

플라즈마를 이용한 무플럭스 솔더링에 관한 연구

(A study on fluxless soldering using plasma treatment)

문준권, 강경인, 박계환*, 정재필
서울시립대학교 재료공학과, *(주)뮤티테크놀로지

Abstract

환경에 관한 관심이 증대되면서 Sn37Pb 솔더를 대체하기 위한 새로운 무연솔더의 개발이 진행되고 있다¹⁾. 또한 연구의 초점이 되고 있는 것이 플럭스의 사용에 관한 것이다. 플럭스는 솔더의 산화막을 제거하는데 필수적이지만, 플럭스 세정제의 독성 문제로 무플럭스 솔더링에 대한 관심이 크게 증대되고 있다^{2),3)}. 무플럭스 솔더링의 방법에는 여러 가지가 있으며, 그 중 한가지가 플라즈마를 이용한 방법이다⁴⁾.

본 연구에서는 솔더표면의 이물질과 산화막을 제거하기 위한 플라즈마 처리가 접합 후, 접합부에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. 기판은 Evaporator를 이용하여 Au/Cu/Ni/Al UBM을 증착한 Si-wafer를 사용하였다. 사용된 솔더는 Sn37Pb, Sn3.5Ag와 Sn3.5Ag0.7Cu 솔더볼이며, 열풍 및 적외선 검용 리플로 머신과 Ar+H₂를 이용한 플라즈마 에처를 사용하여 범프를 형성하였다. 플라즈마 처리가 계면의 미세조직과 기계적 강도에 끼치는 영향을 알아보기 위하여 플라즈마 처리된 시편과 리플로 한 후의 시편을 비교 분석하였다. 전단시험기로 계면의 강도를 측정하였으며, 주사전자현미경으로 범프의 표면과 계면 및 전단파면을 관찰하고 이에 대하여 고찰하였다. 산화막 제거를 위한 플라즈마 처리가 저융점인 솔더의 미세조직을 기존의 솔더링 접합부와는 다르게 변화시킴으로써 솔더부의 전체적인 특성에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.

1. Introduction

환경에 관한 관심이 증대되면서 Sn37Pb 솔더를 대체하기 위한 새로운 무연솔더의 개발이 진행되고 있다. 또한 연구의 초점이 되고 있는 것이 플럭스의 사용에 관한 것이다. 플럭스는 솔더의 산화막을 제거하는데 필수적이지만, 플럭스 세정제의 독성 문제로 무플럭스 솔더링에 대한 관심이 크게 증대되고 있다. 무플럭스 솔더링의 방법에는 여러 가지가 있으며, 그 중 한가지가 플라즈마를 이용한 방법이다.

본 연구에서는 솔더표면의 이물질과 산화막을 제거하기 위한 플라즈마 처리가 접합 후, 접합부에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. 기판은 Au/Cu/Ni/Al UBM을 증착 및 도금한 Si-wafer를 사용하였다. 사용된 솔더는 Sn37Pb, Sn3.5Ag와 Sn3.5Ag0.7Cu 솔더볼이며, 열풍 및 적외선 검용 리플로 머신과 Ar+H₂를 이용한 플라즈마 에처를 사용하여 범프를 형성하였다. 플라즈마 처리가 계면의 미세조직과 기계적 강도에 끼치는 영향을 알아보기 위하여 플라즈마 처리된 시편과 리플로 한 후의 시편을 비교 분석하였다. 전단시험기로 계면의 강도를 측정하였으며, 주사전자현미경으로 범프의 표면과 계면 및 전단파면을 관찰하고 이에 대하여 고찰하였다. 산화막 제거를 위한 플라즈마 처리가 저융점인 솔더의 미세조직을 기존의 솔더링 접합부와는 다르게 변화시킴으로써 솔더부의 전체적인 특성에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.

2. Experimental

무플럭스 솔더링의 한가지 종류인 플라즈마 처리가 접합 후, 접합부에 미치는 영향을 알아보기

위해 플라즈마 처리된 시편과 리플로 한 후의 시편의 접합강도를 비교하고, 파단면 및 접합계면을 관찰하였다.

