

시료에 따른 Sn1.8Bi0.8Cu0.6In솔더의 미세구조 (Microstructure of Sn1.8Bi0.8Cu0.6In alloy during thermal aging)

이재식, 전주선*, 박종우**, 정재필
서울시립대학교, *솔텍, **아주금속

Abstract

The microstructure of Sn1.8Bi0.8Cu0.6In alloys was evaluated at various aging time. The bumps of Sn1.8Bi0.8Cu0.6In alloys after reflowed at 250°C were well-formed and had 260um height. The craters on the bumps, however, were observed. Intermetallic compounds formed on the interface between solder and Cu/Ni UBM were consist of (Cu,Ni)₆Sn₅. As aging goes on up to 1000hours, the composition of Ni changed from 6.63% at initial stage(as-reflowed) to 13.47% at final stage(1000hours aging). In addition, after 500hours aging, the floating of IMC to the solder was observed.

1. Introduction

납(Pb)은 3000년 이상 동안 솔더합금의 중요한 구성성분으로 존재해 왔다¹⁾. 그러나 최근 에 납이 환경과 인간에 미치는 유해성이 대두되면서 반도체 산업에서의 납(Pb)사용금지를 위한 규제가 일본과 유럽국가들에 의해서 제안되고 있다. 이러한 납에 대한 규제와 더불어 전자제품의 경박 단소화가 진행되고 있다²⁾. 이러한 제품 생산을 가능하게 하는 중요 기술 중의 하나가 전자 패키징 기술이다. 또한 반도체 응용분야가 급속도로 확대되면서 다양한 요구사항 대응에 필요한 반도체 패키지 기술 개발의 필요성이 급증하고 있다³⁾. 최근 이러한 요구사항에 따라 반도체 패키지 부문에서 BGA(ball grid array), CSP(chip scale package), 플립칩(Flip Chip) 패키지의 수요가 점진적으로 증가하고 있다.

일반 전자부품의 패키지 크기를 줄이고 전기적인 특성을 최대한 살리기 위해 개발된 차세대 반도체 패키징 기술이 1960년대에 IBM에서 소개한 플립칩 패키지⁴⁾이다. 이때 사용된 범프 형성 방법은 증착이었다. 그러나 이 방법은 가격이 너무 비싸고, 큰사이즈 웨이퍼위에 범핑을 하기가 어렵다.

오늘날 웨이퍼 레벨 패키징에서는 주로 솔더 페이스트 스텐실 프린팅(Solder paste stencil printing)이나 전해도금(Electroplating)이 사용된다. 스텐실 프린팅 법은 큰 피치($\geq 150\mu\text{m}$)에 적합하고, 가격이 저렴한 장점이 있다. 또한 새로운 솔더재료를 적용하기 쉽다는 것이 큰 장점이다.

현재 전자패키징에서 가장 많이 쓰이고 있는 Sn-Pb계 솔더 중에 함유된 납은 인체에 심각한 피해를 일으키고 있다. 이로 인해 연구가 활발히 진행되고 있는 것이 솔더의 무연화이다. 최근 Sn/Ag/Cu.솔더가 적용가능성이 있는 무연솔더로서 각광을 받고 있다. 그러나 이 조성의 무연솔더는 이미 미국이나 일본에서 특허를 가지고 있는 실정이다. 따라서 새로운 무연 크립솔더의 개발이 절실히 요구된다.

이에 본 연구에서는 개발된 Sn1.7wt%Bi0.7wt%Cu0.6wt%In 무연 솔더의 플립칩 적용 가

능성을 검토해 보고자 하였다. Sn1.7wt%Bi0.7wt%Cu0.6wt%In의 플립칩 적용가능성을 검토하기 위하여 UBM이 증착된 실리콘(Si)웨이퍼 솔더 페이스트 스텐실 프린팅법을 사용하여 범프를 형성하고, Sn37wt%Pb, Sn36wt%Pb 2wt%Ag, Sn3.5wt%Ag 크립솔더와의 기계적 특성을 비교하였다. 또한 주사 전자 현미경(SEM)과 EDS분석을 통하여 계면 및 전단파면을 관찰하고 반응기구를 규명하였다.

