는 Sn-37Pb 솔더와 Cu 패드 사이의 접합부의 계면이 열충격 사이클이 증가함에 따라 어떻게 변하는지를 나타내고 있다. 각 상의 보다 확실한 구분을 위하여 BSE (Back Scattered Electron) 모드로 미세조직을 관찰하였다. Fig. 4을 보면 알 수 있듯이 2000 사이클까지 열충격이 실시되는 동안 외형적으로는 어떠한 크랙의 발생 또는 전파의 유무도 발견할 수 없었다.

Fig. 5는 Sn-37Pb 솔더와 Cu 패드 사이의 계면을 확대한 사진이다. 사진을 보면 알 수 있듯이 리플로우 직후에는 Sn-37Pb 솔더와 Cu 패드 사이의 계면에는 모두 금속간화합물 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>가 형성되었음을 알 수 있었다. 하지만 열충격 시험이 1000 사이클까지 증가함에 따라 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>층 밑에 얇은 plate 형태의 Cu<sub>3</sub>Sn층이 생성된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 열충격 사이클이 증가함에 따라 계면에 생성된 금속간 화합물 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>와 Cu<sub>3</sub>Sn 모두 두께가 증가하는 것도 확인할 수 있었다. 솔더의 내부조직은 밝은 부분의 Pb-rich상과 어두운 부분의 Sn-rich상으로 이루어진 전형적인 공정 조직이 형성되었고, 이 또한 열충격 사이클이 증가함에 따라 Sn-rich상과 Pb-rich상이 조대화 되는 것을 확인할 수 있었다.

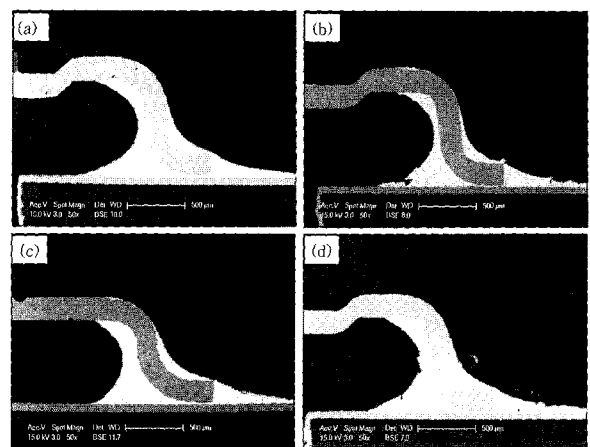


Fig. 4 SEM micrographs of Sn-37Pb solder/Cu interface after thermal shock: (a) as-reflow, (b) 1000 cycles, (c) 1500 cycles, (d) 2000 cycles

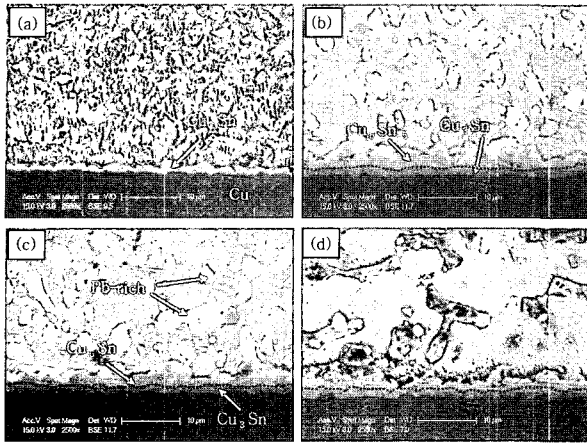


Fig. 5 High-magnification micrographs of Sn-37Pb solder/Cu interface: (a) as-reflow, (b) 1000 cycles, (c) 1500 cycles, (d) 2000 cycles

