

## 플럭스 활성도 및 In 첨가에 따른 Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성 솔더의 solderability 변화

### Solderability Evaluation of Sn-0.3Ag-0.7Cu Solder Alloy with Different Flux Activity and In Addition

유아미, 이창우, 김정환, 김복순\*, 이종현

한국생산기술연구원, 정밀접합팀

\*인하대학교, 신소재공학부

ABSTRACT Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성의 젖음 특성과 반응 특성을 Sn-1.0Ag-0.5Cu 및 Sn-3.0Ag-0.5Cu 합금의 결과와 비교, 분석하였다. 또한 Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성의 용융 및 응고 특성을 DSC로 측정하고, 인장시험을 통한 stress-strain curve를 관찰하였다. 아울러 할로젠 함유량이 많은 플럭스를 사용하여 Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성의 젖음 특성을 향상 시킬 수 있는지를 조사하였으며, Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성에 미량의 In을 첨가하여 젖음 특성의 개선 정도를 분석하였다. 그 결과 할로젠 함유량이 높은 플럭스를 사용한 경우보다 미량의 In을 첨가한 경우에서 wettability의 향상을 보다 효과적으로 유도할 수 있음을 관찰할 수 있었다.

## 1. 서 론

현재 microelectronics 및 SMT(surface mount technology) 실장 분야에서 널리 사용되고 있는 대표적인 Pb-free 솔더 합금은 Sn-3.0(wt.%)Ag-0.5Cu 조성이다[1]. 그러나 최근 무연 솔더 시장의 치열한 가격경쟁과 원자재 가격상승으로 인해 솔더 조성에서 Ag의 함량을 낮추는 연구가 지속적으로 제기되고 있는데, 특히 최근에는 Sn-0.3Ag-0.7Cu 합금에 대한 관심이 국내외적으로 증대되고 있다. 그러나 이러한 저 Ag 함유 솔더 조성의 적용을 위해서는 저 Ag 함유 솔더 조성이 가지는 solderability 및 신뢰성에 대한 문제들을 면밀히 검토하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 Sn-0.3Ag-0.7Cu 합금에 활성도가 다른 플럭스를 적용하거나, 제 4 원소로 미량의 In을 첨가하여 그 solderability의 변화를 분석하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 Wetting balance test

본 실험에서는 JIS(Japanese Industrial Standard) Z 3198-4 규격에 따라 wetting balance 시험을 실시하였다[2]. Dipping을 위한 Cu component에는 A(할로젠 함유량: <20ppm), B(할로젠 함유량: 0.07%), C(할로젠 함유량: 0.22%) type의 3가지 종류의 flux를 도포하여 사용하였으며, 솔더조의 온도는 230, 240, 250°C(±3°C)의 조건에서 각각 실험을 실시하였다. 장비(Malcom사, Model: Spin-2) 사용 시 component의 장입 및 이탈 속도는 5mm/sec, dip 깊이는 2mm, 장입시간은 10sec로 각각 설정하였다. 각 조건 당 10번의 시험을 실시한 후 그 평균값을 조사하였다.

### 2.2 DSC 측정

Ar 분위기의 DSC(differential scanning calorimetry) 장비(TA사, Model: DSC-Q100)에 총 14mg 무게의 솔더를 장입한 후, 40°C에서 250°C까지 10°C/min의 속도로 승온하고, 연속해서 40°C까지 10°C/m의 속도로 냉각하여 솔더 조성에 따른 용융 및 응고 열 특성을 조사하였다.

### 2.3 Tensile test

솔더 합금의 기계적 특성을 평가하기 위하여 만능 재료시험기(Instron사, Model: Instron 4481)로 인장 시험을 실시하였다. KS B 0801 규격의 금속 재료 인장 시험 방법에 따라 제조된 인장시편으로 상온에서  $1.0 \times 10^{-2}$ /sec의 strain rate로 인장을 실시하였다.