2. Experimental Procedure

크립솔더(Sn-37wt%Pb, Sn-36wt%Pb-2wt%Ag, Sn-3.5wt%Ag, Sn-1.7wt%Bi-0.8wt%Cu-0.6wt%In)를 도포하기 위하여 Japan Pulse Laboratories, Inc 사의 SP-410M 스텐실 프린터를 사용하였다. 실리콘(Si)웨이퍼에 Thermal evaporator 와 E-gun evaporator를 사용하여Au(20nm)/Cu(400nm)/Ni(400nm)/Al(400nm) 두께를 가진 UBM(Under Bump Metallurgy)층을 형성하였다.

형성된 UBM층위에 크립솔더를 도포한 후 Sn-37wt%Pb, Sn-36wt%Pb-2wt%Ag 크립솔더의 경우 230°C에서 Sn-3.5wt%Ag, Sn-1.7wt%Bi-0.8wt%Cu-0.6wt%In 경우 250°C에서 솔더링을 하였다(Fig.1). 솔더링은 열풍 및 적외선 검용 리프트 머신을 이용하였다.

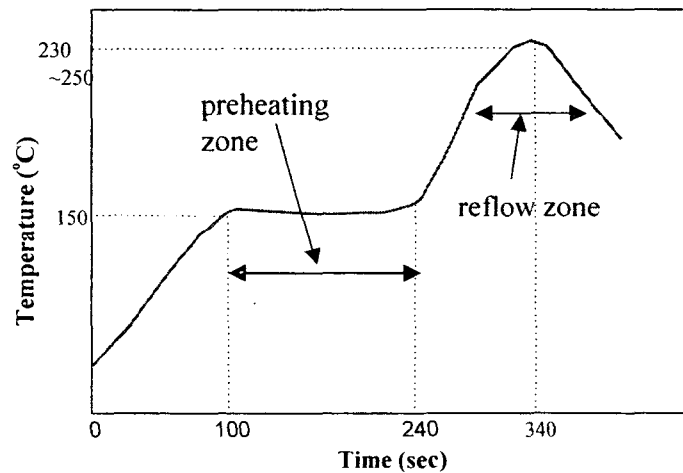


Fig.1 Schematic of Reflow profile

접합부 단면의 미세구조를 관찰하기 위하여 250°C에서 리플로우 솔더링 후 시편을 그라인딩(grinding)과 폴리싱(polishing)을 거쳐 5%HCl-95% C_2H_5OH 용액에 1분간 에칭을 하였고, 금속간 화합물의 표면을 관찰하기 위하여 30% HNO_3 에서 솔더를 에칭한후에 SEM(scanning electron microscopy)와 EDS(energy dispersive spectrometer) 장비를 사용하여 금속간 화합물의 형상과 크기, 그리고 성분을 분석하였다.

3. Results and Discussion

Fig.2에 스텐실프린팅에 의해 형성되어진 Sn1.8Bi0.8Cu0.6In솔더범프의 전자현미경(SEM) 사진을 나타내었다. 높이가 260um정도인 범프가 형성되었고, 범프의 상단과 측면에 빠른 응결에 의한 분화구(Crater)모양이 발견되었다. 만약 가스가 이 분화구안에 존재하면 솔더링 후에 보이드(Void)가 형성될 수 있다. 이러한 분화구(Crater)의 형성을 막기 위해서는 냉각속도를 조절하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

