2007년도 추계 학술발표대회 발표논문, 2007년 11월, 전주

전해도금에 의해 형성된 Sn-Ag-Cu 솔더범프와 Cu 계면에서의 열 시효의 영향

(Influence of Thermal Aging at the Interface Cu/Sn-Ag-Cu Solder Bump Made by Electroplating)

이 세형*, 신 의선*, 이 창우*, 김 준기*, 김 정한*

* 한국생산기술연구원 생산기반기술본부 정밀접합팀, 마이크로조이닝센터

ABSTRACT In this paper, fabrication of Sn-3.0Ag-0.5Cu solder bumping having accurate composition and behavior of intermetallic compounds(IMCs) growth at interface between Sn-Ag-Cu bumps and Cu substrate were studied. The ternary alloy of the Sn-3.0Ag-0.5Cu solder was made by two binary (Sn-Cu, Sn-Ag) electroplating on Cu pad. For the manufacturing of the micro-bumps, photo-lithography and reflow process were carried out. After reflow process, the micro-bumps were aged at 150℃ during 1 hr to 500 hrs to observe behavior of IMCs growth at interface. As a different of Cu contents(0.5 or 2wt%) at Sn-Cu layer, behavior of IMCs was estimated. The interface were observed by FE-SEM and TEM for estimating of their each IMCs volume ratio and crystallographic-structure, respectively. From the results, it was found that the thickness of Cu_6Sn_5 layer formed at Sn-2.0Cu was thinner than the thickness of that layer be formed Sn-0.5Cu. After aging treatment Cu_3Sn was formed at Sn-0.5Cu layer far thinner.

Keywords: Electroplating, Aging, Flip Chip, Pb-free solder, IMCs

1. 서 론

Flip chip packaging(FCP)은 반도체 소자의 고집적 소형화에 대응할 수 있는 첨단 반도체 패키징 기술로서 각광을 받고 있다.[1] 또한, 웨이퍼당 칩의 수를 줄일 수 있고 범프를 이용한 재정열에 의해 소형화가 가능하기 때문에 주목을 받고 있는 공정이다. FCP 공정 기술에서 50um 이하의 fine pitch를 형성하기 위해 여러 가지 방법이 시도되고 있으며, 이 중 전해도금법은 저가공정이며 우수한 접합특성을 갖고 있어 일반적으로 이용되고 있는 방법 중 하나이다[2]. 그러나 3원계 전해도금은 정밀조성 및 범프 크기의 조절이 2원계 전해도금에 비해 매우 어렵다.

본 연구에서는 Sn-Cu 및 Sn-Ag의 이원계 합금을 이용한 적층도금을 통해 형성된 Sn-3.0Ag-0.5Cu솔더을 이용하여 열 시효처리 따른 솔더와 Cu 계면에서의 금속간화합물(IMCs)의 성장 거동을 연구하였다.

2. 실험 과정

본 실험에 사용된 Sn-Cu, Sn-Ag 도금액은 Table 1에 나타난 조성비로 건욕 하였으며, 양극으로 99.9%의 Sn을 사용하였다.

Sn-Cu		Sn-Ag	
Sn^{2+}	9.75g/L	Sn^{2+}	49.5g/L
Cu^{2+}	0.5g/L		
Cu(wt%)	0.5, 2	Ag^{+}	0.6g/L

Table 1. Ratio of plating solution.

전해도금을 이용하여 솔더범프를 형성하기 위한 실험 모식도를 그림 1.에 나타냈다.

Sn-Ag-Cu 범프와 Cu 계면에서의 IMCs 거동을 비교하기 위해 범프를 대기 중에서 리플로우 수행 후 마이크로 범프의 단면을 주사전자현미경(SEM)과 투과전자현미경(TEM)을 이용하여 관찰하였다. Sn-Cu층의 Cu함량(0.5 or 2.0wt%)을 달리함으로써 IMCs의 거동을 관찰하였다. 리플로우 공정 후 마이크로 범프를 계면에서의 IMCs 성장 거동을 관찰하기 위해 150℃에서 500시간 동안 열 시효를 실시하였다.

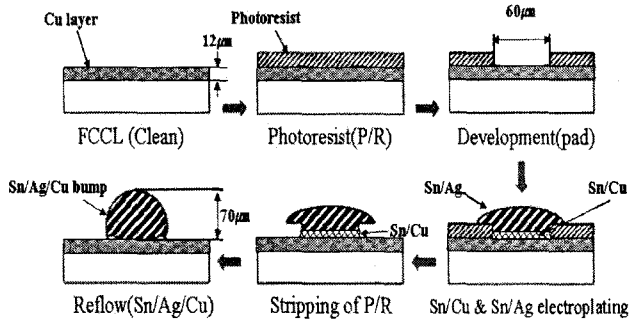

Fig.1. Schematic illustration of experimental procedure.