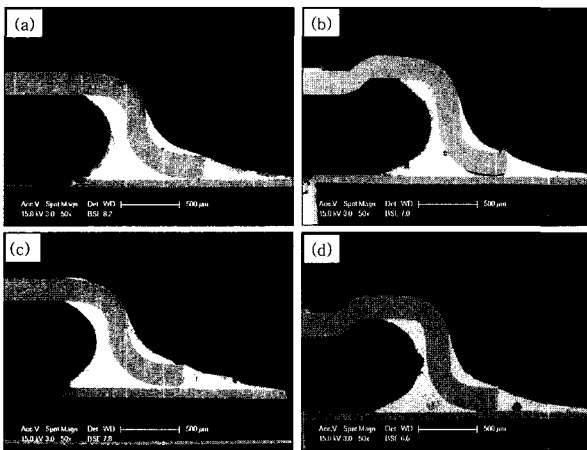


Fig. 6 SEM micrographs of the Sn-3.0Ag-0.5Cu solder/Cu interface after thermal shock test: (a) as-reflow, (b) 1000 cycles, (c) 1500 cycles, (d) 2000 cycles

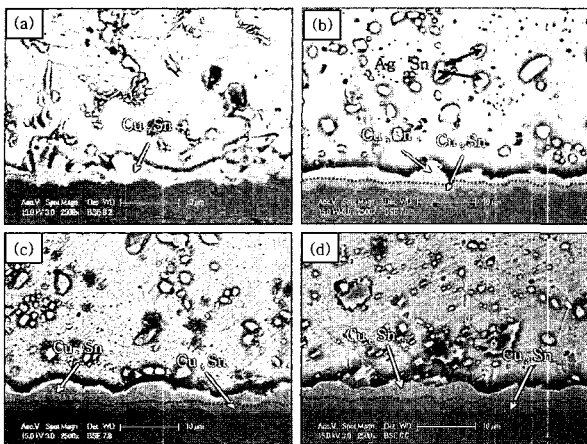


Fig. 7 High-magnification micrographs of Sn-3.0Ag-0.5Cu solder/Cu interface: (a) as-reflow, (b) 1000 cycles, (c) 1500 cycles, (d) 2000 cycles

Fig. 6~7은 열충격 사이클의 증가에 따른 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더와 Cu 패드와의 계면을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 Sn-37Pb 솔더와 마찬가지로 초기 리플로우시 계면에는 금속간 화합물 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>만 형성되는 것을 확인 할 수 있었고, 1000 사이클 후에는 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>층 밑에 얇은 층의 Cu<sub>3</sub>Sn 금속간 화합물이 형성된 것을 확인 할 수 있었다. 열충격 횟수가 증가함에 따라 계면에 생성된 금속간 화합물 (Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, Cu<sub>3</sub>Sn)은 모두 그 두께가 증가하는 것을 확인 하였다. 솔더 조직은 대부분 Sn-rich상으로 이루어진 것을 확인 할 수 있었으며, Ag<sub>3</sub>Sn 금속간 화합물이 분산되어 있는 것을 확인되었다.

Sn-37Pb 공정 솔더의 경우 Sn-rich phase와 Pb-rich phase의 층상 구조를 갖는데 반해 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 경우 금속간 화합물 Ag<sub>3</sub>Sn은 Sn phase와 비교하여 매우 작기 때문에 순수한 Sn 기지에 rod-like type의 Ag<sub>3</sub>Sn으로 구성되며 층상 구조를 갖지 않는다. 솔더 내에서도 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>를 부분적으로 확인할 수 있었는데, 이러한 솔더 내의 금속간 화합물 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>는 솔더링시 Cu 기판으로부터 나온 Cu로부터 형성되거나 또는 계면에 형성된 금속간 화합물로부터 "break off"되어 형성된 것으로 사료된다<sup>8~10</sup>.