### 2.4 미세조직 관찰

솔더 합금의 페이스트를 OSP(organic solderability preservative)/Cu finish 보드(board)에 stencil printing기(Minami사, Model: MK-878MX)로 인쇄한 후 최대 온도 250°C 조건에서 reflow(Heller사, Model: 1809UL)하여 미세조직 관찰 시편을 제작하였다. 이후 시편들은 diamond suspension으로 정밀 연마한 후 광학현미경과 SEM(scanning electron microscope, 미래로 시스템사, Model: AIS2100)을 사용하여 솔더 조인트의 미세조직을 관찰하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Sn-0.3Ag-0.7Cu 솔더의 젖음 특성

Wetting balance 테스트 결과로서  $T_0$ (zero cross time 또는 time to buoyancy corrected zero value),  $F_2$ (테스트 시작에서부터 2초 후 wetting force),  $F_{end}$ (최종 wetting force) 값들이 기록하였으며, 그 결과 그림 1과 같이 Sn-0.3Ag-0.7Cu 합금의 경우 대표적인 Pb-free 솔더 조성인 Sn-3.0Ag-0.5Cu alloy, 그리고 기존 저 Ag 합금인 Sn-1.0Ag-0.5Cu alloy와 비교하여 모든 값에서 wetting 특성이 저하됨을 관찰할 수 있었다. 특히 240°C 이하의 상대적으로 낮은 온도에서는  $F_2$  및  $F_{end}$  값이 급감하는 현상이 관찰되었다.

또한 다양한 활성도를 가지는 플럭스들을 사용하여 wetting force를 측정된 결과를 그림 1에 동시에 나타내었다. 플럭스의 활성도를 크게 증가시키면 전체적으로 wetting 특성들을 다소 향상시킬 수는 있었으나, 230~240°C에서의 wetting 특성들은 여전히 Sn-1.0Ag-0.5Cu 조

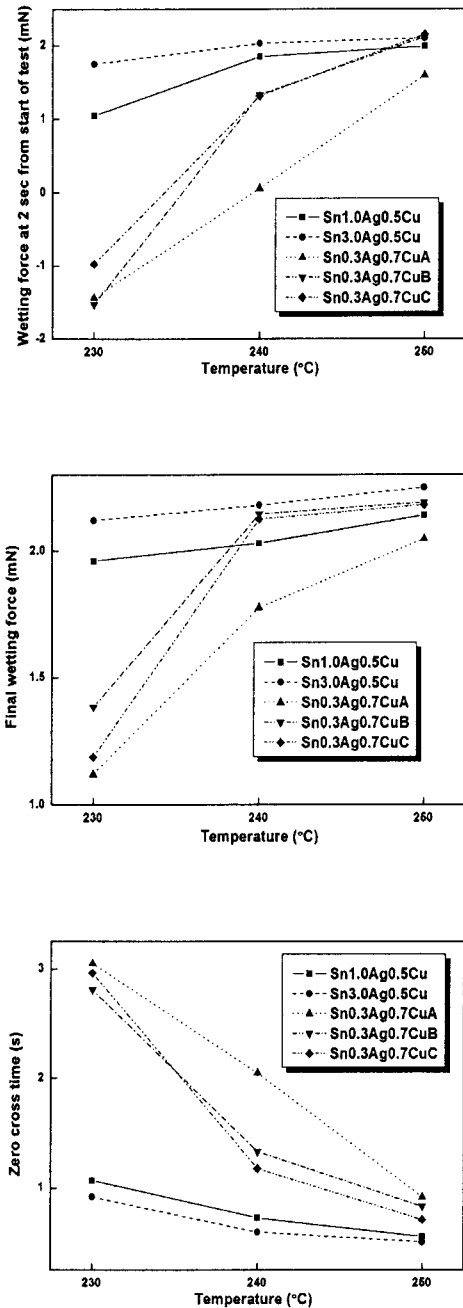


Fig. 1. Wetting balance test results as a function of soldering temperature for the combination of several Sn-Ag-Cu alloys and flux activities.

성에도 미치지 못하는 것으로 분석되어, 저온 실장 공정이 요구되는 mobile 제품의 표면 실장용 솔더 페이스트 조성으로 사용되기에는 무리인 것으로 분석되었다.

