

## Sn-3.5Ag 솔더 접합부의 기계적·전기적 특성에 미치는 리플로우 시간의 효과

### Effect of Reflow Time on Mechanical and Electrical Properties of Sn-3.5Ag Solder Joints

구자명\*, 문정훈\*\*, 정승부\*

\* 성균관대학교 신소재공학부

\*\* 수원과학대학 일렉트로닉스패키징과

**ABSTRACT** We investigated that the metallurgical, mechanical and electrical properties of the Sn-3.5Ag/Cu ball grid array (BGA) solder joints at a reflow temperature of 255 °C for different reflow times of 10, 60, 300 and 1800 s. Two different intermetallic compound (IMC) layers, consisting of scallop-shaped  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  and very thin  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ , formed at the solder/substrate interface, and their thicknesses increased with increasing reflow time. The shear force peaked after reflow for 60 s, and then significantly decreased with increasing reflow time. The fracture occurred along the solder ball in the initial reflow, but the fraction of the brittle fracture increased with increasing reflow time. The IMC growth and the volume of Cu dissolved in the solder balls affected the electrical property.

## 1. 서 론

전자·전기 산업은 휴대형 디지털 멀티미디어 기기의 소형화 및 컨버전스화라는 시대적 요구에 부응하기 위해서, 집적회로(IC)의 집적도를 높이는 동시에 저전력 소비와 빠른 전송속도를 나타내는 시스템을 구현하려는 노력을 기울이고 있다. 따라서 새로운 시스템 아키텍처 설계 기술 개발과 더불어 설계된 마이크로 칩의 성능을 극대화할 수 있는 전자 패키징 기술 개발이 필수적으로 요구되고 있다. 기존에 사용되어 왔던, dual in-line package (DIP)나 quad flat package (QFP)와 같은 주변 실장 기술(peripheral array package)의 경우 다핀화와 임피던스 문제에 한계가 있기 때문에, BGA, chip scale package (CSP) 및 플립칩(flip chip)과 같은 면실장 기술(area array package)에 대한 요구가 점점 커지고 있다. 하지만 면실장 패키징 기술의 경우, 솔더볼이 집적 회로와 기판 사이의 전기적, 기계적 연결은 물론 집적회로에서 발생한 열의 방출 기능을 동시에 수행하게 된다. 하지만 칩과 기판을 접합시키기 위한 리플로우 공정 중에 계면에는 금속간

화합물이 생성 및 성장하게 되며, 이는 솔더 접합부의 성능과 수명에 직접적인 영향을 미치게 된다. 얇게 생성된 금속간 화합물의 경우 접합력을 향상 시키기지만, 과잉 생성된 금속간 화합물의 경우 접합력을 감소시키는 주요 원인으로 작용하게 된다. 또한, 금속간 화합물의 경우 일반적으로 전기 저항이 높기 때문에 과잉 생성된 금속간 화합물은 전기 전도도를 감소시키는 주요 원인으로 작용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 대표적인 무연 솔더인 Sn-3.5Ag 솔더볼과 organic solderability preservative (OSP) 처리된 Cu BGA 기판을 접합시킨 후, 리플로우 시간에 따른 금속야금학적, 기계적, 전기적 특성 변화를 연구하였다.

## 2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 솔더볼은 지름 0.5 mm인 Sn-3.5wt.%Ag이었고, Cu 패드 상에 OSP 처리를 한 FR-4 BGA 기판을 사용하였다. BGA 기판은 daisy chain 방식을 이용하여 설계하였으며, Cu interconnect의 길이를 달리하여 설계하여, Cu

interconnect의 저항을 제거하고 순수한 솔더볼의 전기적 특성을 관찰하고자 하였다. 솔더볼과 상판 기판에 water soluble (WS) 타입의 플럭스를 도포한 후 255 °C에서 1 s간 가열하여 리플로우 접합한 후, 초음파 세정하였다. 하판 기판에 플럭스를 도포한 후, 255 °C에서 10, 60, 300, 1800 초로 리플로우 시간을 달리하여 상판 기판과 리플로우 접합하였다.

