

# Si-wafer/Glass 기판의 무플럭스 솔더링에 미치는 플라즈마 처리의 영향

박창배, 홍순민\*, 정재필, 강춘식\*  
서울시립대학교 금속재료공학과  
\*서울대학교 재료공학부  
(E-mail: jujung@uoscc.uos.ac.kr)

## Effect of Plasma Treatment on the Fluxless Soldering of Si-wafer to Glass Substrate

C. B. Park, S. M. Hong, J. P. Jung, and C. S. Kang  
Department of Materials Science & Engineering, University of Seoul  
\*School of Materials Science and Eng., Seoul National University

### 1. 서론

최근 산업의 전반적인 분야에서 환경 보호에 대한 관심과 규제가 선진국을 중심으로 증가하고 있다. 패키징 산업에서도 친환경 실장기술(environmentally friendly electronic packaging technology)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 크게 무연 솔더(lead-free solder)의 개발과 플럭스(flux)세정에 사용되는 각종 용제의 사용을 줄이기 위한 연구의 두 가지 방향으로 진행되고 있다. 특히, 플럭스 세정과 관련하여, 지구 온난화와 오존층 파괴의 원인이 되며 광화학 스모그를 일으키기도 하는 휘발성 유기 화합물(VOC)[1]의 사용을 줄이기 위하여 무(無)세정 플럭스[2]와 물(水) 세정 플럭스[3] 등 플럭스 자체의 특성에 대한 연구뿐만 아니라 플럭스 자체를 사용하지 않는 무플럭스 솔더링(fluxless soldering)[4]에 대한 연구 또한 미국, 일본 등 선진국들을 중심으로 진행되고 있다. 본 연구에서는 광전자분야와 MEMS분야에 응용되는 Si-wafer와 유리기판의 솔더링시 플럭스를 대체하기 위한 방법으로 플라즈마(plasma) 처리[5]를 응용하여 솔더 표면의 산화물과 오염물을 제거하고 접합시키는 무플럭스 솔더링에 대한 연구를 수행하였다. 플라즈마 처리 조건이 솔더 표면의 산화막과 솔더의 표면 조직에 미치는 영향과 접합율을 조사하였다.

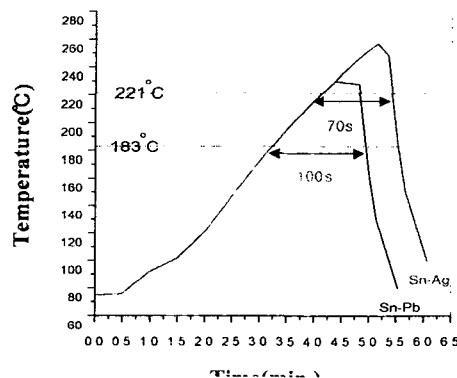


Fig. 1. Thermal profile of the reflow soldering process

## 2. 실험방법

솔더로는 Sn-37wt%Pb와 Sn-3.5wt%Ag 공정합금을 사용하였으며 벌크(bulk)상태의 솔더를 100  $\mu$ m 두께, 직경 6mm의 디스크 형태로 제작하였다. Si-wafer와 유리기판은 각각 1cm $\times$ 1cm 형태로 절단하여 중심부에 직경 6mm인 UBM(Under Bump Metallurgy)과 TSM(Top Surface Metallurgy) 패턴을 Cr/Cu/Au 다층 박막을 사용하여 각각 증착하였다. Si-wafer위에 솔더 디스크를 놓고 비활성 분위기에서 플럭스 없이 1차 리플로우를 실시하여 Si-wafer와 솔더 디스크를 접합하였다. 리플로우 온도 profile은 그림 1과 같다. 즉, 솔더링 피크 온도는 Sn-Pb, Sn-Ag 솔더에 대하여 각각 230 $^{\circ}$ C, 260 $^{\circ}$ C로 하였으며 분당 약 40 $^{\circ}$ C의 속도로 승온하였다. 용점 이상의 온도에서 머무르는 시간은 약 70~100초이다. 1차 리플로우 이후 Si-wafer 상의 솔더 디스크에 대하여 RF 방식의 Ar 플라즈마 처리를 하였다. 플라즈마 처리조건은 출력 200~600W의 범위에서 처리 시간을 4~12분의 범위로 하여 처리하였으며 플라즈마 처리 후 솔더 디스크 표면에 대하여 AES depth profile을 측정하여 플라즈마 처리 조건에 따른 산화막의 두께 변화를 관찰하였다. 플라즈마 처리된 시편은 TSM이 증착된 유리기판과 2차 리플로우 솔더링을 1차 리플로우 때와 동일한 조건하에서 플럭스를 사용하지 않고 수행하였다. 2차 솔더링 후에 각 플라즈마 처리 조건에 따른 접합율과 단면 조직을 관찰하였다. 또한, 접합 시편에 대해 pull test를 실시하여 파단 양상을 관찰하였으며 솔더와 기판이 적절하게 접합되었는가를 평가하였다.

