

# 플라즈마와 초음파를 이용한 무플럭스 솔더 플립칩 접합에 관한 연구

## (A Study on Fluxless Solder Flip Chip Bonding Using Plasma & Ultrasonic Wave)

홍순민, 강춘식, 정재필\*

서울대학교 재료공학부, \*서울시립대학교 금속재료공학부

(E-mail: omegan@chollian.net)

### Abstract

Fluxless flip chip bonding using plasma & ultrasonic wave was investigated in order to evaluate the effect of plasma & ultrasonic treatment on the bondability of the Sn-3.5wt%Ag solder bumped die to TSM-coated glass substrate. The Ar+10%H<sub>2</sub> plasma was effective in removing tin oxide on solder surface. The die shear strength of the plasma-treated Si-chip is higher than that of non-treated specimen but lower than that of specimen bonded with flux. The die shear strength with the bonding load at 25W ultrasonic power increased to 0.8N/bump for all bonding temperature but decreased above 1.0N/bump.

### 1. Introduction

현재 패키지 기술의 발전 방향은 크게 세가지로 대별할 수 있는데, 패키지의 미세 피치화, 무연 솔더(lead-free solder)의 사용 그리고 무플럭스(fluxless) 솔더링 기술의 개발이다. 즉, 전자 제품의 소형 고성능화 추세에 따라 주변단자 실장에서 면실장으로 발전하고 있으며 실장밀도가 가장 높은 플립칩 패키지에서도 범프 피치가 더욱 감소하고 있다. 그리고, 친환경 실장기술(environmental-friendly technology)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는데, 국제적인 법적 규제와 기업들간의 이른바 "green marketing" 경쟁이 심화되며 무연솔더의 사용이 증가하고 있다.[1] 또한, 환경오염을 일으키는 플럭스 세정 용매의 사용에 대한 규제도 강화되고 있다. 특히, 솔더 플립칩 패키지에서 범프 피치의 간격이 감소할수록 플럭스의 완벽한 세정이 어려워지므로 잔류 플럭스에 의한 신뢰성 악화 문제를 해결하기 위하여 무플럭스 솔더링 기술에 대한 연구도 진행되고 있다.[2]

본 연구는 이러한 문제들을 다루기 위하여 Sn-3.5wt%Ag 무연솔더가 범핑된 플립칩을 유리 기판에 무플럭스로 접합하는 연구를 행하였다. 무플럭스 접합 수단으로서 솔더의 산화막을 제거하기 위하여 접합 직전 플라즈마 처리를 수행하였다. 또한, 무연솔더는 일반적인 Sn-Pb 공정 솔더보다 용점이 높아서 공정온도 또한 높으며 전자소자의 내열한계보다 높은 온도에서 리플로우를 해야하는 위험이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 초음파[3]를 적용하여 솔더의 용점 이하의 접합에서 플럭스를 사용하지 않는 솔더 플립칩 접합에 대하여 연구하였다.

### 2. Experimental

솔더 표면의 산화막 식각에 미치는 플라즈마 처리의 영향을 평가하기 위하여 다양한 방법으로 플라즈마 처리를 한 후에 Auger Electron Spectroscopy depth profile 분석을 하였다. Sn-3.5wt%Ag 벌크 솔더를 압연하여 범프의 높이와 같은 100 $\mu$ m 두께로 압연한 후에 펀칭 작업을 거쳐 직경 6mm의 디스크로 제조하였다. 플라즈마 처리는 RF 플라즈마 에칭장비를 사용하였다. 플라즈마 기체로는 Ar과 H<sub>2</sub>의 혼합기체를 사용하였다.