2.1 전단강도

Si wafer위에 직경 $300\mu\text{m}$ 의 Au(20nm)/Cu($4\mu\text{m}$)/Ni($4\mu\text{m}$)/Al(400nm)-UBM을 적층시키고, 그 위에 세가지 조성(Sn37Pb, Sn3.5Ag, Sn3.5Ag0.7Cu: $500\mu\text{m}$)의 솔더볼을 이용하여 플라즈마 에칭과 리플로 머신으로 범프를 형성하였다. Ar-10vol% H_2 플라즈마를 이용하여 RF power 150W로 60초간 플라즈마 처리하였다. 플럭스 솔더링은 열풍 및 적외선 검출 리플로 머신을 이용하였다. 리플로 온도는 Sn37Pb는 230°C , Sn3.5Ag 솔더와 Sn3.5AgCu 솔더는 250°C 로 하였다. 솔더링 부의 접합강도를 측정하기 위하여 전단강도 시험기(shear strength tester)를 사용하였다. 전단강도 측정조건은 팁과 기판과의 거리 $10\mu\text{m}$, 팁의 이동속도는 $200\mu\text{m}/\text{sec}$ 이다. 각 조건당 20회의 전단강도 값을 평균값과 표준편차를 계산하였다. 그리고 image-analyzer 프로그램을 이용하여 접합면적을 구하고, 단위면적에 대한 접합강도를 표출하였다.

그리고, 플라즈마 처리를 이용한 무플럭스 솔더링과 플럭스를 사용한 리플로 솔더링을 시행한 시편을 $-25^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 구간에서 열피로 시험을 700회 시행하여 열적 피로가 기계적 강도에 미치는 영향도 알아보았다. 이때 승온 및 강온 속도는 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 이며, -25°C 와 125°C 에서 유지시키는 시간은 5분으로 설정하였다.

2.2 미세구조

플라즈마 처리시 계면반응을 규명하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 전단 파면과 접합 계면을 관찰하고 리플로 솔더링시와 비교하였다. 사용된 기판과 솔더볼 및 실험조건은 전단강도시와 동일하게 하였다. 플라즈마를 이용한 솔더링과 리플로 솔더링 후 접합부 단면의 미세조직 관찰은 주사전자현미경을 이용하였고, 솔더/기판 계면에 형성된 금속간화합물의 성분을 분석하기 위하여 EDS(energy dispersive spectrometer)를 사용하였다. 솔더링부의 솔더부분을 모두 제거하기 위하여 50% 질산용액에 1분간 에칭하여 금속간화합물층만 남기고 솔더부분을 선택적으로 제거하였다.

3. Results and Discussion

3.1 전단강도

Fig. 1은 범프를 형성하는 방법에 따른 세가지 솔더의 전단강도를 나타낸 그래프이다. 세 솔더 모두 플라즈마 처리를 이용한 무플럭스 솔더링보다 플럭스를 도포한 후 리플로 솔더링한 시편의 강도가 높게 나타났다. Sn37Pb 솔더, Sn3.5Ag솔더, Sn3.5Ag0.7Cu 솔더의 강도는 플라즈마 처리로 무플럭스 솔더링을 시행하였을 경우 각각 37.5MPa, 32.3MPa, 42.1MPa 로 측정되었다. 리플로 솔더링을 시행하였을 때는 48.1MPa, 50.5MPa, 52.6MPa의 전단강도 값을 나타냈다. 플라즈마를 이용한 무플럭스 솔더링이 플럭스를 사용한 리플로 솔더링 강도의 약 75%정도로 양호한 접합을 이루고 있다고 판단된다.

Fig. 2는 전단강도 테스트시의 파면을 나타내고 있다. 세 솔더 모두 리플로 시와 마찬가지로 플라즈마 처리를 하였을 때에도 역시 솔더내에서 파단이 일어났다. 플럭스를 사용한 리플로 솔더링 뿐만 아니라 플라즈마 처리를 이용한 무플럭스 솔더링 시에도 접합부의 강도가 솔더자체의 강도보다 더 크기 때문이라고 판단된다.