세 종류의 Sn-Ag-Cu 합금을 DSC 테스트한 결과는 그림 2와 같다. 우선 승온 곡선을 살펴보면 Sn-0.3Ag-0.7Cu 합금은 공정 조성에서 가장 많이 벗어난 조성적 원인으로 액상선 피크

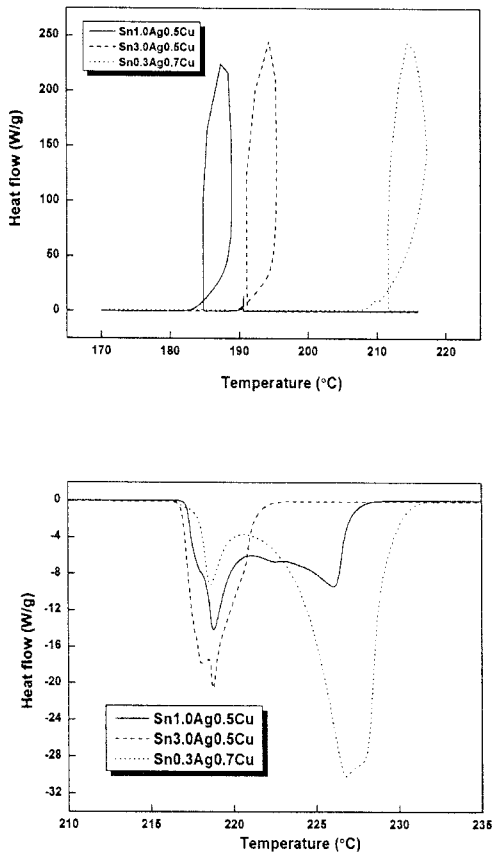


Fig. 2. DSC results of several Sn-Ag-Cu alloys during heating and cooling.

가 가장 크게 관찰되었다. 냉각 곡선에서는 모든 조성에서 undercooling 현상이 관찰되었으나, Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성의 경우 undercooling의 정도가 최소화됨을 알 수 있었다.

그림 3은 상온 인장시험에 따른 Sn-Ag-Cu alloys의 stress-strain curve 결과를 보여준다. Sn-0.3Ag-0.7Cu 합금의 경우 Sn-1.0Ag-0.5Cu 조성의 거의 유사한 인장 결과를 나타내어 Ag 함량에 저하에 따른 강도의 저하를 추가된 Cu가 최소화시키고 있음을 관찰할 수 있었다.

Reflow 직후 솔더 접합부의 미세조직을 분석한 결과(그림 4) Cu finish와의 계면 반응부에서는 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 금속간 화합물층이 생성됨을 관찰할 수 있었다[3].

### 3.2 In 첨가에 의한 젖음 특성 변화

Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성에 0.2wt%의 In을 첨가하여 wetting force를 측정된 결과는 그림

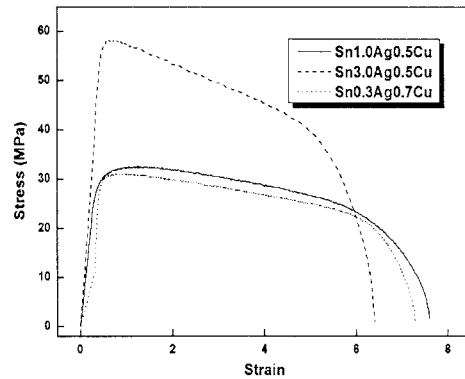


Fig. 3. Stress-strain curves of several Sn-Ag-Cu alloys at room temperature.

5와 같다. 사용된 플럭스는 할로젠이 거의 포함되지 않은 A type이었다. 그림에서 관찰할 수 있듯이 240°C 이상의 온도에서는 In의 첨가로 여러 wetting 특성들이 많이 향상되어 대체적으로 Sn-1.0Ag-0.5Cu 조성의 유사한 값들을 나타냄을 알 수 있었다. 한편 230°C의 온도에서는 Sn-1.0Ag-0.5Cu 조성의 경우보다는 떨어지는 wetting 특성을 나타내었으나, 앞서 할로젠 함량이 큰 플럭스를 사용한 조건보다는 우수한 wetting 특성을 나타내었다. 따라서 솔더 접합부의 미세 피치화 경향과 장기간 신뢰성 등을 고려할 때 Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성의 wettability 향상 방안으로 플럭스의 할로젠 함량 증가보다는 소량의 In 원소 첨가법이 보다 효과적임을 알 수 있었다.