### 3.2 금속간화합물 두께변화

Fig. 8은 Sn-37Pb 및 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더와 Cu 패드와의 반응에서 계면에 생성된 금속간 화합물의 열충격 횟수에 따른 두께 변화를 나타낸 것이다. Fig. 8 (a) 그래프를 보면 알 수 있듯이 as-reflow시 금속간 화합물의 전체 두께는 2.1~2.3 $\mu$ m 정도 되는 것으로 확인 되었고, 열충격 사이클이 증가함에 따라 Sn-37Pb와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 두께가 전반적으로 증가하는 것을 확인 할 수가 있었다. 그리고 Sn-37Pb 솔더와 Cu기판 접합부에 생성된 금속간 화합물은 초기에는 무연 솔더에 비해 낮은 정도의 두께를 보였지만, 열충격이 증가함에 따라 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더와 두께 성장이 비슷한 것을 확인 할 수 있었다. 초기 금속간 화합물 두께 차이는 Sn-37Pb 솔더가 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더에 비해 반응에 참여하는 Sn의 양이 적을 뿐만 아니라, 금속간 화합물 성장 속도의 차이는 저온에서 리플로우 되기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 8 (b)는 열충격 사이클이 진행되는 동안 금속간화합물 Cu<sub>3</sub>Sn의 두께 변화를 나타낸 것이다. As-reflow 직후에 생성된 금속간 화합물은 모두 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>로 확인 되었으며, 금속간 화합물 Cu<sub>3</sub>Sn은 관찰 되지 않음을 확인하였다. 하지만 1000 사이클까지 열충격을

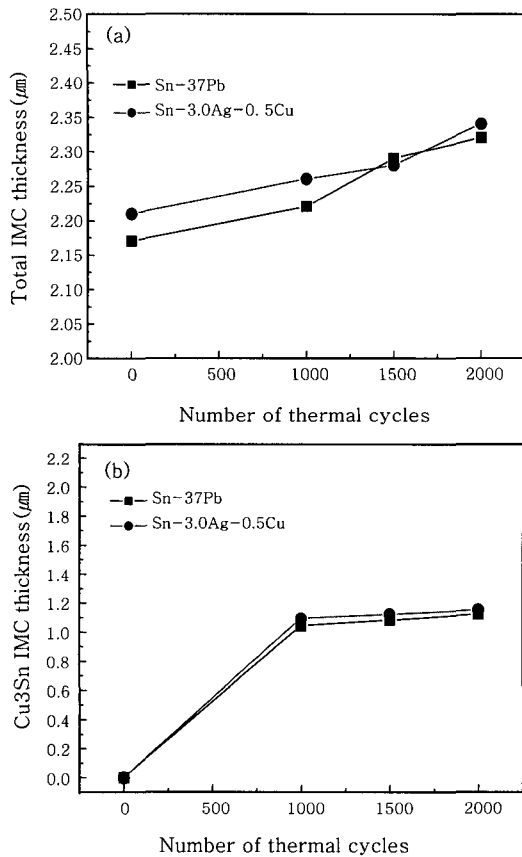


Fig. 8 Thickness of IMCs formed at interface between Sn-37Pb, Sn-3.0Ag-0.5Cu solder and Cu substrate; (a) Total IMC, (b) Cu<sub>3</sub>Sn

실시한 후, 계면을 관찰한 결과 판상의 금속간 화합물 Cu<sub>3</sub>Sn이 약 1 μm 정도 생성된 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 경향은 유연이나 무연 솔더에 상관없이 거의 유사한 경향을 보이는 것을 확인 할 수 있었으며, 금속간 화합물 Cu<sub>3</sub>Sn도 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>와 마찬가지로 열충격 횟수가 증가함에 따라 미세하게 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 초기에 생성된 금속간 화합물의 두께는 조금 차이가 있지만 대체적으로 Sn-37Pb와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 열충격 사이클이 증가함에 따라 계면에 생성된 금속간 화합물의 두께도 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 통하여 계면에 생성된 금속간 화합물의 동향을 정리해보면, 첫째로 reflow 직후에 계면에 생성된 금속간 화합물의 조성은 솔더의 조성, 표면처리 방법 등에 무관하게 모두 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>였다. 둘째로 1000 사이클까지 열충격 사이클이 진행됨에 따라 금속간 화합물 Cu<sub>3</sub>Sn이 추가적으로 생성되었고, 이들의 두께는 열충격 사이클이 증가함에 따라 모든 경우에서 증가하였다. 셋째로 초기에 생성된 금속간 화합물 층의 두께는 무연 솔더의 경우가 유연 솔더 보다 큰 것으로 나타났다. 이는 무연 솔더 내에 반응에 참여하는 Sn의

양이 상대적으로 유연 솔더 보다 많고, 유연 솔더가 무연 솔더에 비해 상대적으로 저온에서 리플로우 되기 때문인 것으로 사료된다. 반면 성장 속도는 유연 솔더인 경우에 더 빠른 것으로 나타났는데, 이는 유연 솔더의 낮은 용점에 기인한 것으로 판단된다<sup>11)</sup>.