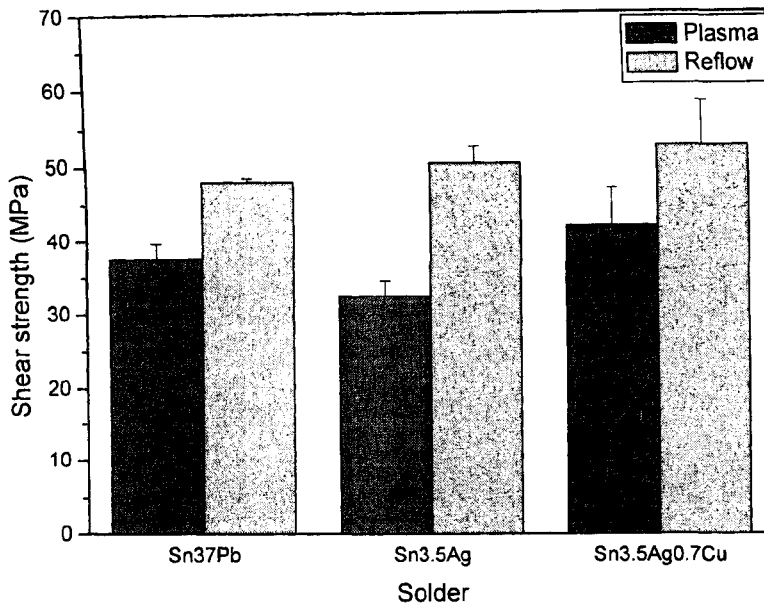


Fig. 1 Effect of soldering method on shear strength.

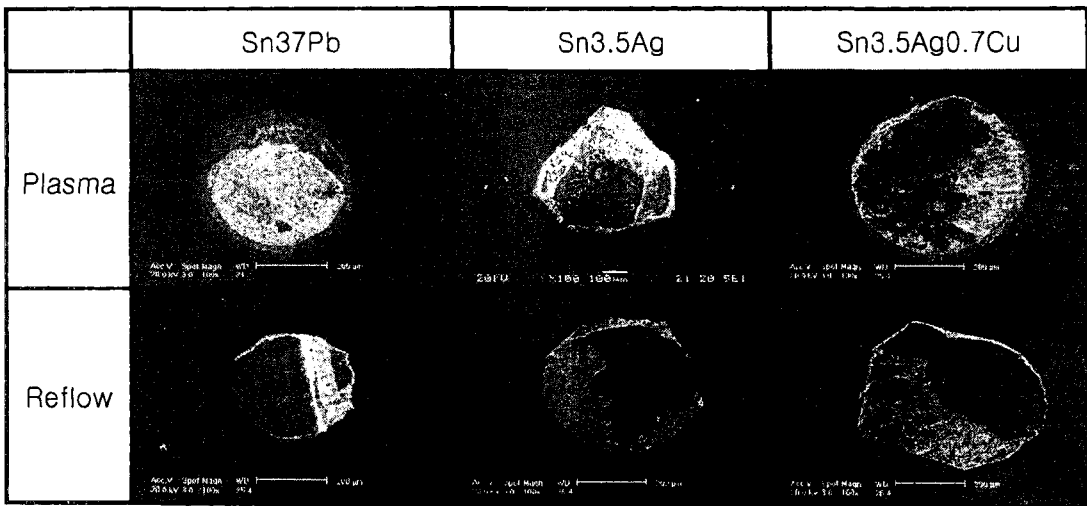


Fig. 2 Fracture surface of bonded solder ball after shear strength test.

3.2 미세구조

Fig. 3은 Sn37Pb, Sn3.5Ag, Sn3.5Ag0.7Cu 솔더를 UBM이 증착된 Si-wafer에 각각 플럭스 리플로 솔더링과 무플럭스 플라즈마 솔더링을 한 후의 솔더표면을 나타낸 것이다. 세 솔더 모두 플럭스를 도포한 후의 리플로 솔더링 시에는 매끄러운 표면을 보였다. 그러나 플라즈마 솔더링 시의 솔더표면은 리플로 솔더링 때와 비교하여 불규칙적이었다. 플럭스를 사용 시와는 다르게 플라즈마 처리시에는 부분적으로 산화막이나 이물질이 남아있는 상태에서 범프가 형성되었기 때문이라고 판단된다.

Fig. 4는 Cu(4 μ m)/Ni(4 μ m)/Al(400nm)의 UBM이 증착되어 있는 Si-wafer에 각각 무플럭스 플라즈

마 솔더링과 플럭스 리플로 솔더링을 한 후, 접합부의 단면을 주사전자현미경으로 관찰하고 EDS 분석을 통하여 형성된 금속간화합물의 조성을 분석한 것이다. 두 경우 모두 UBM 최상층인 Cu가 솔더링 후에도 여전히 존재함을 알 수 있고, Sn-Cu계 금속간화합물인 Cu_6Sn_5 가 생성되었다. 금속간 화합물 형성시 Cu층이 모두 소진되지 않았기 때문에 Ni이 관여하지 못했다. 그로인해 Ni의 함유가 없는 금속간화합물만이 형성된 것으로 판단된다.

