

이원계 전해도금법에 의한 Sn-3.0Ag-0.5Cu 무연솔더 범핑의 정밀 조성 제어

Precise composition control of Sn-3.0Ag-0.5Cu lead free solder bumping made by two binary electroplating

이 세형*, 이 창우*, 강 남현*, 김 준기*, 김 정한*

* 한국생산기술연구원 생산기반기술본부 정밀접합팀

ABSTRACT

Sn-3.0Ag-0.5Cu solder is widely used as micro-joining materials of flip chip package(FCP) because of the fact that it causes less dissolution and has good thermal fatigue property. However, compared with ternary electroplating in the manufacturing process, binary electroplating is still used in industrial field because of easy to make plating solution and composition control. The objective of this research is to fabricate Sn-3.0Ag-0.5Cu solder bumping having accurate composition. The ternary Sn-3.0Ag-0.5Cu solder bumping could be made on a Cu pad by sequent binary electroplating of Sn-Cu and Sn-Ag. Composition of the solder was estimated by EDS and ICP-OES. The thickness of the bump was measured using SEM and the microstructure of intermetallic-compounds(IMCs) was observed by SEM and EDS. From the results, contents of Ag and Cu found to be at $2.7 \pm 0.3 \text{wt}\%$ and $0.4 \pm 0.1 \text{wt}\%$, respectively.

Keywords: Electroplating, Flip Chip bumping, Lead-free soldering, IMCs

1. 서 론

전자제품의 경박단소화 추세가 이루어지면서 플립칩 기술은 미세피치의 접합에 대한 유용한 기술로 대두되고 있다. 플립칩 기술에서 100 μm 이하의 미세피치를 구현하기 위해 여러 방법이 시도되고 있으며, 이 중 전해도금법은 일반적으로 이용되고 있는 방법 중 하나이다. 전해도금법의 재료로서 Sn-Ag-Cu 솔더는 환경규제에 의해 유연솔더의 사용이 규제되면서 물리적, 기계적 물성 등이 유연솔더의 물성에 근접한 솔더로 부각되고 있다^[1-3]. 특히 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더의 경우에는 217 $^{\circ}\text{C}$ 의 저융점과 우수한 열피로 특성으로 인하여 유연솔더를 대체하는 무연솔더로 각광받고 있다.

본 연구에서는 Sn-Cu 및 Sn-Ag의 이원계 합금을 이용한 적층도금을 통해 Sn-3.0Ag-0.5Cu 솔더 범핑의 제조를 연구하였다. 제조된 3원계 합금의 정밀 조성 제어 및 금속간화합물(intermetallic-compounds; IMCs)의 두께 제어를 함께 연구하였다.

2. 실험 과정

미세 범핑 형성을 위한 기판은 두께 12 μm , 순도 99.9wt%의 FCCL (Flexible cooper clad laminate)를 사용하였다. FCCL의 Cu 층 위에 포토레지스트를 이용하여 60 μm 의 홀을 형성하였다. Cu 기판 위에 솔더 범프가 형성되는 과정의 모식도를 그림 1에 나타냈다.

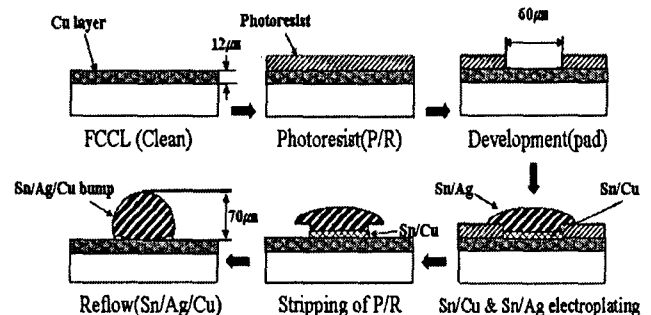


Fig.1. Schematic illustration of experimental procedure.

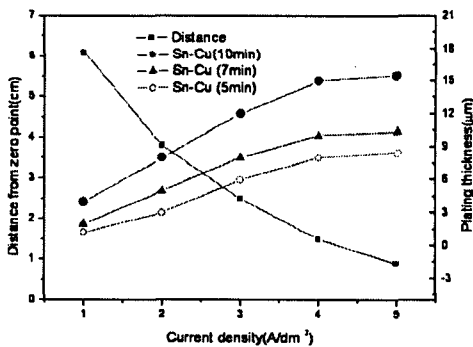
도금을 위한 표면 전처리는 10% 염산에 2-3회 침지하여 표면산화물을 제거하고 초순수를 이용하여 3회 이상 세척하였다. FCCL위에 60 μm 크