리플로우 후, 시편의 단면을 폴리싱하여, 주사전자현미경 (SEM)을 이용하여 리플로우 및 등은 시효에 따른 미세조직의 변화를 관찰하였고, 접합 계면에 생성된 화합물은 electron probe micro analyzer (EPMA)를 사용하여 화학 조성을 분석하였다.

리플로우 시간에 따른 표면 산화 정도를 관찰하기 위해서, Auger electron spectroscopy (AES)를 이용하여 깊이 방향에 따른 산소 원자의 농도를 관찰하였다.

리플로우 시간이 미치는 솔더 접합부의 기계적 특성에 미치는 효과를 관찰하기 위해서, 전단 시험기 (PTR-1000, Rhesca co.)를 사용하여 전단 시험을 시행하였다. 이 때 전단 시험은 JEDEC 규격을 따라 수행하였으며, 전단 속도 (displacement rate)와 높이 (probe height)는 각각 0.2 mm/s와 50  $\mu$ m로 고정하였다. 전단 시험 중에, shear probe의 이동거리에 따른 전단력은 실시간으로 기록되었으며, 이를 통해서 최대 전단력과 파괴까지의 이동거리를 구하였다.

리플로우 시간에 따른 솔더 접합부의 전기적 특성 변화를 관찰하기 위해서, 솔더 접합부의 전기 저항을 측정하였다. 솔더 접합부의 전체 저항을 측정한 후, Cu interconnect의 저항을 제거한 후, 상판과 하판 사이의 높이와 솔더 패드의 면적을 측정하여 옴의 법칙 (Ohm's law)를 사용하여 전기 비저항을 측정하였다.

### 3. 결 론

255 °C의 리플로우 온도 하에서 리플로우 시간에 따른 Sn-3.5Ag 솔더볼과 OSP 처리된 Cu BGA 기판 사이의 계면반응 및 기계적, 전기적 특성에 관하여 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1) 리플로우 후, 솔더는 초정 Sn과 Sn+Ag<sub>3</sub>Sn 공정 조직으로 이루어진 것을 관찰할 수 있었다.

접합 계면에는 scallop 형태의 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 금속간 화합물이 생성된 것을 관찰할 수 있었으며, Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 금속간 화합물과 Cu 기판 사이에는 Cu<sub>3</sub>Sn 금속간 화합물이 얇게 생성된 것을 관찰할 수 있었다. 이 두 금속간 화합물 층의 두께는 리플로우 시간이 증가함에 따라 증가하는 것을 알 수 있었다.

2) 초기 리플로우 시간 증가에 따라 솔더 내에 Cu의 유입량은 증가하였으나, 300 s 이후 점차 감소하였다. 이렇게 솔더 내로 유입된 Cu는 다양한 크기와 형태를 갖는 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>로 존재하는 것을 알 수 있었다.

3) 접합 강도는 리플로우 시간이 60 s이었을 때 최고였으며, 이후 리플로우 시간이 증가함에 따라 감소하였다. 초기 리플로우 후 전단 시험 시 파괴는 솔더 내에서 발생하였으나, 이후 리플로우 회수가 증가함에 따라 접합 계면에 과잉 생성된 Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 금속간 화합물에 의한 취성 파괴를 관찰할 수 있었다.

4) 솔더 접합부의 전기 비저항은 리플로우 시간이 증가함에 따른, 금속간 화합물 층의 성장, 솔더 볼 내에 존재하는 Cu의 양, 접합부의 형상 변화에 따른 표면 불규칙도 증가, 표면 산화 등에 따라 변화하였다.