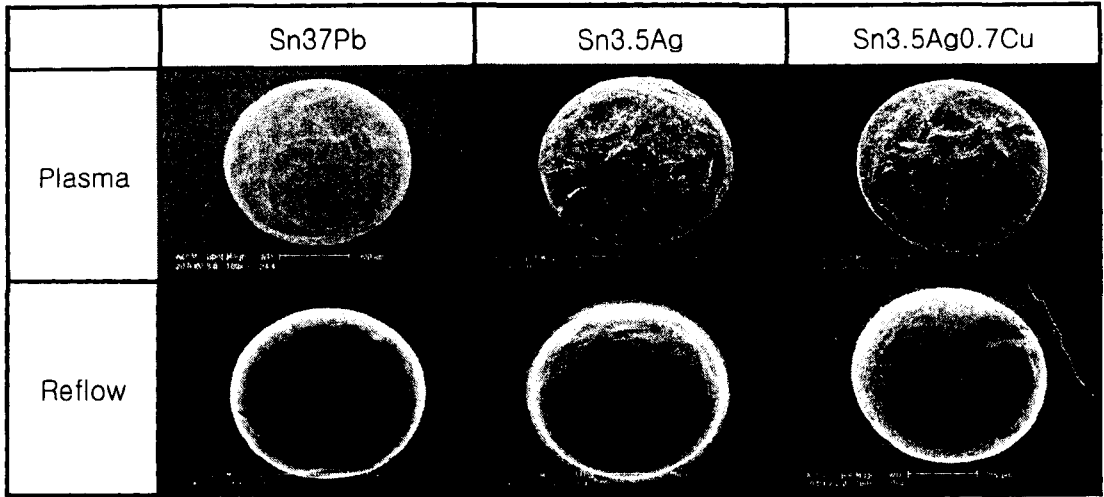


Fig. 3 Top view of solder bump after plasma soldering and reflow soldering.

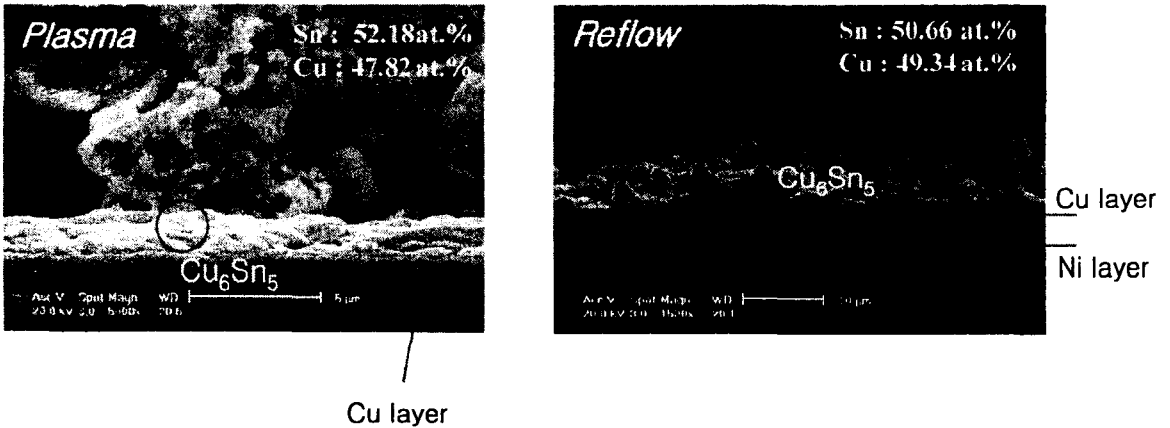


Fig. 4 Cross-sectional view of the interface between Sn37Pb solder and UBM of Si-wafer.

References

- [1] K. Suganuma and Y. Nakamura, J. Japan Inst. Metal, 59-12, pp.1299-1305 (1995),
- [2] M. Bixenaman and E. Miller, Pro. 5th Int. Joint Symp. on Microelec. & Packaging, IMAPS-KOREA and IEEE-CPMT, Seoul, Korea, p.45 (2000).
- [3] M. J. Molina and F.S. Rowland, Natrue, 249, p.810, (1974).
- [4] Masahiko et al., Proc. of Electronic Components and Technology Conference, p.408, (1999).