3. 결과 및 고찰

3.1 솔더 범프 형성

60um 크기의 Sn-Ag-Cu solder bump는 4A/dm^2- 40분 동안 수행하여 획득하였다. 솔더범프의 High aspect ratio는 1:1.2 조건으로 하여 형성되었다. 솔더범프의 형성을 위해 도금된 mushroom-shape를 그림 2의 조건으로 리플로우를 수행하였다. 그림 2는 솔더 범프 형성을 위한 리플로우 열 싸이클 곡선을 나타냈다.

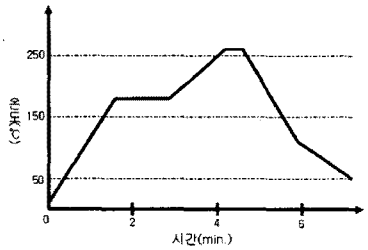

Fig. 2. Thermal cycle curve of reflow processing.

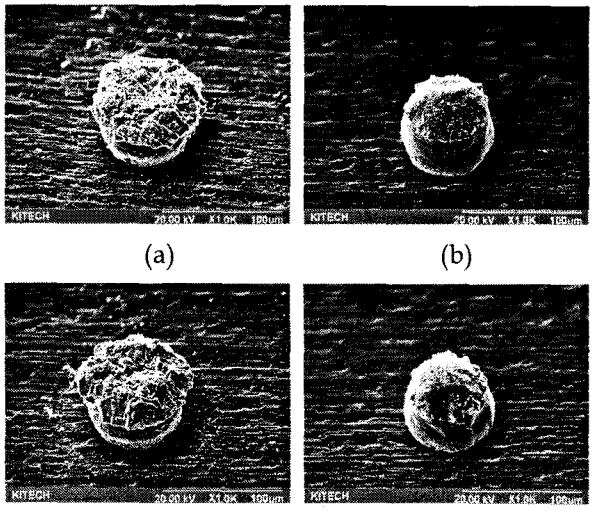

Fig. 4. SEM images of Sn-Ag-Cu solder bump
(a: 0.5wt%Cu, c: 2.0wt%Cu, b&d: after reflow process of a&c, respectively)

리플로우 공정 후 Cu 조성에 따라 형성된 각각의 솔더범프의 형상을 그림. 3에 나타냈다.

3.2 솔더범프의 미세조직

리플로우 공정 후 Sn-Ag-Cu 솔더범프의 계면 미세조직을 그림 3에 나타냈다. Cu 패드 위의 0.5wt%와 2.0wt% 조성에서의 계면 반응을 비교하기 위해 SEM&EDS를 수행하였다. 전형적인 형태의 Cu-Sn 금속간 화합물 층이 리플로우 공정 후 두 조성에서 모두 형성되었다.

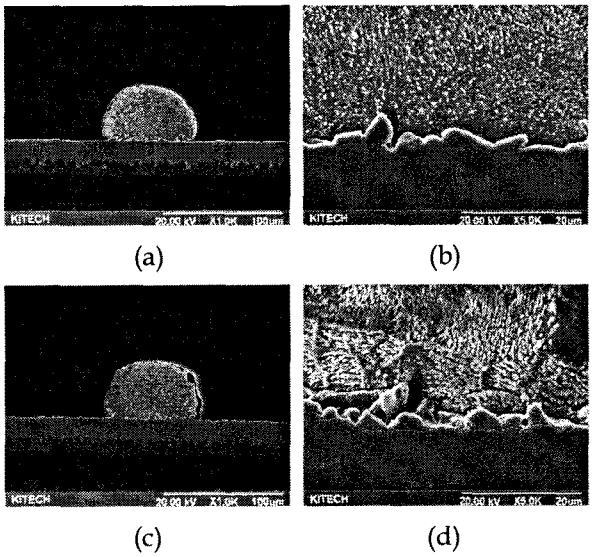

Fig. 3. Cross-sectional SEM images of Bump
(a: 0.5wt%Cu, c: 2.0wt%Cu, b&d: high-magnification of a&c, respectively)

이전의 실험[3]에서 유사한 형태의 금속간 화합물이 WDS에 의해 증명된 바와 같이 계면에 형성된 금속간 화합물은 EDS에 의해 Cu_6Sn_5로 판명되었다. 각각의 조성에 따라 Cu pad 위에 형성된 IMCs는 2.0wt%Cu에서보다 0.5wt%Cu의 조성에서 형성된 금속간화합물이 약 1~2um 가량 두껍게 형성되었음을 알 수 있다.

3.3 After aging treatment

그림 4는 시효처리 후의 Sn-Ag-Cu 범프의 계면조직을 나타냈다. 시효처리 후 계면에서 전형적인 형태의 Cu_6Sn_5가 성장되었다. 150℃에서 500시간 동안 시효처리 하는 동안 (a)에서 형성된 IMCs에 비해 (b)에서 형성된 IMCs의 성장이 크게 이루어 졌음을 알 수 있다.