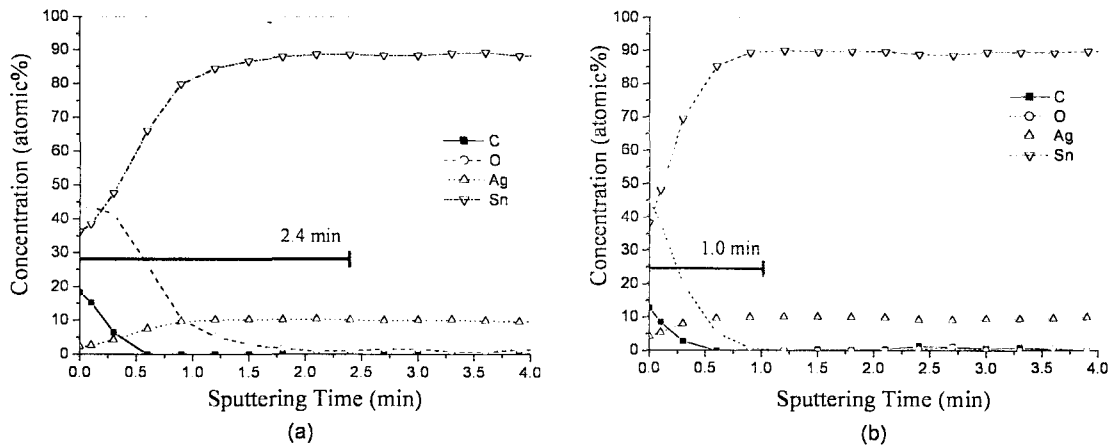


Fig. 1. AES depth profile of Sn-3.5wt%Ag solder after plasma before and after plasma treatment. (The etch rate is 90 Å/min for SiO<sub>2</sub>.)

(a) Before plasma treatment. (b) After Ar+10%H<sub>2</sub> plasma treatment at 50W for 60s.

범프는 Sn-3.5wt%Ag 100 $\mu$ m 솔더볼을 사용하였으며 laser ball bonding 공정을 사용하여 5mm $\times$ 5mm 크기 Si-칩에 12곳의 Cu/Ni UBM(under bump metallurgy) pad에 범핑하였다. 범핑된 칩을 플라즈마로 처리한 후에 플립칩 본더를 사용하여 Cr 700Å/Cu 1 $\mu$ m/Au 1000Å가 TSM(top surface metallurgy)으로 증착되어 있는 glass기판에 접합하였다. 접합 온도는 240, 245, 250, 260 $^{\circ}$ C를 peak temperature로 하여 접합하였다. 다이전단테스트를 통하여 접합강도를 평가하였다. 또한, 12개의 Sn-3.5Ag 범프가 형성되어 있는 Si-칩을 플렉스를 사용하지 않고 초음파를 사용하여 접합하였다. 가열은 hotplate에 의해서만 이루어지며 150~200 $^{\circ}$ C 범위에서 가열하였다. 하중은 범프 한개당 0.2~1.2N까지 가해지도록 조정하였다. 초음파의 출력은 0~50W까지 변화시키며 실험하였다. Hotplate의 온도, 하중, 초음파의 출력에 따른 다이전단강도를 측정하여 비교하였다.

### 3. Result and Discussion

플라즈마 처리가 솔더 표면의 평가하기 위하여 UBM이 증착된 Si-wafer 위에서 리플로우된 Sn-3.5wt%Ag 솔더 디스크 표면의 산화막을 Auger depth profile로 분석하였다. 그림 1(a)와 (b)는 Sn-Ag 솔더에 대하여 Ar+10%H<sub>2</sub> 플라즈마 처리를 하기전과 플라즈마 처리후의 AES 분석결과를 각각 나타낸다. O와 Sn(O)가 검출되지 않을 때까지 걸리는 sputtering시간이 2.4분에서 1분으로 플라즈마 처리후에 산화막을 제거하는데 드는 시간이 줄어들음을 알 수 있다. 식각 속도가 일정할 경우 식각된 두께는 시간에 비례하므로 약 2.4배정도 플라즈마 처리에 의하여 산화막이 얇아졌다고 판단할 수 있다.