### 3.3 전단강도 측정

Fig. 9은 Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 열충격에 시험에 따른 솔더 접합부의 기계적인 특성 변화를 알아보기 위해서 열충격 시험 후의 전단강도 변화를 나타낸 것이다. 기판의 한정된 수량 때문에 미세 조직을 관찰한 동일한 시험편의 평가는 하지 못하고, 같은 기판의 수동 소자들의 접합 강도를 평가함으로써 간접적인 비교가 이루어지도록 하였다.

Fig. 9의 그래프를 보면 알 수 있듯이 MLCC 0603 (0.6mm × 0.3mm)과 MLCC 0805(0.8mm × 0.5mm) 모두 Sn-37Pb 솔더보다 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 전단 강도 값이 10~15N 정도 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 Sn-Ag계 솔더의 경우에는 솔더내 Ag<sub>3</sub>Sn과 β-Sn의 공정상을 형성한다. 솔더내의

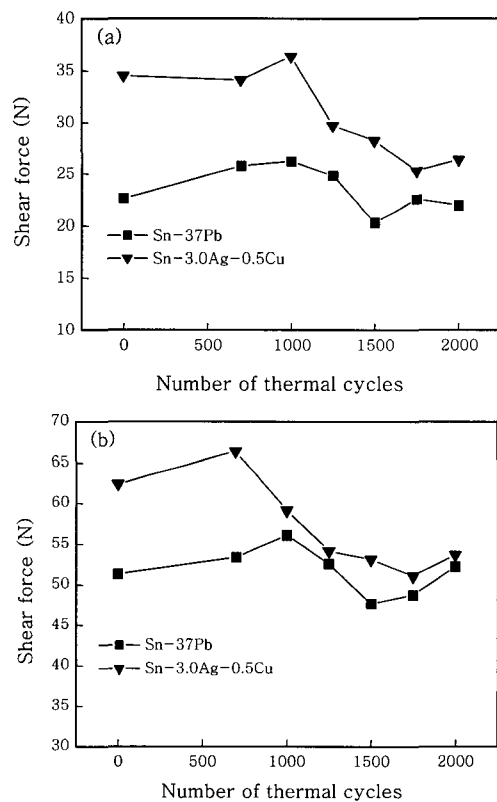


Fig. 9 Variations of the shear force of the Sn-37Pb, Sn-3.0Ag-0.5Cu solder/Cu joint with thermal shock cycles: (a) MLCC 0603, (b) MLCC 0805

Ag<sub>3</sub>Sn 입자의 분산강화 효과로 Sn-Pb보다 높은 강도 값을 나타낸다. 그리고 MLCC 0603의 경우 Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 초기에는 강도 값이 증가하다가 1000 사이클 이후부터는 강도 값이 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. MLCC 0805의 경우도 비슷한 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었고, Sn-3.0Ag-0.5Cu의 경우에는 MLCC 0603과는 달리 700 사이클 이후부터 강도 값이 급격하게 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 열충격 사이클이 증가함에 따라 접합부의 계면에 brittle한 성질을 가진 금속간 화합물(CuSn계)이 성장함으로써 전단 강도 값에 영향을 준 것으로 사료된다.

Fig. 10~11은 접합부의 계면에 생성된 금속간 화합물이 전단 강도 값에 어떤 영향을 주는지를 알아보기 위하여 MLCC 0805의 Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 전단 시험 후의 파면을 찍은 SEM사진이다. 사진을 보면 알 수 있듯이 Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 reflow 직후(a, d)에서는 솔더 파괴가 일어난 것을 확인 할 수 있었지만, 열충격 사이클이 증가함에 따라서 Cu와 Sn의 상호 확산으로 금속간 화합물(Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>)이 성장함으로써 1000사이클 이후부터는 파괴의 형태가 취성파괴 모드로 변하는 것을 확인 할 수 있었다.