### 후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RTI04-03-04) 지원으로 수행되었음.

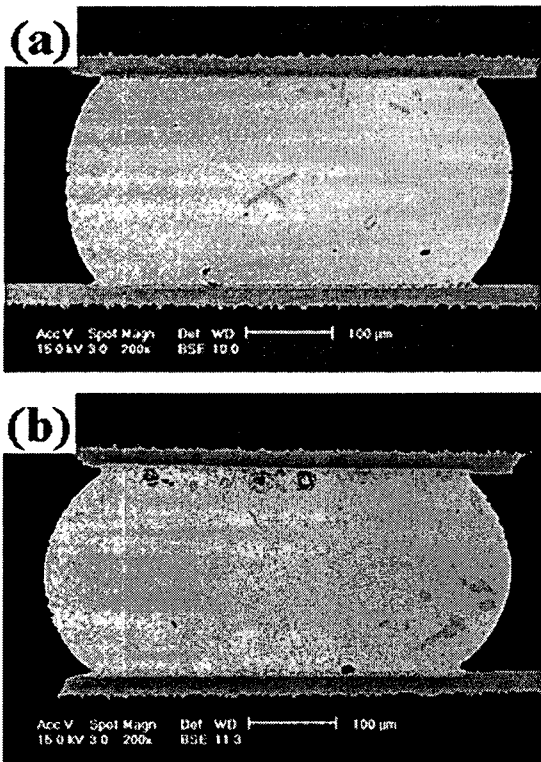


Figure 1 SEM micrographs of the Sn-3.5Ag/Cu BGA solder joints reflowed at 255 °C for 10 s (a) and 1800 s (b).

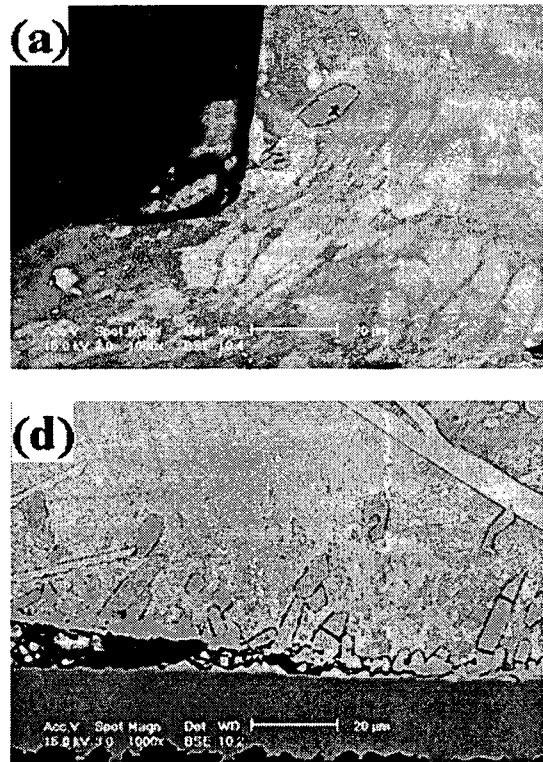


Figure 3 cross-sectional SEM micrographs of the Sn-3.5Ag/Cu solder joints reflowed at 255 °C for 10 s (a) and 1800 s (b) after ball shear tests.

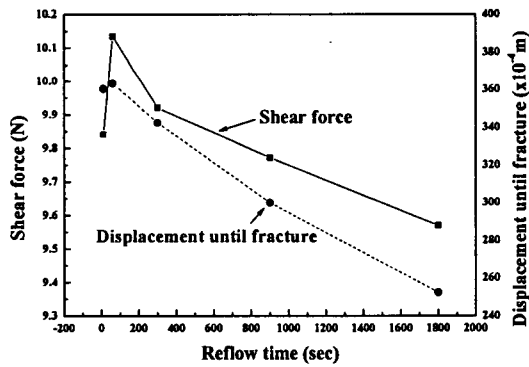


Figure 2 Shear force (a) and displacement until fracture (b) of the Sn-3.5Ag/Cu solder joints reflowed at 255 °C with different reflow times.