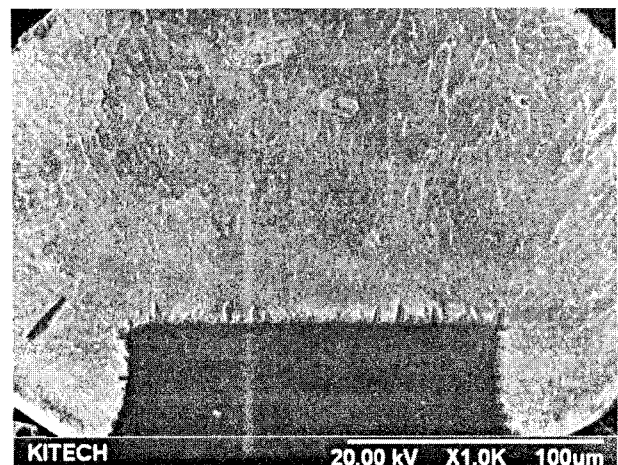


Fig. 4. SEM images of the board-side solder joint fabricated by using Sn-0.3Ag-0.7Cu solder paste.

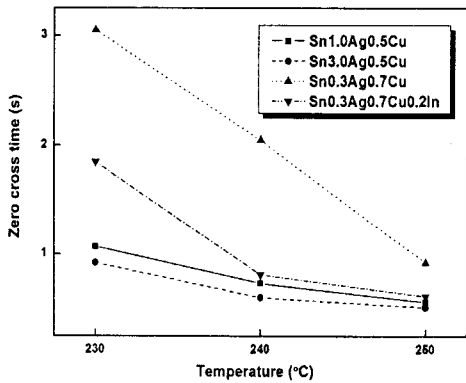
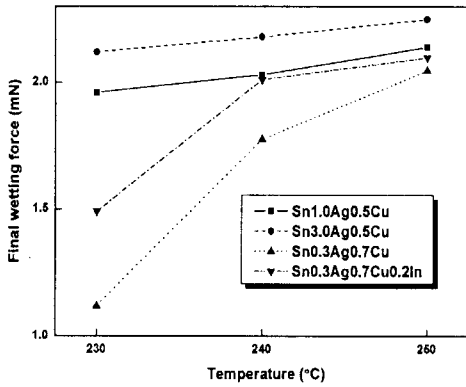
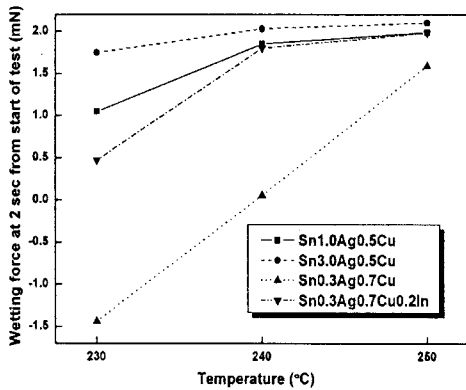


Fig. 5. Wetting balance test results as a function of soldering temperature for the several Sn-Ag-Cu(-In) alloys.

#### 4. 결 론

1) Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성은 매우 적은 Ag의 함량으로 인해 실험 온도 전 구간에서 젖음

특성이 저하되는 양상을 나타내었으나, 그 기계적 특성은 Sn-1.0Ag-0.5Cu에 유사한 경향을 보여주었다.

2) Sn-0.3Ag-0.7Cu 조성에 할로젠 함량이 높은 플럭스를 적용할 경우 wettability 특성은 다소 향상되나, 230~240°C 온도에서의 wetting 특성들은 여전히 큰 문제점으로 남아 일반적인 표면 실장용 솔더 페이스트 조성으로 사용되기에는 무리가 있는 것으로 분석되었다.

3) Sn-0.3Ag-0.7Cu 합금에 0.2wt%의 In을 첨가 시, 특히 240°C 이상의 온도에서 젖음 특성이 크게 향상됨이 관찰되어 할로젠 함량이 높은 플럭스를 사용하는 방안보다 효과적인 wettability 개선법 임을 관찰할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. E. Bradley, C. Handwerker and J.E. Sohn : Surface Mount Technology(SMT), Jan. (2003), 24-25
2. M.J. Rizvi, Y.C. Chan, C. Bailey, H. Lu, M.N. Islam and B.Y. Wu : J. Electron. Mater. 34-8 (2005), p. 1115
3. K.S. Kim, S.H. Huh and K. Suganuma: J. Alloys Compd., 352 (2003), 226-236