Fig. 11은 Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 접합부의 파면을 고배율로 관찰한 SEM사진이다. 열충격 시험이 실시되지 않은 상태 (a, d)를 보면 Sn-37Pb와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 솔더 내에서 파괴가 일어난 연성파괴가 일어난다는 것을 확인 할 수 있었고, 1000 사이클에서는 (b)의 Sn-37Pb의 경우는 대체적으로 솔더 쪽에서 파괴가 일어난 연성파괴를 보

였으나 (e)의 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 경우는 연성파괴와 취성파괴가 동시에 일어난 것을 확인 할 수가 있었다.

이는 Fig. 9의 전단 강도 값의 변화 그래프에서 볼 수 있었듯이 MLCC 0805의 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 전단 강도 값이 1000 사이클에서 급격하게 감소하는 이유가 열충격 횟수의 증가에 따른 금속간 화합물(CuSn계)의 성장으로 일부 취성파괴가 일어남으로써

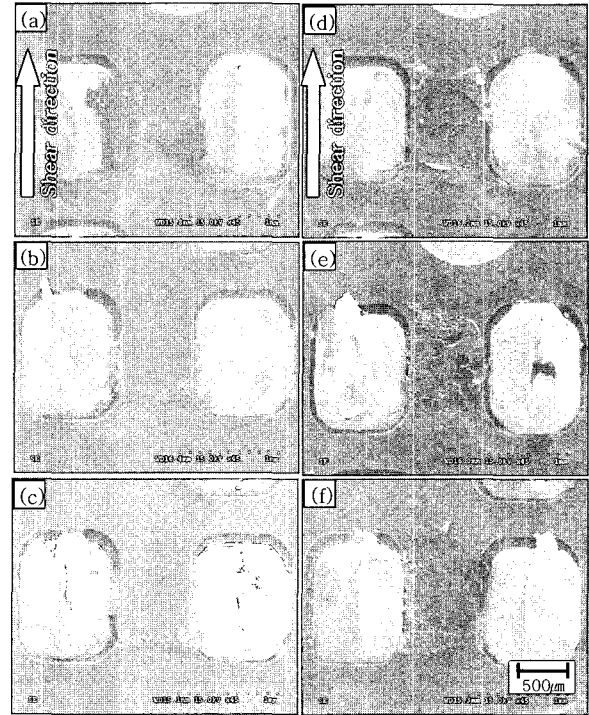


Fig. 10 Typical fracture surface after shear test of Sn-37Pb(a~c) and Sn-3.0Ag-0.5Cu (d~f): (a) and (d) as-reflow, (b) and (c) 1000 cycles, (e) and (f) 2000 cycles

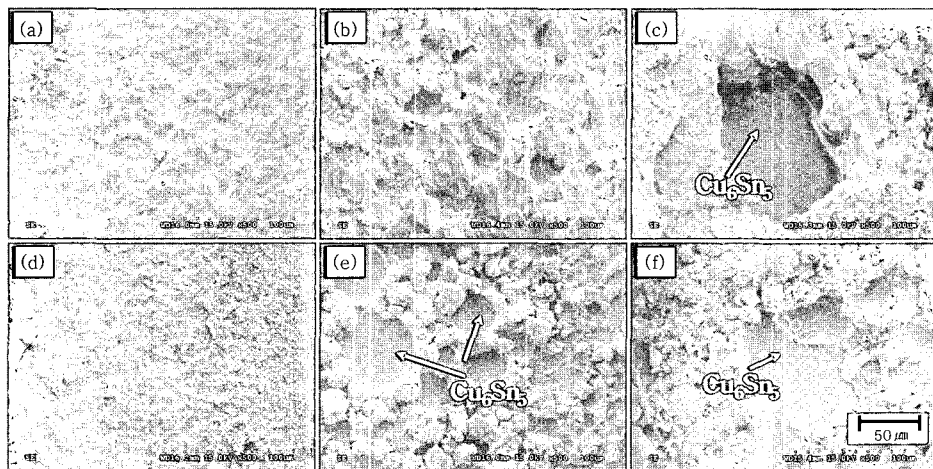


Fig. 11 Enlarged view of fracture surface after shear test of Sn-37Pb (a~c) and Sn-3.0Ag-0.5Cu (d~f): (a) and (d) as-reflow, (b) and (e) 1000 cycles, (c) and (f) 2000cycles