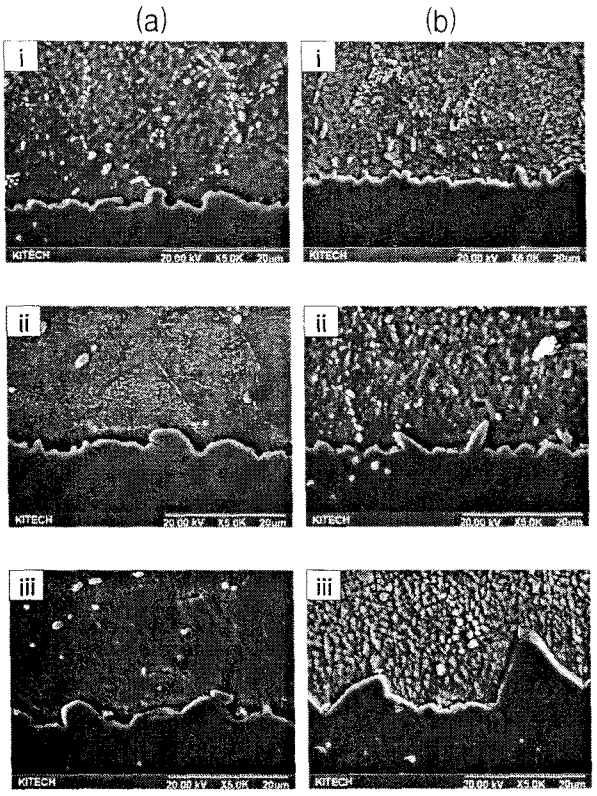

Fig 4. SEM images of interface after aging treatment on lines of Cu composition (i) 1h, (ii) 100h, (iii) 500h at 150℃ for (a) 0.5wt%Cu and (b) 2.0wt%Cu

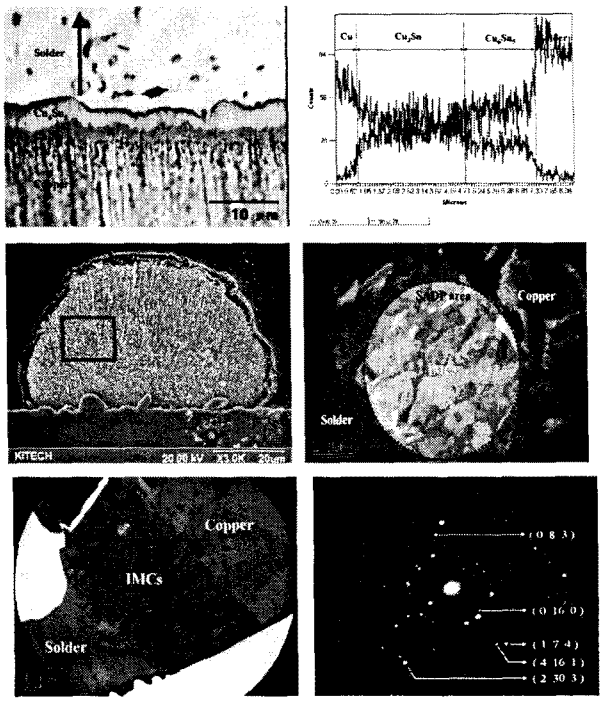

Fig. 5. IMCs의 정량적 평가(by Linescan & SADP)

2.0wt%Cu함량의 솔더에서 500시간 시효처리 후 성장된 IMCS의 정량적 평가를 위해 EDS Linescan과 TEM SADP를 수행 및 비교하여 정량적 평가를 실시하였다. 그림 5에 그 결과를 나타냈다. EDS Linescan은 오차를 줄이기 위해 10회 실시하였다. Linescan에 의해 측정된 IMCs는 약 6.36um이며 η상과 ε상이 각각 2.67um와 3.69um로 41.98%와 58.02%를 차지하고 있다. 또한, SADP에 의해 측정된 IMCs의 비율은 η상과 ε상이 각각 43.51%와 56.49%로서 EDS에 의해 측정된 IMCs의 비율과 비슷한 비율로 존재함을 증명할 수 있었다.

4. 결 론

1) 60um크기의 Sn-Ag-Cu 솔더범프를 형성하기 위한 전해도금의 조건은 Sn-Cu와 Sn-Ag 모두 $4A/dm^2$이다.

2) 범프 형성 직후 계면에 형성된 IMCs는 0.5wt%Cu에서 약 1-2um 가량 크게 형성되었다.

3) 150℃에서 500시간 시효처리 후에는 2.0wt%Cu의 조성에서 IMCs의 성장이 더욱 진행되었다.

4) 시효처리 후 2.0wt%에서 형성된 IMCs는 η상과 ε상이 각각 43.51%와 56.49%로서 성장되었다.

후 기

본 연구는 2007년 한국생산기술연구원의 연구지원과 마이크로조이닝 기반구축사업 연구비에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] H.Lau ed: Filp Chip Technologies, McGraw-Hill, New york, 123 (1995)

[2] Addi Mistry, John Czarnowski and Craig Beddingfield: IEEE/CPMT Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium (1998)

[3] K.S. Kim, S.H.Huh, K. Suganuma: Journal of Alooys and Compounds 352(2003) 226-236