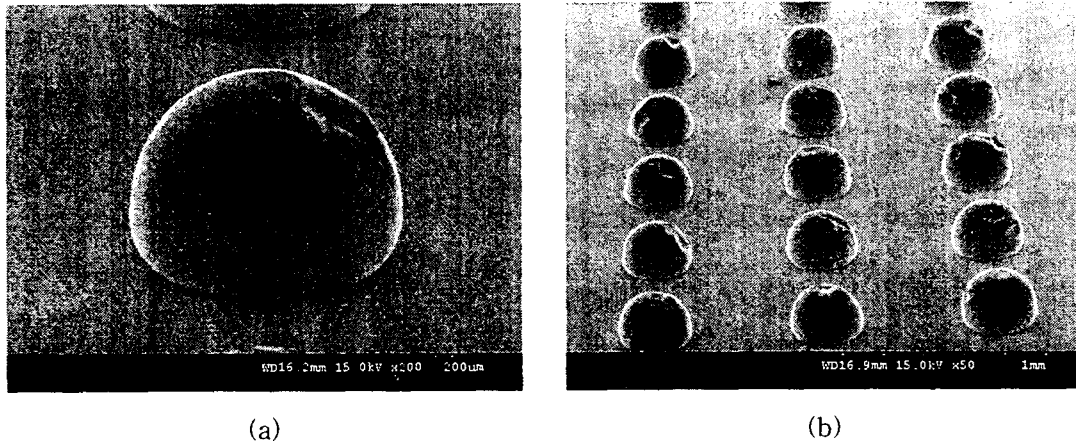


Fig.2 SEM images of the stenciled Sn1.8Bi0.8Cu0.6In bumps((a)×200, (b)×50)

Fig.3에 시효가 진행됨에 따른 솔더내의 금속간 화합물의 변화를 전자현미경(SEM)으로 보았다. Fig.3(a)에 보는 것처럼 금속간 화합물 (Cu,Ni)₆Sn₅가 잘 형성된 것을 볼 수 있었고, 시효가 진행됨에 따라 Cu층이 소진되어 Ni층이 금속간 화합물 형성에 관여하는 것을 알 수 있었다. 시효초기에 금속간 화합물의 Ni함량이 6.63%에서 1000시간의 시효 후에는 13.47%까지 증가하는 것을 보였다. 500시간 시효 후에는 금속간 화합물의 솔더층으로 떠오르는 것을 관찰할 수 있었고, 1000시간 시효 후에는 금속간 화합물의 거의 솔더층으로 떠올라 솔더와 UMB(Under bump metallogy)사이의 계면에는 금속간 화합물층이 거의 소진된 것을 볼 수 있었다. 또한 시효가 진행됨에 따라 In의 함량이 0.38%에서 1.35%로 증가하는 것을 보였다. Fig.5에 시효전과 1000시간 시효후의 금속간 화합물의 성분 변화를 보였다. Sn과 Cu는 거의 비슷한 값을 보였으나 Ni의 경우에 1000시간 시효후에 증가한 것을 볼 수 있었다. Fig. 6에 Sn3.7Pb, Sn3.5Ag, Sn1.8Bi0.8Cu0.6In솔더의