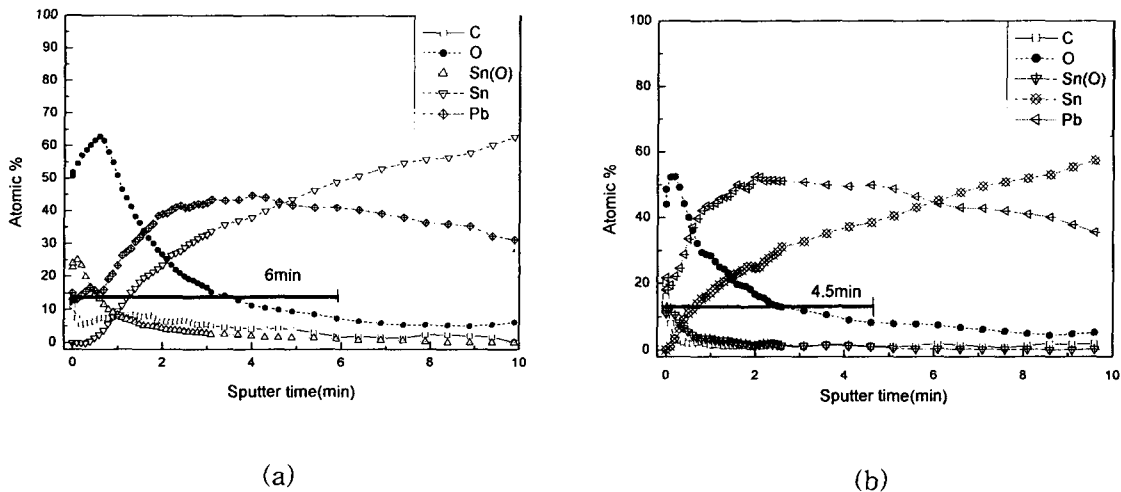


Fig. 2. AES analysis of depth profile for Sn-37wt%Pb solder

(a) Plasma cleaned at power 200W for 1min (b) Plasma cleaned at power 400W for 10min