전단 강도 값에 영향을 준 것으로 사료된다. 따라서 취성과 파괴 현상은 상대적으로 솔더에 비해 brittle한 성질을 가진 금속간 화합물의 두께 성장에 의한 것으로 판단되며, 금속간 화합물의 두께가 증가할수록 접합부의 신뢰성에 악영향을 미친다는 것을 확인 할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 기존의 Sn-37Pb 솔더와 무연 솔더가 적용된 몇 가지 부품군을 선정하여 신뢰성 시험을 수행한 후, 유연 솔더 접합부의 시험 결과와 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) Sn-37Pb 및 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더와 Cu 패드 사이의 반응에서 계면에 생성된 금속간 화합물은 모두 솔더의 조성에 상관없이  $Cu_6Sn_5$ 로 확인되었다.

2) 열충격 횟수가 1000cycle까지 증가함에 따라 Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 Cu기판과의 반응으로 생성된 계면의 금속간 화합물은  $Cu_6Sn_5$ 와  $Cu_3Sn$ 의 두층으로 확인되었고, 열충격 사이클이 증가함에 따라 두 금속간 화합물 모두 두께가 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

3) 초기에 생성된 금속간 화합물의 두께는 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더인 경우, Sn-37Pb 솔더인 경우보다 큰 것으로 나타났다. 이는 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더가 반응에 참여하는 Sn의 양이 Sn-37Pb보다 상대적으로 많기 때문인 것으로 사료된다. 반면 금속간 화합물의 성장 속도는 Sn-37Pb솔더가 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 보다 더 빠른 것으로 나타났는데, 이는 Sn-37Pb 솔더의 낮은 용점에 때문인 것으로 판단된다.

4) Sn-37Pb 솔더와 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 모두 열충격 사이클이 진행됨에 따라 기계적인 특성이 열화되는 것을 확인 할 수 있었다. 기계적인 특성의 열화는 솔더 접합부 계면에 취약한 금속간 화합물 층의 두께의 성장 때문인 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RTI04-03-04) 도움으로 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. M. Abtew, G. Selvaduray : Materials Science and Engineering, 27 (2000), 95-108
2. D. Suraski and K. Seeling : IEEE Transactions EPM, 24 (2001), 244-248
3. J. K. Lin, A. D. Silva, D. Frear, Y. Guo, S. Hayes, J. W. Jang, L. Li, D. Mitchell, B. Yeung, and C. Zhang : IEEE Transactions EPM, 25 (2002), 300-307
4. J. H. Lau : Low Cost Flip Chip Technologies, McGraw-Hill, NY (2000), 1-17, 183, 184
5. J. H. Lau : Solder Joint Reliability of BGA, CSP, Flip Chip, and Fine Pitch SMT Assemblies, McGraw-Hill, NY (1997), 1-9
6. C. H. Zhon and S. Yi : Soldering & Surface Mount Technology 11/1 (1999), 44-48
7. W. B. Hampshire : Soldering & Surface Mounting . 14 June (1993), 49-52
8. S. Y. Jang, J. Wolf, Oswin Ehrmann, Heinz Gloor, Thomas Schreiber, Herbert Reichl, and Kyung-Wook Paik, Member : IEEE Transactions CPT, 26 (2003), 245-253
9. P. T. Vianco, K. L. Erickson, and P.L. Hopkins : Journal of Electronic Materials, 23 (1994), 721-727
10. J. W. Yoon, Y. H. Lee, D. G. Kim, H. B. Kang, S. J. Suh, C. W. Yang, C. B. Lee, J. M. Jung, C. S. Yoo and S. B. Jung : Journal of Alloy and Compounds, 381 (2004), 151-157
11. D. G. Kim, S. B. Jung : Materials Transactions, 11 (2005), 2366-2371