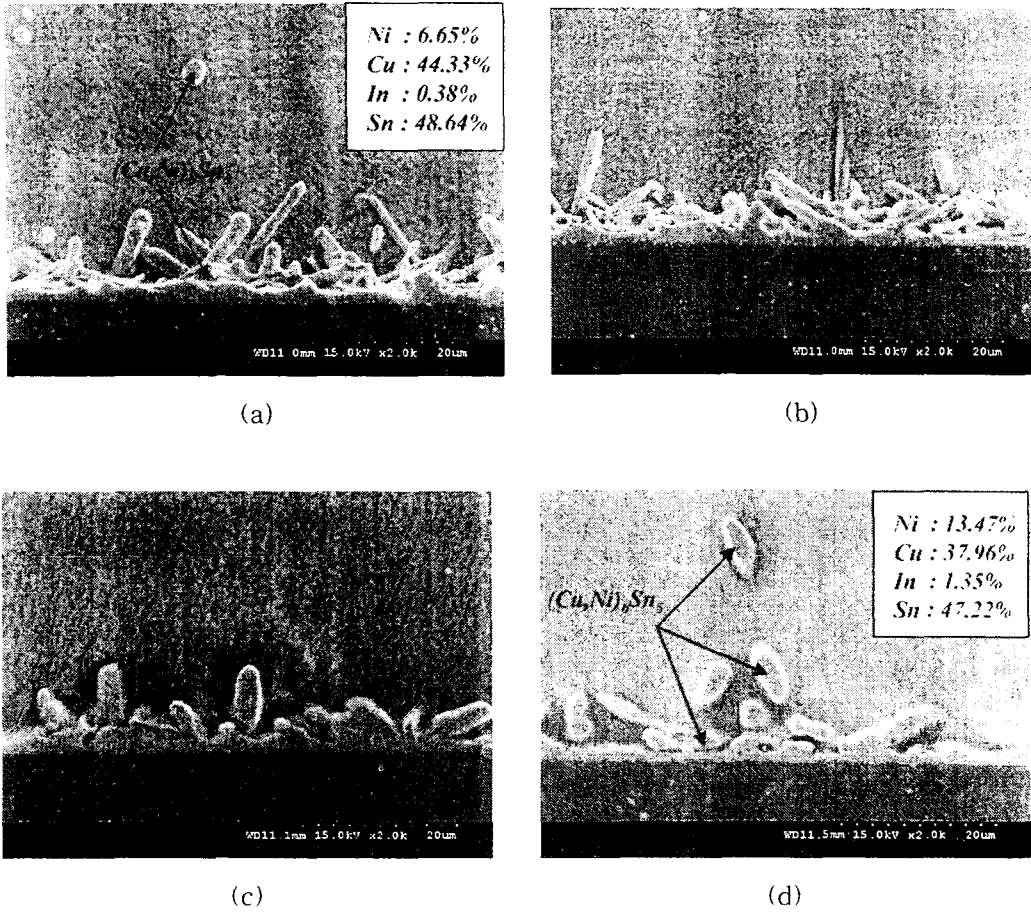


Fig.4 Microstructure observation of Sn1.8Bi0.8Cu0.6In alloy at various aging time ((a)as-reflowed, (b)100hours, (c)500hours, and (d)1000hours)

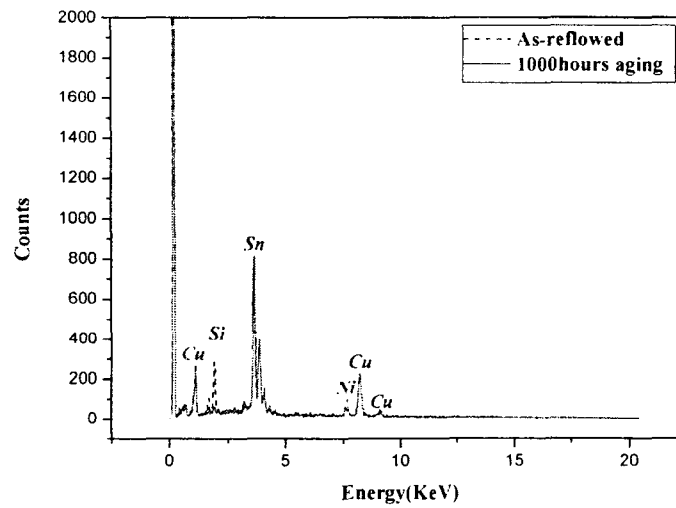


Fig.5 EDX analysis of Sn1.8Bi0.8Cu0.6In solder at various aging time

4. Conclusion

250℃에서 리플로우 후에 범프가 잘 형성되었고, 260um의 높이를 보였다. 솔더와 Cu/Ni UBM 사이 계면관찰결과 (Cu,Ni)₆Sn₅ 금속간 화합물이 관찰되었다. 시효시간이 1000시간 까지 증가하면서 Ni의 함량이 6.63%에서 13.47%로 증가하였고, 500시간 이후에는 금속간 화합물이 솔더내부로 떠오르는 것을 관찰 할 수 있었다.

5. Reference

1. Shear Property and Microstructure Evaluation of Pb-free Solder Bumps under Room Temperature and Multiple Reflow/High Temperature Aging.
2. J.H, Lau ed, Flip Chip Technologies, McGraw-Hill, New York, p.xv.1995,
3. Lau, J.H., Chip on Board Technologies for Multichip Modules, Van Nostrand Reinhold, New York, pp2-5. 1994,