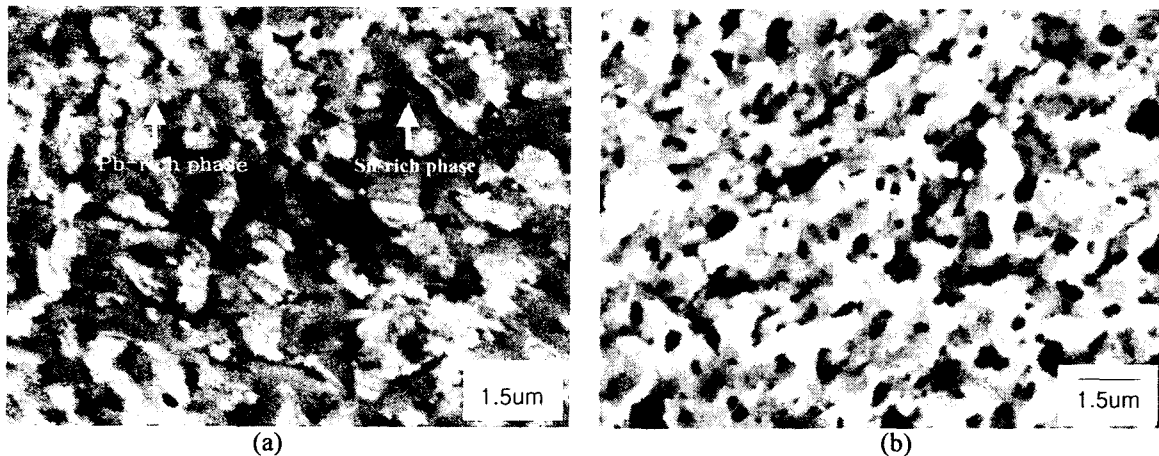


Fig. 3. Normal(a) and damaged(b) Sn-37Pb solder surface

(a) 400W for 5min (b) 600W for 10min

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 200W에서 1분간(a), 400W에서 10분간(b) 각각 플라즈마 처리한 Sn-Pb 솔더 디스크의 표면에 대하여 AES depth profile 분석 결과를 각각 나타낸다. AES 식각 시간이 증가함에 따라 산소의 양은 점차 감소하여 각각 6분과 4.5분 이후에 산소의 AES spectrum이 관찰되지 않았다. 즉, 플라즈마 처리시 출력 클수록 그리고 처리시간이 길수록 산화막의 식각량이 증가하여 산화막 두께가 얇아짐을 알 수 있다. 그림 3은 400W에서 5분간(a), 600W에서 10분간(b) 플라즈마 처리한 Sn-Pb 솔더 디스크의 표면 조직을 각각 보여준다. 600W에서 10분간의 플라즈마 처리조건은 본 연구에서 가장 큰 출력과 장시간의 플라즈마 처리조건으로서 이때 솔더의 표면이 크게 손상되어 400W, 5분 처리한 표면조직과 명확히 구분된다. 그림 4에 plasma cleaning 조건에 따라 유리기판에 무플럭스 솔더링되는 접합 비율을 나타내었다. 접합 비율은 500W에서 6분에서 12분에 걸쳐 플라즈마 시간에 따라 증가하였다. 시간에 따라 증가하는 접합율은 Sn-37Pb의 경우 12분에서 100%, Sn-3.5Ag의 경우 80%이상의 결과를 보였다. Si-wafer/솔더/유리기판의 접합체에 대하여 pull test를 실시한 결과 파단의 양상은 Sn-Pb, Sn-Ag솔더 모두에서 솔더와 UBM, TSM 계면과 유리기판의 복합 파단이 주류를 이루었으며 접합강도는 8~10MPa로 나타났다.

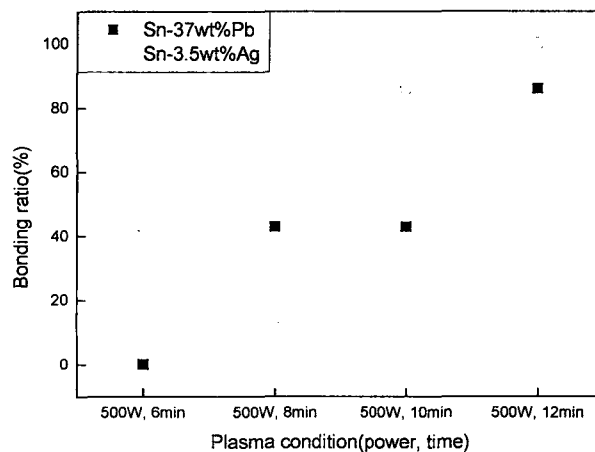


Fig. 4 Relation between bonding ratio(%) and plasma cleaning conditions

### 4. 결론

- (1) 출력이 크고 플라즈마 처리 시간이 길어질수록, 솔더 범프 표면의 산화막을 제거하는데 효과적이었다. 그러나 플라즈마 출력 600W에서 10min동안 플라즈마 처리를 하였을 경우, Sn-37Pb 솔더 표면조직의 손상이 나타났다.
- (2) 플라즈마 출력 500W에서 플라즈마 처리 시간이 증가할수록 접합율이 높아졌다. Sn-37Pb의 경우 12min동안 플라즈마 처리를 하였을 경우, 100%의 접합율을 보였고, Sn-3.5Ag의 경우 80% 이상의 접합율을 보였다.
- (3) Si-wafer/솔더/유리 기판 접합체의 pull test 결과 파단 양상은 솔더/UBM, TSM 계면과 유리기판의 복합 파단이 주류를 이루었으며 접합강도는 8~10MPa로 나타났다.

## 5. 참고문헌

- [1] W. Moeller and D. Knoedler : *Verbindungstechnik in der Elekttronik*, March, pp.14-18, (1992).
- [2] 최명기, 이창열, 정재필, 서창제, 신영의 : 저잔사 플럭스를 사용한 플로우 솔더링부의 젖음성 및 결함거동에 관한 연구.대한용접학회 vol.16, No.6(1998).
- [3] 시부야 류시 : VOC 규제대응 Flux의 개발 동향, LG 생산기술, Vol.3, No.7 p.28(2000).
- [4] H. Lau ed. : *Flip Chip Technologies*, McGraw-Hill, New York, p.123(1995).
- [5] Masahiko et al. : *Proc. of Electronic Components and Technology Conference*, p.408-414(1999).