기로 형성된 홀 위에 Sn-Cu 및 Sn-Ag 도금을 연속적으로 수행하였다. 이원계 전해도금 후 포토레지스트를 FCCL로부터 제거한 후 250℃에서 리플로우 공정을 진행하였다(그림4 참조). 정밀조성을 측정하기 위해 Cu 기판 대신 Fe plate를 사용하여 동일한 방법으로 범프를 형성하기 위한 실험을 수행하였다. Cu 기판 위에 형성된 Sn-Ag-Cu와 Sn-Ag에 대한 IMCs를 비교하기 위해 미세범프의 단면을 주사전자현미경(SEM, FEI Co. Serion)을 이용하여 관찰하였다. 또한, ICP-OES(GBC社)와 EDS(Thermo NORAN社)를 이용하여 범프의 정밀조성을 측정하였다.

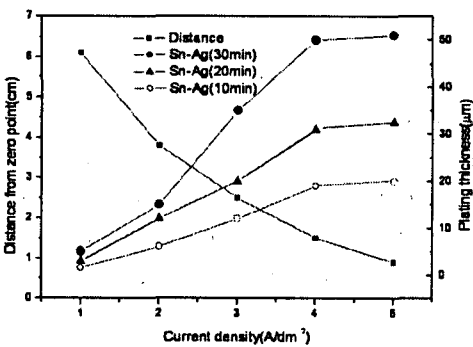
3. 결과 및 토의

3.1 전해도금 조건 확립

전해도금조건을 확립하기 위해 Hull-Cell Test를 수행한 결과를 그림 2에 나타냈다. 교반속도 250rpm을 고정변수로 하여, 상온에서 실험을 수행한 결과를 음극전류밀도와 도금두께와의 관계로 나타내었다.



(a)



(b)

Fig.2. Relation between Plating thickness and Current density by hull-cell test. [(a): Sn-Cu, (b): Sn-Ag]

도금두께는 음극전류밀도의 증가에 따라 선형적으로 증가한다. 그러나, 4A/dm²의 조건에서 음극전류밀도가 한계전류밀도에 도달하게 되어 더 이상 선형적으로 증가하지 않고 일정한 두께를 유지함을 알 수 있었다. 이 전류밀도에서 도금두께는 더 이상 전류밀도의 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

3.2 솔더범프의 형성 및 리플로우 솔더링

전해도금법을 이용하여 얻어진 솔더범프의 형상을 그림 3에 나타냈다. 형성된 도금층을 Reflow machine을 이용하여 최종 솔더범프를 형성하였다. 그림 3의 미세 범프 이미지 중 a, b는 리플로우 공정의 이미지를 c, d는 리플로우 공정 후의 이미지를 나타내는 그림이다.

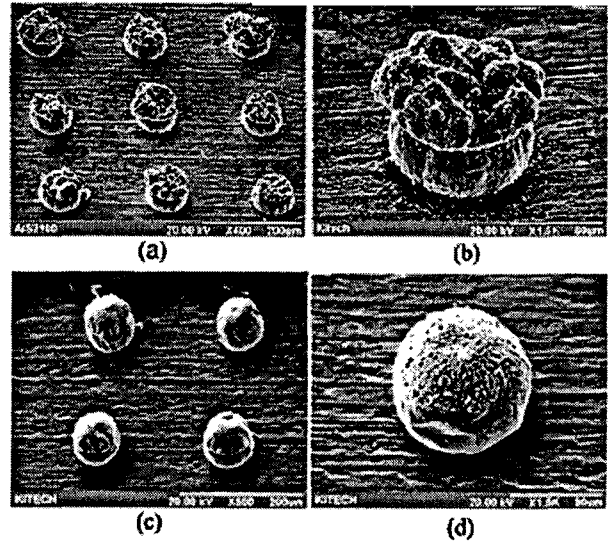


Fig.3. SEM images of Sn-Ag-Cu solder bump shape [(a) and (b)] and as reflow [(c) and (d)], respectively

리플로우 시 열공정곡선은 그림4와 같다. 승온속도는 2.57℃/s 이며, 냉각속도는 4.21℃/s이다. 예열온도는 150~190℃로 1분53초 유지하였고, 본 가열온도는 250℃로 하여 그림 3과 같이 직경 60µm, 높이 70µm의 미세 범핑이 잘 형성되어 있는 것을 관찰하였다.