그림 2에 Sn-3.5wt%Ag 솔더 범프에 대한 진단시험 결과를 도시하였다. 플라즈마 처리를 하지 않은 시편과 flux를 사용한 시편도 동일하게 접합하여 강도의 차이를 비교하였다. 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 플라즈마 처리를 한 후 접합한 시편은 플라즈마 처리를 하지 않은 시편보다 접합강도가 높지만 플렉스를 사용한 시편보다는 강도가 낮다는 것을 알 수 있다. 플렉스를 사용한 시편의 경우는 범프를 덮고 있는 플렉스가 산화막을 제거하고 용융 솔더의 재산화를 방지하는 역할을 하지만 플라즈마 처리한 시편은 온도가 가열됨에 따라 용융 솔더의 재산화가 발생하므로 플렉스를 사용한 시편보다 접합강도가 떨어진다고 판단된다. 따라서 플라즈마 처리후 접합시에는 대기 분위기보다는 질소 분위기에서 접합공정을 수행하는 것이 더욱 유리하다고 판단된다.

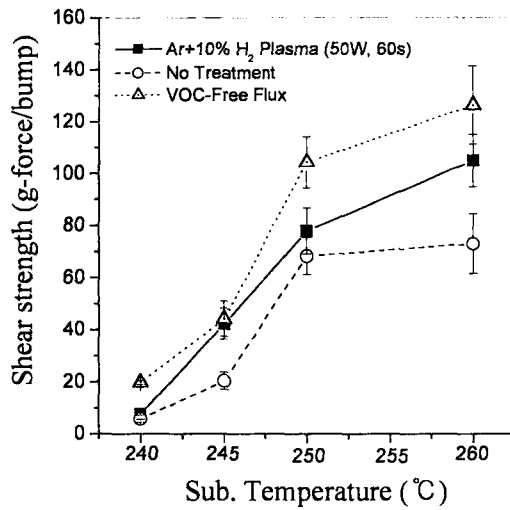


Fig. 2. Shear strength per bump from die shear test of test specimen with different pre-treatment of Sn-3.5wt%Ag solder bumped flip chip

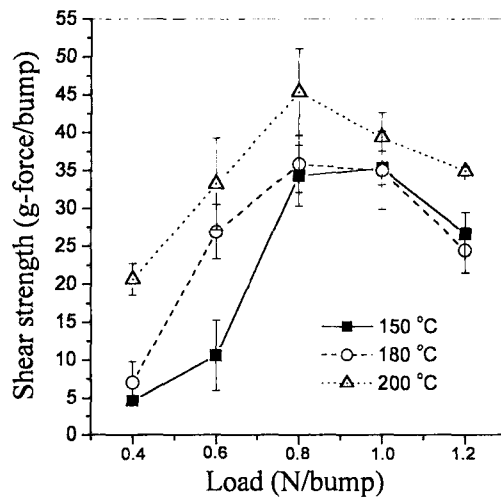


Fig. 3. Shear strength per bump from die shear test of ultrasonic bonded Sn-3.5wt%Ag bumped die with bonding force. (The ultrasonic power is 25W.)

그림 3에 25W 초음파 출력조건에서 범프 한 개당 하중에 따른 접합강도를 도시하였다. 모든 온도에서 접합강도가 0.8N/bump까지는 증가하였지만 1.0N/bump이상에서는 감소하는 경향을 보였다. 마찰을 위하여 어느 정도의 하중이 필요하지만 하중이 클 경우 초음파가 작용할 때 물체의 상대 운동을 억제하여 접합강도가 감소하는 것이라고 판단된다.

### References

- [1] Karl Seelig and David Suraski, 2000 IEEE-CPMT Conference Proceeding, p.1405 (2000).
- [2] C. B. Park, S. M. Hong, J. P. Jung and C. S. Kang, Materials Transaction, Vol. 42, p.820 (2001).
- [3] S. Y. Kang, P. M. Williams, T. S. McLaren, Y. C. Lee, Materials Chemistry and Physics Vol. 42, p.31 (1995).