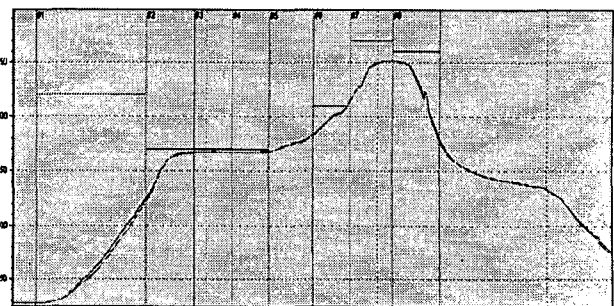
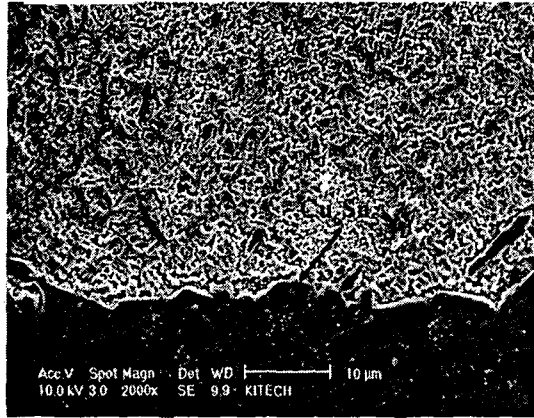


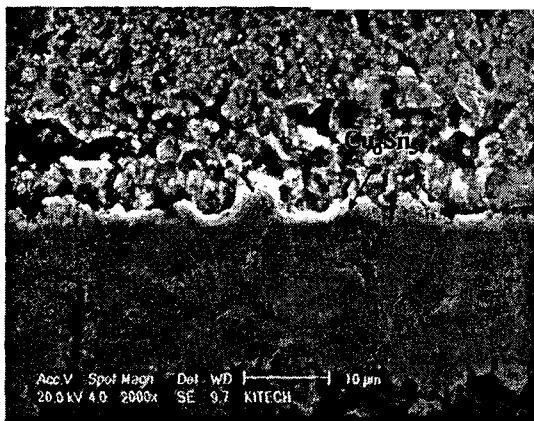
Fig.4. Thermal cycle curve of reflow processing

3.3 조성 평가 및 미세조직

Cu 기판위에 전해도금으로 형성된 Sn-Ag-Cu와 Sn-Ag의 범프의 미세조직을 평가한 결과를 그림 5에 나타냈다.



(a)



(b)

Fig.5. SEM microstructure of the interface layer formed Sn-Ag-Cu on Cu pad(a) and Sn-Ag on Cu pad(b).

계면의 IMCs는 Cu_6Sn_5 로 판단되었으며, 이 결과는 이와 유사한 형태의 화합물을 WDS를 이용하여 분석한 이전의 결과^[4]와도 일치하고 있으나, 일반적으로 사용되는 Sn-Ag 솔더에서 형성되는 금속간 화합물층의 크기에 비해 Sn-Ag-Cu 솔더에서 약 1-2 μ m 적게 형성되었다.

ICP-OES를 위한 시편은 실험방법에서 기술한 바와 같이 Cu 기판의 영향을 배제하기 위해 Fe 기판에 동일한 방법으로 솔더 범핑을 수행하여 형성된 범프를 평가하였다. 그 결과 표1에 나타난 것 같이 Sn-Ag-Cu의 조성은 Ag 2.7wt%, Cu 0.4wt%로 편차는 각각 0.3wt%, 0.1wt%내에 있어 정밀조성제어가 가능하였다.

	1	2	3	4	5	평균
Sn	96.86	97	96.81	96.63	97.07	96.874
Ag	2.73	2.53	2.83	2.94	2.58	2.722
Cu	0.41	0.47	0.36	0.43	0.35	0.404

Table 1. Compositions of Sn, Ag and Cu in solder bump formed on Fe plate.

4. 결 론

Sn-Ag-Cu의 3원계 솔더는 이원계 Sn-Cu 및 Sn-Ag의 적층도금을 통하여 솔더 범프를 형성하였다.

1. Cu와 솔더의 계면에 형성된 금속간화합물(IMCs)은 Sn-Ag 솔더 범핑에 비해 Sn-Ag-Cu 솔더 범핑에서 적게 형성되었다.

2. $2.7 \pm 0.3\text{wt}\%$ Ag와 $0.4 \pm 0.1\text{wt}\%$ Cu 내의 조성편차를 갖는 솔더 범프를 형성 할 수 있어 정밀 조성제어가 가능하였다.

후 기

이 연구는 2006년 한국생산기술연구원의 연구지원과 마이크로조닝 기반구축사업 연구비에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] J.R. Stack, US Patent 2 313 371(1943)
 [2] M.Carano, Plat. Surf. Finish. 70 (1983) 58.
 [3] R.G.Baker, T.A.Palumbo, Plat. Surf. Finish. 70 (1983) 58.
 [4] k.s. Kim, S.H. Hur, K. Suganuma : Effects of intermetallic compounds on properties of Sn-Ag-Cu lead-free soldered joints. Journal of Alloy and Compounds 352 (2003) 226-236